

MARLENE SCHMIDT

**NÍVEIS NUTRICIONAIS DE COBRE PARA FRANGOS DE
CORTE MACHOS E FÊMEAS NAS FASES INICIAL,
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia,
para obtenção do título de
“Magister Scientiae”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

MARLENE SCHMIDT

**NÍVEIS NUTRICIONAIS DE COBRE PARA FRANGOS DE
CORTE MACHOS E FÊMEAS NAS FASES INICIAL,
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia,
para obtenção do título de
“Magister Scientiae”

Aprovada: 12 de fevereiro de 2003.

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino
(conselheiro)

Prof. Horácio Santiago Rostagno
(conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto

Prof. Paulo Cezar Gomes
(Orientador)

À Deus, pelo dom da vida,

À toda minha família, pelo amor, carinho, incentivo e apoio,

Ao meu noivo, Antonio Roberto Morch, pela dedicação, compreensão e
amparo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Zootecnia (DZO), e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor orientador Paulo Cezar Gomes, pelo valioso ensinamento, acompanhamento e exemplo de competência.

Aos professores conselheiros, Horácio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino pelo auxílio e sugestões nos momentos necessários.

Ao professor Paulo Roberto Cecon pela importante ajuda nas análises estatísticas, e ao professor Sérgio Luiz de Toledo Barreto pelo auxílio na realização de alguns trabalhos.

Aos funcionários da Avicultura-DZO, da Universidade Federal de Viçosa, pela amizade, carinho e auxílio para com todas as atividades durante a fase experimental.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, pela ajuda, descontração e amizade durante todo o período do curso.

A todas minhas amigas e amigos, em especial Priscila D'Agostini Almeida, Marli Dionízio e Marcos Antônio Bomfim, pela ajuda, incentivo constante e leal amizade.

Aos colegas do curso, Dalton César Milagres Rigueira e Edwiney Sebastião Cupertino e estagiários, em especial ao Arele Arlindo Caldeirano, pela contribuição na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARLENE SCHMIDT, filha de Cacildo Schmidt e Hilde Engelsing Schmidt, nasceu em Toledo, estado do Paraná, no dia 07 de setembro de 1976.

Em março de 1996 iniciou o curso de graduação em Agronomia, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, na cidade de Marechal Cândido do Rondon, colando grau em dezembro de 2000.

Em abril de 2001, iniciou o curso de pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos e submetendo-se a defesa de tese em 12 de fevereiro de 2003.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Funções fisiológicas do cobre.....	3
2.2 Metabolismo do cobre.....	4
2.2.1 Absorção	4
2.2.2 Cobre no fígado e na corrente sanguínea.....	5
2.2.3 Excreção	7
2.3 Fontes de cobre.....	8
2.4 Sintomas de deficiência de cobre.....	9
2.5 Níveis excessivos de cobre na dieta.....	11
2.6 Interação de cobre com outros minerais.....	12

2.7 Níveis nutricionais de cobre.....	13
CAPÍTULO 1.....	18
NÍVEIS NUTRICIONAIS DE COBRE PARA FRANGOS DE CORTE DE 8 A 21 DIAS DE IDADE.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	33
CAPÍTULO 2.....	34
NÍVEIS NUTRICIONAIS DE COBRE PARA FRANGOS DE CORTE DE 22 A 42 DIAS DE IDADE.....	34
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	49
CAPÍTULO 3.....	50
NÍVEIS NUTRICIONAIS DE COBRE PARA FRANGOS DE CORTE DE 43 A 54 DIAS DE IDADE.....	50
1. INTRODUÇÃO.....	50
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	63
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
APÊNDICE.....	70

RESUMO

SCHMIDT, Marlene, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Níveis nutricionais de cobre para frangos de corte machos e fêmeas nas fases inicial, crescimento e terminação**. Orientador: Paulo Cezar Gomes. Conselheiros: Luiz Fernando Teixeira Albino e Horácio Santiago Rostagno.

Com o objetivo de determinar as exigências nutricionais de cobre (Cu) para frangos de corte machos e fêmeas, nas fases inicial (8 - 21 dias), crescimento (22 - 42 dias) e terminação (43 - 54 dias), três experimentos foram conduzidos, utilizando 384, 288 e 192 aves, respectivamente. Foram elaboradas três dietas basais atendendo as exigências nutricionais das aves nas fases estudadas para todos os nutrientes, com exceção do Cu que permaneceu deficiente ao nível de 1,47; 1,40 e 1,33 ppm, respectivamente. Os tratamentos dos três experimentos consistiram dos níveis de suplementação de Cu, provenientes do sulfato de cobre comercial em substituição à areia lavada, usada como inerte, resultando num total de 1,47; 4,97; 8,47; 11,97; 15,47 e 18,97 ppm de Cu para a fase inicial; 1,40; 4,90; 8,40; 11,90; 15,40 e 18,90 ppm de Cu para a fase de crescimento; 1,33; 4,83; 8,33; 11,83; 15,33 e 18,83 ppm de Cu para a fase de terminação. As variáveis avaliadas foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, concentração de Cu no osso, concentração de Cu no fígado e concentração de Cu no soro. No experimento I, houve efeito dos níveis de Cu da dieta sobre as concentrações de Cu no fígado e no soro. Entretanto, optou-se pelo valor de exigência estimado pela variável Cu no soro, por representar melhor o status nutricional de Cu no organismo animal. Concluiu-se portanto que a exigência de Cu para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm. No experimento II, os níveis de suplementação de Cu na dieta tiveram efeito sobre as concentrações de Cu no fígado e no soro. Optou-se pelo valor de exigência estimado para a variável Cu no soro. Portanto, concluiu-se que a

exigência de Cu para frangos de corte machos e fêmeas, de 22 a 42 dias de idade é de 11,10 ppm. No experimento III, houve efeito dos níveis de Cu da dieta sobre a concentração de Cu no fígado. Contudo, considerando que o fígado não é um bom parâmetro para medir a exigência de minerais, aliado à não interferência dos níveis de Cu sobre a variável soro e sobre as variáveis de maior interesse econômico (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar), sugeriu-se que os níveis de Cu de 8 a 11 ppm, normalmente presentes em dietas práticas à base de milho e farelo de soja, são suficientes para o adequado desenvolvimento animal, não havendo necessidade de suplementação desse mineral para frangos de corte, machos e fêmeas, de 43 a 54 dias de idade.

ABSTRACT

SCHMIDT, Marlene, Universidade Federal de Viçosa, February de 2003.
Copper nutritional levels for male and female broilers in the initial, growing and finishing phases. Adviser: Paulo Cezar Gomes. Committee members: Luiz Fernando Teixeira Albino e Horácio Santiago Rostagno.

With the objective of determining the demands of nutrition in copper (Cu) for broilers males and female, in the phases initial (8 to 21 days), of growing (22 to 42 days) and finishing (43 to 54 days), three experiments were led, using 384, 288 and 192 birds, respectively. Three basic diets were made assisting the demands of nutrition of the birds in the phases studied, for all nutrients, except for Cu that was deficient at the levels of 1,47; 1,40 and 1,33 ppm respectively. The treatments of the three experiments consisted of the Cu supplementation levels from Cu sulfate commercial in substitution to the washed sand, used as inert in the experimental diets, resulting in a total of 1,47; 4,97; 8,47; 11,97; 15,47 and 18,97 ppm of Cu for the initial phase; 1,40; 4,90; 8,40; 11,90; 15,40 and 18,90 ppm of Cu for the growing of phase ; 1,33; 4,83; 8,33; 11,83; 15,33 and 18,83 ppm of Cu for the finishing phase. The evaluated variables were: weight gain, feed intake, feed:gain, Cu concentration in the bone, Cu concentration in the liver and Cu concentration in the serum. In the first experiment, there was effect of the leves of Cu in the diet about the Cu concentrations in the liver and the serum. However, the requirement estimated by variable Cu in the serum was choosen, because it better represents the Cu nutritional status in the animal organism. Concluded therefore, that the Cu requirement for broilers, males and females, from 8 to 21 days of age is 9,48 ppm. In the secum experiment the Cu supplementation leves of Cu in the diet had effect on the Cu concentrations in the liver and the serum. The requirement estimated by variable Cu in the serum was choosen. However, Cu requirement for broilers, males and females, from 22 to 42 days of age is 11,10 ppm. In

the third experiment, the effect of the levels of Cu in the diet was about the concentration of Cu in the liver. However, considering that the liver isn't a good parameter to measure the requirement of minerals, allied to the non interference of the levels of Cu about the variable serum and about the variables of larger economical interest (weight gain, feed intake, feed:gain), suggested therefore that the levels of Cu from 8 to 11 ppm usually presents in the practical diets based on corn and soybean meal are enough for the animals development, not having need of supplementary mineral for broilers, males and females, from 43 to 54 days of age.

1 . INTRODUÇÃO

A avicultura de corte alcançou nos últimos anos alto potencial genético para ganho de peso, o que faz com que essas aves tenham rápido crescimento, e conseqüentemente atinjam peso ao abate em idades cada vez menores. Entretanto, com a mudança do padrão genético das aves, a nutrição deve ser melhorada no sentido de permitir o máximo desenvolvimento das aves. Daí a importância de se reestudar as exigências nutricionais desses animais.

O cobre é um nutriente essencial ao metabolismo animal. Sua essencialidade foi observada por volta de 1928, e a partir desta data uma série de patologias foram associadas à sua deficiência (McDOWEL, 1992). Anemia, redução da pigmentação das penas e redução da atividade de uma série de enzimas (HILL & MATRONE, 1961), fragilidade óssea e espessura da cartilagem (CARLTON & HENDERSON, 1962) são fatores observados em aves deficientes em cobre.

O cobre juntamente com o ferro são importantes na formação da hemoglobina, e de numerosas metaloenzimas. Enquanto o cobre estimula a erythropoiesis nos animais e participa mais especificamente na formação da heme (ANDERSON & TOVE, 1958), o ferro atua diretamente na formação da hemoglobina. Em função desta íntima relação entre ferro e cobre no

metabolismo animal, McNAUGHTON & DAY (1979), sugerem que em caso de se determinar a exigência de um dos elementos, torna-se necessário que a exigência do outro elemento esteja dentro dos limites mínimos requeridos.

A disponibilidade de fontes de cobre encontradas comercialmente são variadas, e dentre estas tem-se o óxido de cobre (CuO); o carbonato de cobre ($\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$); sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4\text{H}_2\text{O}$) e o sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_5\text{H}_2\text{O}$), onde o sulfato de cobre penta hidratado é o mais utilizado no Brasil, por ser considerado padrão ou 100% disponível em relação as demais fontes.

Há grande escassez de trabalhos atualizados sobre exigência de cobre nas dietas práticas de aves, o que possivelmente pode estar promovendo o uso inadequado deste micromineral nas rações, trazendo como conseqüências, possíveis problemas de ordem nutricional, oneração do custo da ração e o aumento de sua concentração nos dejetos, colocando em risco o meio ambiente.

Áreas com produção animal intensiva, necessitam de novas formulações dos nutrientes que compõem as dietas, principalmente quanto ao nitrogênio, fósforo, e minerais traços, mais especificamente zinco e cobre, uma vez que estes elementos são encontrados excessivamente nos excrementos de aves, podendo causar fitotoxicidade do solo (MOHANNA & NYS, 1998). Segundo estes autores, a utilização de esterco de aves como adubo, promove excesso da concentração de cobre, que ultrapassa mais de 500% do requerido deste elemento no solo.

Assim sendo, faz-se necessário que a real exigência de cobre seja estabelecida, nem o excesso e nem sua deficiência são desejáveis, quando o principal objetivo de uma produção é manter o desenvolvimento adequado das aves sem elevar o custo de produção e evitar contaminação do ambiente.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a exigência de cobre para frangos de corte machos e fêmeas nas fases inicial, crescimento e terminação.

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Funções fisiológicas do cobre

O cobre está presente em baixa concentração no animal, em torno de 1,5 mg/Kg do peso corporal, contudo desempenha funções essenciais no organismo animal (McNAUGHTON & DAY, 1979; RICHARDS, 1989; McDOWEL, 1992; LARBIER & LECLERCQ, 1994; PONTES & LLOBET, 1995; e KOH et al., 1996). Sua essencialidade está voltada para reprodução, crescimento, desenvolvimento ósseo e de tecidos conectivos, pigmentação dos cabelos, pêlos, lã e plumas, formação do sangue e formação de uma série de enzimas cúpricas (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

O cobre influencia o metabolismo do ferro, favorecendo a sua absorção e reabsorção à nível de mucosa intestinal. Favorece o transporte do ferro para os tecidos via ceruloplasmina, uma globulina que contém cobre e é indispensável para a oxidação do ferro à forma férrica, permitindo que este se ligue à transferina e assim ser transportado e armazenado na forma de ferritina (McDOWEL, 1992). Participa da síntese de hemoglobina, e, apesar de não fazer parte dela, possui ação direta, pois estimula a erythropoeisis na formação do grupo da heme (McNAUGHTON & DAY, 1979). Seu metabolismo afeta ainda o desenvolvimento das células T, que são importantes para o

desenvolvimento do sistema imune dos animais (McDOWEL, 1992). Animais com o sistema imune ativado apresentam concentrações de cobre e de ceruloplasmina no sangue consideravelmente maiores em relação a animais sadios (TURK, 1986 e KOH et al., 1996).

A citocromo oxidase, uma metaloenzima que contém dois íons de cobre, é crucial na transferência de elétrons para o oxigênio (redução do O_2 à água), uma etapa muito importante na respiração celular (LEHNINGER et al., 1995).

A lisil oxidase é uma enzima que contém cobre e está envolvida na formação e maturação normal das ligações cruzadas do colágeno e da elastina nos ossos e aortas de frangos (OPSAHL et al., 1982; RUCKER et al., 1975 e STARCHER et al., 1964). Sua função é adicionar um grupo hidroxil aos resíduos de lisina no colágeno, possibilitando as ligações cruzadas entre as fibras que dão rigidez e elasticidade à proteína estrutural (McDOWEL, 1992).

PONTES & LLOBET (1995), citam ainda que o cobre faz parte da fenol oxidase, butiril- CoA, desidrogenase, ascórbico oxidase, uricase e tirosinase.

2.2 Metabolismo do cobre

2.2.1 Absorção

A absorção de cobre em animais recém-nascidos de todas as espécies se procede via pinocitose, onde o cobre é absorvido junto a um complexo protéico. Já o mecanismo preciso da absorção de cobre em animais adultos não está claramente compreendido (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

Nos animais monogástricos, em geral, o cobre é pouco absorvido, em torno de 15 – 30% do cobre ingerido nos animais jovens e 5 –10% nos animais adultos, sendo o duodeno o principal sítio de absorção (McDOWEL, 1992). Alguns autores citam que a absorção provavelmente já se inicia à nível de estômago (PONTES & LLOBET, 1995).

O nível de absorção de cobre é maior em casos de deficiência do que em condições de status adequado (AOYAGY & BAKER, 1993). A presença de fitatos, forma química ingerida, idade do animal e altos níveis de Ca, Fe, Zn, Cd, Ag, Pb e Mo, afetam acentuadamente a absorção, a retenção e a

distribuição do cobre no organismo animal (UNDERWOOD, 1977 e JENSEN et al., 1974). Trabalhando com níveis e fontes diferentes de cobre, AOYAGY & BAKER (1993), observaram que o carbonato de cobre teve sua absorção prejudicada à medida que se elevavam os níveis na dieta. Deste modo os autores sugeriram que a possível causa desta queda poderia estar relacionado com a presença de contaminantes, principalmente Zn, Fe, e Mg.

2.2.2 Cobre no fígado e na corrente sanguínea

Vários pesquisadores já observaram em aves o acúmulo de cobre no fígado quando estas receberam dietas com níveis crescentes deste mineral (BERTECHINI et al., 1993; AOYAGY & BAKER, 1993; LEDOUX et al., 1991; ZANETTI et al., 1991; CACHONI, 1993 e EWING et al., 1998). Não há efeito de sexo sobre a concentração de cobre no fígado, exceto no salmão australiano no qual a fêmea possui níveis maiores que o macho (UNDERWOOD, 1977).

O fígado é o centro do metabolismo do cobre (BREMNER, 1987 e McDOWEL, 1992). É considerado o órgão que mais concentra cobre, em relação aos rins, coração e cérebro (LARBIER & LECLERCQ, 1994).

Sua concentração no fígado é reflexo do consumo, da fonte, dos fatores dietéticos, da doença e do status nutricional do organismo (McDOWEL, 1992). Um exemplo da influência do fator dietético sobre a concentração de cobre no fígado foi mostrado por FUNK & BAKER (1991), que estudaram os efeitos de níveis de cobre em duas dietas, e observaram que a concentração de cobre no fígado foi maior nas aves que receberam dieta a base de caseína em relação às aves que receberam dieta a base de milho e soja.

O cobre no fígado, quando em níveis adequados, é liberado para ser incorporado na globulina (ceruloplasmina), nos aminoácidos do soro (VAN CAMPEN & MITCHELL, 1965), na albumina, na eritrocupreína e nas inúmeras enzimas que contém cobre (UNDERWOOD, 1977).

A ceruloplasmina é sintetizada no fígado e secretada na corrente sanguínea. Cada molécula de ceruloplasmina retém 6 átomos de cobre e cerca de 90-96% do cobre total do soro está ligado a esta globulina (LARBIER &

LECLERCQ, 1994; KOH et al., 1996; UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). É a principal proteína carreadora de cobre no soro, exercendo papel fundamental no metabolismo do cobre (KOH et al., 1996). A albumina, também carreadora de cobre, é responsável pelo transporte dos 10% restantes de cobre no soro.

Deficiência de cobre no fígado é acompanhado da perda da atividade de ceruloplasmina, que é cobre dependente (MILLS, 1987). Segundo este autor, pode-se utilizar a concentração de cobre e de ceruloplasmina no soro para avaliar o status metabólico de cobre nos animais, contudo, deve ficar claro que ambos podem ser favorecidos caso o animal esteja com o sistema imune ativado. Isto foi comprovado por KOH et al. (1996), que estudaram o efeito de níveis de cobre sobre aves saudáveis e aves desafiadas por *Salmonella typhimurium*. Estes autores observaram aumento significativo de cobre e de ceruloplasmina no plasma das aves com sistema imune ativado em relação às aves saudáveis.

De acordo com LEHNINGER et al. (1995), a ceruloplasmina é uma das muitas glicoproteínas cuja remoção da corrente sanguínea é determinada pela perda de uma de suas unidades, o ácido siálico. Quando esta unidade terminal é perdida, a ceruloplasmina desaparece rapidamente da corrente sanguínea, que é então recolhida pelos hepatócitos que têm receptores específicos para glicoproteínas sem a unidade terminal e seqüentemente degradada no interior dos lisossomos.

No fígado, a thionein foi identificada como a maior proteína que se liga ao cobre (BREMNER et al., 1986; SCHECHINGER et al., 1986; BREMNER, 1987 e RICHARDS, 1989) e cuja síntese é induzida pela presença de cobre na forma livre (RICHARDS, 1989 e MEHRA & BREMNER, 1984).

A thionein, consiste numa seqüência de aminoácidos que varia de espécie para espécie. Pode se ligar tanto ao íon zinco como ao íon cobre para formar a metallothionein, no entanto, em aves, o cobre é o maior indutor de sua síntese no fígado (RICHARDS, 1989). Uma vez produzida, a metallothionein tem por função armazenar, e a partir de um dado limite, efetuar a desintoxicação do cobre via excreção biliar (BREMNER, 1987).

A metallothionein controla e mantém o cobre em níveis normais e compatível ao requerimento celular. À medida que se eleva a concentração de

cobre nas células hepáticas, alcança-se um limite crítico, acima do qual considerado excesso, induz a síntese de thionein, que ligada ao íon cobre formará a metallothionein, diminuindo assim a quantidade de íons cobre livre no fígado (RICHARDS, 1989). Conseqüentemente, níveis menores de cobre no fígado diminuirão também a atividade de ceruloplasmina, que é cobre dependente (MILLS, 1987), e a concentração de cobre no soro, pois segundo KOH et al. (1996) a ceruloplasmina é a principal carreadora deste elemento na corrente sanguínea.

Este modo de ação da metallothionein no fígado, pode ser melhor compreendido pelo comportamento da concentração de ceruloplasmina encontrado no soro das aves no estudo de KOH et al. (1996). Estes pesquisadores, trabalhando com dieta à base de amido de milho e proteína isolada de soja, suplementada com níveis crescentes de cobre (sulfato de cobre), partindo de 1,1 ppm até 16,1 ppm, observaram biologicamente aumento da concentração de ceruloplasmina no soro das aves até o nível 6,1 ppm, onde a partir de então sua concentração passou a declinar.

Já AOYAGY & BAKER (1993), trabalhando com aves de 8 à 23 dias, alimentadas com dieta purificada suplementada com níveis de cobre (sulfato de cobre), partindo de 0,56 ppm até 16,56 ppm, observaram que a concentração de cobre no soro aumentou linearmente até o nível de 4,56 ppm, atingindo um ponto de máximo, e a partir de então declinou.

2.2.3 Excreção

O fígado proporciona a principal rota de excreção do cobre via sistema biliar, para conseqüentemente ser eliminado nas fezes. Somente pequena quantidade do cobre biliar pode ser reabsorvido (UNDERWOOD, 1977). Já AOYAGY & BAKER (1993), citam que em aves o cobre biliar se torna indisponível para reabsorção.

Estudo feito com ratos mostrou que somente as frações de cobre de baixo peso molecular podem ser reabsorvidas, e os componentes de cobre de alto peso molecular são excretadas nas fezes (TERÃO & OWEN, 1973).

O excesso de cobre no fígado pode ser incorporado na mitocôndria, nos lisossomos, nos núcleos e na fração solúvel das células parenquimáticas (THIERS & VALEE, 1957), mas é principalmente nos lisossomos que a metallothionein, (cobre-proteína) é armazenada e degradada (RICHARDS, 1989). Em sua revisão BREMNER (1987), cita que uma vez o cobre armazenado nos lisossomos, as células hepáticas ficam protegidas de seu efeito tóxico, e que são os lisossomos que desencadeiam o mecanismo principal de eliminação do cobre via sistema biliar.

Contudo, alternativamente existem teorias que a metallothionein pode tanto ser direcionada para os lisossomos para ser estocada ou degradada liberando o íon cobre novamente no fígado, como pode doar seu íon para produzir outras metalloenzimas, ou ainda ser secretada na sua forma intacta, tanto para urina como para o sistema biliar (RICHARDS, 1989).

2.3 Fontes de cobre

As fontes de cobre para a alimentação animal são variadas. De acordo com PONTES & LLOBET (1995), a utilização de fontes inorgânicas de cobre são consideradas como o melhor meio de suplementar o aporte natural dos alimentos, uma vez que sua disponibilidade é boa.

O cobre é encontrado nas plantas em concentrações variando de 1 – 50 ppm, na base seca. Esta variação, tanto em grãos como em forragens, é em função da espécie (grãos de cereais apresentam menores concentrações em relação a leguminosas e oleaginosas), da maturidade, do manejo, do clima e do pH do solo (McDOWEL, 1992).

Farinha de ostras, farelo de fígado e farelo de crustáceos são ricos em cobre, enquanto o leite e seus derivados são pobres neste mineral, contudo, podem estar sujeitos a contaminação por este metal durante o processamento e estocagem (McDOWEL, 1992). O mesmo autor ainda cita os cuidados que devem ser tomados quando dejetos de suínos e cama de aviários forem utilizados na alimentação animal, uma vez que podem conter quantidades significativas de cobre.

As dietas práticas de frangos de corte a base de milho e farelo de soja, variam no seu teor de cobre: 8,5 ppm (BERTECHINI et al., 1993); 9,39 ppm (CACHONI, 1993) à 11,1 ppm (LEDOUX et al., 1991). Segundo ROSTAGNO et al. (2000), o milho e o farelo de soja contém 2,91 e 20,24 ppm de cobre respectivamente, totalizando aproximadamente 8,83 ppm de cobre numa dieta convencional de frango de corte.

A biodisponibilidade de cobre também varia consideravelmente nas diferentes fontes alimentares. Utilizando como padrão o sulfato de cobre (100% biodisponível) e como indicador de determinação, a concentração de cobre na bile, a biodisponibilidade de cobre no farelo de soja foi de 38%, no glúten de milho, 48%, no fígado de aves, 105% e no farelo de algodão, 41% (AOYAGI et al., 1993).

Segundo LEESON & SUMMERS (1997), as principais fontes inorgânicas utilizadas pelas indústrias são, o óxido, o sulfato e o carbonato de cobre. Mas de acordo com NOBRE et al. (1998), a fonte mais utilizada no Brasil, é o sulfato de cobre.

2.4 Sintomas de deficiência de cobre

A deficiência de cobre promove menor resistência às doenças, seja por redução da capacidade imunológica do animal, seja por alteração da função leucocitária (NUNES, 1998).

Anemia é uma expressão comum da deficiência de cobre em todas as espécies, quando a deficiência é severa ou prolongada (BAUMGARTNER et al., 1978). Contudo, McNAUGHTON & DAY (1979), observaram que anemia é causada indiretamente pela deficiência de cobre. Baixo nível deste mineral na dieta, causa diminuição da utilização de ferro, elemento indispensável na síntese de hemoglobina no sangue.

A falta de pigmentação é a principal manifestação da deficiência de cobre em muitas espécies, e provavelmente decorre em função da falha na conversão da tirosina para melanina (McDOWEL, 1992).

Redução da atividade da citocromo oxidase pode ser observada em

situações de deficiência de cobre em aves (AL-UBAIDI & SULLIVAN, 1963). A perda da citocromo oxidase, causa depressão da síntese de fosfolipídios pelas mitocôndrias do fígado, inibindo a síntese de mielina, ocasionando o aparecimento de distúrbios nervosos (Mc DOWELL, 1992).

Falha na atividade da lisil oxidase, em função da deficiência de cobre, pode causar aneurisma e ruptura das aortas em frangos. STARCHER et al. (1964), verificaram que o teor da elastina aórtica de frangos alimentados com dieta contendo menos que 1 ppm de cobre, aumentou levemente e nunca igualou-se aos dos frangos alimentados com dieta contendo 25 ppm de cobre, e que a concentração de lisina da elastina aórtica das aves alimentadas com dieta deficiente em cobre foi 3 vezes superior às aves alimentadas com dieta contendo nível adequado de cobre. O'DELL et al. (1966), também observaram que o teor da elastina das aortas de frangos deficientes em cobre é reduzido e que a elastina desses animais contém teor elevado de lisina em relação aos animais normais.

Anormalidades ósseas têm sido constatadas em aves e suínos. RUCKER et al. (1975), observaram aumento da fragilidade óssea em frangos alimentados com dieta contendo menos que 1 ppm de cobre. O mesmo também foi observado por OPSAHL et al. (1982) e determinaram que a exigência para o normal desenvolvimento dos ossos e articulações de frangos é menor que 2 ppm de cobre.

Na deficiência severa de cobre em poedeiras (0,7–0,9 ppm), observa-se redução da produção e da eclodibilidade dos ovos, e os embriões desenvolvem anemia, apresentando atraso no crescimento. Também apresentam elevada incidência de hemorragia depois de 3-4 dias de incubação, e redução na atividade da monoamina oxidase (McDOWEL, 1992).

Mais recentemente, tem sido observado certa interligação da hidrólise de treolinas na deficiência de cobre, e sua intervenção juntamente com o zinco, no processo de conversão do caroteno em retinol (PONTES & LLOBET, 1995).

2.5 Níveis excessivos de cobre na dieta

Efeitos tóxicos com utilização de altos níveis de cobre na dieta de aves não são observados (LARBIER & LECLERCQ, 1994). Contudo, o NRC (1980) não recomenda níveis dietéticos acima de 500 ppm de cobre.

O efeito tóxico causado pelo cobre depende muito da espécie animal e da idade. Os ruminantes parecem ser mais susceptíveis à intoxicação por cobre que os não ruminantes. O nível de tolerância para bovinos (100 ppm) é maior que o de ovinos (25 ppm). Segundo MEHRA & BREMNER (1984), os ovinos são extremamente sensíveis à intoxicação com cobre em função da baixa capacidade de concentração do cobre na thionein, proteína responsável pelo armazenamento do cobre no fígado.

Alguns experimentos com frangos que utilizaram níveis mais elevados de cobre (125 – 250 ppm de cobre), constataram efeito de promotor de crescimento, devido à ação bactericida deste mineral sobre a microflora intestinal (PESTI & BAKALLI, 1996 e JONHSON et al., 1985). Além de atuar como promotor de crescimento, PESTI & BAKALLI (1996) e BAKALLI et al. (1995), observaram que a utilização de 125 ou 250 ppm de cobre na dieta, é capaz de aumentar o ganho de peso e reduzir o colesterol do plasma e do músculo de frangos, por reduzir o nível de triglicérides no sangue.

Níveis de cobre acima de 500 ppm, reduzem significativamente o ganho de peso, o consumo de ração (FISHER et al., 1973) e a eficiência alimentar (POUPOULIS & JENSEN, 1976). Estes pesquisadores também observaram sérios danos na mucosa interna de moelas de frangos que foram alimentados com dietas contendo níveis acima de 500 ppm de cobre.

Com o objetivo de minimizar o efeito tóxico do cobre em aves, JENSEN & MAURICE (1979), estudaram o efeito da utilização de aminoácidos sulfúricos em dietas práticas de frangos com altos níveis de cobre. Estes autores observaram que a utilização de 500 até 750 ppm de cobre eleva a concentração hepática de cobre significativamente, contudo, perante a utilização de 0,4% de DL-metionina na dieta, este efeito é significativamente reduzido. Porém, KASHANI et al. (1986), observaram que a suplementação de metionina não evita danos na mucosa interna de moelas de frangos

alimentados com dieta contendo níveis excessivos de cobre.

FUNK & BAKER (1991), avaliaram o efeito tóxico de cobre em duas dietas. Trabalhando com níveis de 0 até 800 ppm, os autores observaram que quando utilizaram 800 ppm de cobre em uma dieta semipurificada (caseína - dextrose), o ganho de peso das aves diminuiu 63% e para o mesmo nível de cobre, porém substituindo a caseína por proteína de soja, o ganho diminuiu somente 8%. Com base nestes resultados, estes autores concluíram que o efeito tóxico de cobre é muito mais pronunciado quando se utiliza dieta purificada.

LEACH et al. (1990) trabalhando com aves, também observaram que o efeito da toxidez por cobre é maior em dieta purificada, principalmente quando esta está deficiente em cálcio.

2.6 Interação de cobre com outros minerais

Há evidências de antagonismo do cobre com os minerais ferro, zinco, prata, cálcio, enxofre, cádmio, chumbo e molibdênio (UNDERWOOD, 1977). Concentrações excessivas de um desses elementos poderá resultar na deficiência dos demais (NRC, 1994).

McNAUGHTON & DAY (1979), observaram haver íntima relação entre ferro e cobre no organismo animal. Segundo os autores, baixos níveis de cobre nas dietas de frangos pode causar anemia, mas somente em baixas concentrações de ferro dietético.

PETERSON & JENSEN (1975), mostraram que a prata interage metabolicamente com o cobre. Estes autores trabalhando com frangos, observaram dilatação cardíaca induzida pela alta concentração de prata na dieta, mas que por sua vez foi evitada perante inclusão de 50 ppm de cobre na ração.

O molibdênio (Mo), na presença de enxofre, reduz a deposição de cobre nos órgãos, em função da diminuição da síntese de ceruloplasmina no fígado. Este efeito é mais pronunciado nos ruminantes, principalmente em ovinos, espécie altamente susceptível ao desequilíbrio Mo/Cu (McDOWELL, 1992).

Efeito redutor do zinco sobre a absorção do cobre foi demonstrado por VAN CAMPEN & MITCHELL (1965), que observaram redução da absorção de cobre à medida que os níveis de zinco se elevavam.

Interação tripla entre cálcio, zinco e cobre foi citada por (UNDERWOOD, 1977). Excesso de cálcio, reduz a disponibilidade de zinco, e conseqüentemente intensifica, a possibilidade de toxidez por cobre em rações de suínos.

Sinais de envenenamento por cobre podem ocorrer em suínos quando alimentados com dietas contendo 250 ppm deste mineral, a não ser que se eleve os níveis de zinco e ferro na dieta (BUNCH et al., 1963).

AOYAGY & BAKER (1993), estudando fontes diferentes de cobre em dietas de frangos, observaram que a medida que se elevavam os níveis de cobre a partir do carbonato de cobre diminuía significativamente sua absorção. Segundo os autores, este efeito pode ter sido ocasionado em função da presença de contaminantes, tais como zinco, ferro e manganês, que interferiram na absorção do cobre.

2.7 Níveis nutricionais de cobre

Na prática, em condições normais, as dietas de aves e suínos não requerem suplementação de cobre (McDOWEL, 1992; UNDERWOOD & SUTTLE, 1999 e NRC, 1994).

Segundo McNAUGHTON & DAY (1979), a necessidade de ferro e cobre nas dietas de frangos está claramente demonstrada, contudo, a relação entre as necessidades de ferro e cobre, é que não estão nitidamente compreendidas. Em função da interrelação de ferro e cobre no organismo animal, estes autores sugerem que para se determinar a exigência de um desses elementos torna-se necessário que a do outro esteja dentro dos limites mínimos requeridos.

O NRC (1994), recomenda a suplementação de 8 ppm de cobre nas dietas de frango de corte para todas as fases, enquanto ROSTAGNO et al. (2000), recomendam suplementar 8,5 ppm. Já RUTZ et al. (1999) cita em sua revisão, que frangos de corte na fase de terminação, alimentados com pelo

menos 5% de proteína animal, não necessitam mais de suplementação mineral, porém, em caso de estresse por calor, ou de doenças, a suplementação deve ser mantida.

É observado uma grande discrepância entre os níveis de cobre sugeridos para frangos de corte pela literatura com aqueles utilizados pelas indústrias. Em média, as indústrias brasileiras recomendam suplementar para todas as fases 13 mg/Kg, mas a variação é de 8 à 15 mg/Kg de cobre (LIMA, 1996). O mesmo ocorre com as indústrias internacionais (U. S., Agri Stats), porém, estas recomendam suplementar em média 3,24 mg/Kg, variando de 1,42 à 5,98 mg/kg de cobre, ou seja, em torno de 50 % a menos que o estabelecido pelo NRC de 1994 (WARD, 1996).

Muitas vezes são fornecidas quantidades de cobre superiores às recomendações nutricionais para aves e suínos (125 –250 ppm de cobre), mas somente quando se deseja que o elemento atue como promotor de crescimento ou como agente antimicrobiano (McDOWEL, 1992; PESTI & BAKALLI, 1996 e JONHSON et al., 1985).

Em experimentos para determinação da exigência de cobre, deve ser considerado a qualidade da água, pois o uso de água contaminada, pode afetar os resultados obtidos. WARD et al. (1994), estudando níveis diferentes de cobre para perus, e relacionando estes níveis com a presença ou não deste mineral na água, observaram que a suplementação de cobre aumentou a concentração hepática deste, e quando este mineral estava presente na água, este aumento ficou mais pronunciado. Segundo os autores, embora a suplementação de cobre via água seja tão eficiente quanto a suplementação na dieta, não recomendam esta prática.

HILL & MATRONE (1961), avaliando o efeito da deficiência de ferro e cobre sobre a concentração de hemoglobina no sangue e o crescimento de frangos até 56 dias, verificaram que a estimativa mais próxima da realidade das exigências mínimas de ferro e cobre seriam de 40 e 4 ppm respectivamente. Contudo, DAVIS et al. (1968), observaram que para maximizar repostas hematológicas e de crescimento em frangos, a exigência mínima de ferro seria de 75 a 80 ppm quando 8 ppm de cobre dietético for utilizado na alimentação. AL-UBAIDI & SULLIVAN (1963), verificaram que para perus até 4 semanas de

idade, 48 a 58 ppm de ferro e 2,8 a 5,8 ppm de cobre seriam necessários para o máximo ganho de peso corporal.

McNAUGHTON & DAY (1979), utilizando dieta basal purificada (15 e 0,8 ppm de ferro e cobre respectivamente), suplementada com 20, 40, 60, 80, e 100 ppm de ferro e relações Fe:Cu de: 5:1; 10:1; 15:1 e 20:1, na alimentação de pintos até 21 dias, concluíram que 60 a 80 ppm de ferro, com relação de 10:1, foram necessários para maximizar respostas hematológicas. Contudo, níveis maiores de cobre foram necessários para maximizar o peso das aves até 21 dias, ou seja, 80 ppm de ferro, com uma relação de 5:1 de ferro e cobre. Em outro experimento, utilizando a mesma ração basal, foram fornecidos níveis dietéticos de 40 e 80 ppm de ferro e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 ppm de cobre. Novamente observaram que níveis maiores de cobre foram necessários para maximizar o peso corporal de pintos até 21 dias, ou seja, pelo menos 80 ppm de ferro e 10 ppm de cobre.

ZANETTI et al. (1991), trabalhando com frangos de corte até 21 dias, para avaliar níveis (0, 5, 10, e 20 ppm de cobre) e fontes de cobre (carbonato e acetato de cobre) utilizando dieta basal com 5,41 ppm de cobre, não observaram diferenças significativas para fontes e níveis de suplementação sobre o desempenho das aves. Contudo, à medida que se elevaram os níveis de suplementação, verificaram aumento linear significativo da concentração de cobre no soro e no fígado.

BERTECHINI et al. (1993), trabalhando com aves de 7 à 28 dias de idade, utilizando uma ração à base de milho e farelo de soja contendo 8,5 ppm de cobre e suplementada com níveis de 0, 5, 10, 100, 200, e 300 ppm de cobre a partir de sulfato de cobre, não observaram diferenças significativas no desempenho das aves. Contudo, níveis de cobre no fígado a partir de 100 ppm mostraram elevação linear significativa, e no soro tiveram elevação com aumentos na suplementação até 10 ppm, alcançando um "Plateau" a partir deste nível. Concentração de cobre no osso não foi influenciado pelos níveis de cobre na dieta.

CACHONI (1993), trabalhando com frangos de corte na fase inicial, com o objetivo de avaliar a biodisponibilidade de fontes de cobre (sulfato e óxido de cobre), utilizando dieta a base de milho e soja (9,54 ppm de cobre),

suplementada com níveis de 0; 100; 200 e 300 ppm de cobre, não observaram efeito significativo para fontes e níveis de cobre sobre o desempenho das aves e concentração de cobre na tíbia. Já as concentrações de cobre no soro e no fígado foram afetados pelos níveis e fontes de suplementação. Concentrações de cobre no soro e no fígado aumentaram linearmente com o aumento dos níveis de suplementação deste mineral na dieta.

KOH et al. (1996), conduziram um experimento com aves dos 10 à 16 dias de idade (até o 10^a dia as aves receberam dieta atendendo a exigência de cobre) divididas em 2 grupos: aves sadias e aves desafiadas por *Salmonella typhimurium*. Utilizaram dieta à base de amido de milho e proteína isolada de soja, contendo 1,1 ppm de cobre e suplementada com níveis de cobre (proveniente do sulfato de cobre) de: 0; 5; 10 e 15 ppm. Os autores não encontraram diferenças significativas para os parâmetros de desempenho, de concentração de cobre e de ceruloplasmina no plasma para níveis de suplementação. No entanto, observaram diminuição no consumo de ração, no ganho de peso, na eficiência alimentar e aumento da concentração de cobre e de ceruloplasmina no plasma das aves com o sistema imune ativado, concluindo que a exigência de cobre é maior em aves desafiadas. Embora os autores não tenham discutido em suas conclusões o comportamento da concentração de ceruloplasmina no plasma das aves sadias, os resultados mostraram que biologicamente sua concentração aumentou até o nível de 5 ppm de cobre suplementado, onde a partir de então, declinou.

AOYAGY & BAKER (1993), conduziram um experimento com o objetivo de avaliar qual o melhor parâmetro (concentração de cobre no fígado ou no plasma) à ser utilizado para medir a biodisponibilidade de cobre. Em seu estudo, utilizaram aves de 8 a 23 dias (um grupo de aves tendo a exigência de cobre atendida até o 8^a dia e outro permanecendo deficiente). Utilizaram uma dieta purificada contendo 0,56 ppm de cobre e suplementada com níveis de cobre (a partir do sulfato de cobre): 0; 1; 2; 4; 8; 12 e 16 ppm de cobre. Somente encontraram resposta linear significativa para concentração de cobre no fígado de aves deficientes em cobre até o 8^a dia, concluindo que neste caso o fígado é um bom parâmetro a ser avaliado para medir a biodisponibilidade de cobre. Embora os autores não tenham discutido o comportamento da

concentração de cobre no plasma das aves, os resultados mostraram (para o grupo de aves que recebeu dieta atendendo a exigência de cobre até o 8^a dia) que biologicamente a concentração de cobre no plasma aumentou até o nível de 4 ppm de cobre suplementado, declinando em seguida até estabilizar.

CAPÍTULO 1

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE COBRE PARA FRANGOS DE CORTE DE 8 A 21 DIAS DE IDADE

1 . INTRODUÇÃO

A genética das aves tem sido consideravelmente melhorada durante os últimos anos, no intuito de promover crescimento rápido com alto ganho de peso, e em função deste desenvolvimento as recomendações nutricionais sofreram mudanças. Também os problemas ambientais causados em áreas de intensa produção avícola têm imposto novas recomendações dos nutrientes nas dietas.

O cobre é um elemento essencial no metabolismo animal, participa na formação da hemoglobolína e de numerosas metaloenzimas. Entre elas tem se a ceruloplasmina (glicoproteína transportadora de átomos de cobre no sangue e indispensável à oxidação do ferro) e a citocromo oxidase, que desempenha função importante na respiração celular. Está relacionado também com o metabolismo dos lipídeos, por fazer parte da dismutase oxidase, enzima

responsável pelos níveis de triglicerídios, de fosfolipídios e de colesterol do sangue.

Segundo o NRC (1994), a suplementação de cobre nas dietas de aves na fase inicial é de 8 ppm e segundo ROSTAGNO et al. (2000) é de 8,5 ppm.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a exigência nutricional de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 8 a 21 dias de idade.

2 . MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 12 a 26 de agosto de 2002.

Foram utilizados 384 pintos de corte de sete dias de idade, da linhagem Avian Farms, sendo, 192 machos e 192 fêmeas, distribuídos em 48 boxes de uma bateria metálica durante o período de 8 a 21 dias de idade. Até o 7^a dia as aves receberam dieta atendendo todas as exigências nutricionais.

Adotou-se um esquema fatorial 6x2, sendo 6 níveis de cobre e 2 sexos (macho e fêmea), no delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e 8 aves por unidade experimental .

As aves foram criadas de acordo com as recomendações de manejo descrita por GOMES et al. (1996).

O programa de luz adotado foi o contínuo, com 24 horas de luz (natural + artificial), durante todo o período experimental. A temperatura no interior da instalação foi aferida diariamente em dois horários distintos (07:00 e 18:00 horas) por termômetros de máxima, de mínima, de bulbo seco e de bulbo úmido durante todo o ensaio experimental (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) no interior das instalações no período de 8 a 21 dias de idade das aves.

T (°C) e UR (%)	07:00 horas	18:00 horas	Média geral
T Máxima média	29,7	30,7	30,2
T Mínima média	26,7	28,00	27,3
T Máxima absoluta	30	32	-
T Mínima absoluta	25	26	-
UR média do ar	76,3	74,5	75,4

Determinou-se a composição química dos ingredientes da dieta experimental (Tabela 2), bem como da água fornecida aos animais (antes e durante a fase experimental), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, conforme metodologia descrita por SILVA (1998). O sulfato de cobre ($\text{CuSO}_5\text{H}_2\text{O}$) utilizado continha 25% de cobre.

Amostras de água coletadas antes e durante a fase experimental não indicaram presença do mineral estudado.

Tabela 2 - Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), fósforo disponível (Pd) e cobre (Cu) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais*.

Ingredientes	PB (%)	Ca(%)	Pd(%)	Cu(ppm)
Milho moído	7,33	0,031	0,247	1,15
Farinha de milho	6,65	0,006	0,10	0,55
Farinha de trigo	11,01	0,037	0,06	2,34
Proteína isolada de soja	65,00	0,26	0,63	1,67
Farinha de carne	38,40	12,20	5,41	3,66
Calcário	-	34,69	-	2,39
Fosfato bicálcico	-	23,80	18,64	11,19
Sal comum	-	-	-	1,34

*Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

A dieta basal (Tabela 3), foi formulada para atender às exigências nutricionais das aves segundo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2000), exceto para o cobre, que permaneceu deficiente ao nível de 1,47 ppm.

Tabela 3 – Composição percentual e valor nutricional da dieta basal

Ingredientes	%
Milho moído	46,20
Farinha de trigo	12,30
Farinha de milho	10,00
Proteína isolada de soja	20,78
Farinha de carne	5,47
Calcário	0,47
Fosfato bicálcico	0,22
Sal	0,40
Mistura vitamínica ¹	0,10
Mistura mineral ²	0,10
Antioxidante ³	0,01
Anticoccidiano ⁴	0,05
Promotor de crescimento ⁵	0,002
DL-Metionina (99 %)	0,19
Lisina HCl (78%)	0,18
Cloreto de Colina (60%)	0,04
Areia lavada	3,50
Total	100,00
Composição calculada	
Proteína Bruta (%)	21,446
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3000,000
Fibra Bruta (%)	1,385
Ácido Linoleico (%)	1,073
Cálcio (%)	0,960
Fósforo Disponível (%)	0,450
Sódio (%)	0,222
Potássio (%)	0,664
Cobre (mg/kg)	1,47
Lisina total (%)	1,263
Metionina total (%)	0,522
Met.+Cis. total (%)	0,898
Treonina total (%)	0,830
Triptofano total (%)	0,244

¹Conteúdo/kg: Vit. A – 12.000.000 U.I.; Vit. D3 – 3.600.000 U.I.; Vit.B1 – 2.500 mg; Vit. B2 – 8.000 mg ; Vit. B6 – 5.000mg ; Ác. Pantotênico – 12.000 mg; Biotina – 200mg; Vit. K3 – 3.000mg; Ác. Fólico – 1.500mg; Ác. Nicotínico – 40.000mg; Vit. B12 – 20.000mcg; Selênio – 150 mg; Veículo,q.s.p – 1000g.

²Conteúdo/kg: Ferro – 50,0 g; Manganês – 70 g; Zinco – 60,0 g; Cobalto – 0,2 g; Iodo – 1,0g ; Selênio – 0,10g; Veículo q.s.p – 1000g

³BHT

⁴Coxistac – Salinomicina sódica (12%)

⁵Stafac – Virginiamicina (50%)

Os níveis de suplementação de cobre, provenientes do sulfato de cobre comercial à dieta basal foram: 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm de cobre, resultando num total de 1,47; 4,97; 8,47; 11,97; 15,47; e 18,97 ppm de cobre respectivamente na dieta. As suplementações com os níveis de cobre foram feitas em substituição à areia lavada, usada como inerte nas dietas experimentais.

As aves receberam ração e água a vontade, e as pesagens foram realizadas no início e no final do experimento para averiguação de ganho de peso, do consumo de ração e da conversão alimentar. Com o término do experimento foram capturadas 192 aves com o peso médio do boxe (4 aves por boxe), para a coleta de sangue e posteriormente abatidas para a extração do fígado e da tibia, visando a análise subsequente da concentração de cobre.

As tibias com as cartilagens adjacentes e livres de tecido muscular e os fígados, foram levadas à estufa de ventilação forçada (65° C) por 72 horas, desengordurados em extrator Soxhlet por 8 horas e triturados em moinhos de aço inoxidável. Após cumprir estas etapas foram pesados em balança analítica e analisado a concentração de cobre de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1998) em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo 908, marca GBC, no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Para a coleta de sangue, as aves foram submetidas ao jejum forçado com objetivo de proporcionar mesmo status metabólico de cobre no sangue de todos os animais. O jejum obedeceu a seguinte seqüência: uma hora de jejum, seguida por uma hora de alimentação normal (para que todas as aves enchessem o papo); em seguida, iniciou-se a retirada dos comedouros em ordem crescente da numeração das gaiolas com intervalo de 5 minutos entre cada. Quando o comedouro da última gaiola foi retirado, iniciou-se a coleta de sangue das aves que seguiu a mesma seqüência e intervalo citado acima. O sangue foi coletado por punção cardíaca anterior e dessorado naturalmente em ambiente de temperatura controlada. Em seguida, o soro foi transferido em vidraria adequada e submetido a análise de concentração de cobre segundo a metodologia descrita por SILVA (1998). A leitura da concentração de cobre foi feita no aparelho denominado "Plasma" do Laboratório de Análises

Químicas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

As análises estatísticas dos parâmetros avaliados foram realizadas de acordo com o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa - UFV (1997), e as estimativas de exigência de cobre foram feitas mediante o uso dos modelos Quadráticos e Linear, e “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável.

3 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observados durante a fase experimental anormalidades no desenvolvimento de pernas. A incidência de anormalidades ósseas foram raras e aleatórias, não podendo ser atribuídas a efeitos de tratamento. RUCKER et al. (1975), também não observaram fragilidades ósseas em frangos alimentados com dieta contendo mais de 1 ppm de cobre.

Os resultados de desempenho estão apresentados na tabela 4.

Não ocorreu interação entre sexo e níveis de cobre ($P>0,05$), mostrando que estes fatores agem de forma independente sobre as variáveis de desempenho.

Não houve efeito significativo dos níveis de cobre ($P>0,05$) sobre o ganho de peso e a conversão alimentar. Estes resultados estão de acordo com os de ZANETTI et al. (1991); BERTECHINI et al. (1993); CACHONI (1993) e KOH et al. (1996).

Houve efeito significativo dos níveis de cobre ($P<0,01$) sobre o consumo de ração, que aumentou linearmente com os níveis de suplementação.

Houve efeito de sexo ($P<0,01$) sobre o consumo de ração e o ganho de peso, onde os machos consumiram 5,23% a mais que as fêmeas e ganharam 5,46 % a mais de peso.

Tabela 4 - Valores médios das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA); análise de variância e coeficiente de variação de pintos de corte machos (M) e fêmeas (F), de 8 a 21 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos.

Níveis de cobre (ppm)	Sexo	GP (g/ave)	CR (g/ave)	CA
1,47	M	504,6	704,5	1,40
4,97	M	491,6	693,6	1,40
8,47	M	497,8	688,4	1,38
11,97	M	504,3	705,8	1,40
15,47	M	491,6	706,6	1,44
18,97	M	510,9	717,1	1,40
	Média	500,1 a	702,7 a	1,40 a
1,47	F	454,5	640,5	1,41
4,97	F	477,6	676,4	1,42
8,47	F	468,3	647,7	1,38
11,97	F	484,9	670,3	1,38
15,47	F	478,5	678,4	1,42
18,97	F	481,1	693,5	1,44
	Média	474,2 b	667,8 b	1,41 a
Níveis de cobre		ns	** ⁽¹⁾	ns
Sexo		**	**	ns
Sexo x Níveis		ns	ns	ns
Coeficiente de Variação (%)		4,19	3,66	2,68

** (P<0,01); ns P(>0,05), pelo teste F.

⁽¹⁾ Efeito Linear

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados de concentração de cobre no osso, no fígado, e no soro estão apresentados na tabela 5.

Não houve interação entre sexo e níveis de cobre ($P>0,05$), mostrando que estes fatores atuam de forma independente sobre estes parâmetros.

Não se observou efeito ($P>0,05$) dos níveis de cobre sobre a concentração de cobre no osso. Estes resultados mostraram que o cobre, dentro dos níveis estudados, não interferiu na concentração de cobre nos ossos, justificando a não constatação de anormalidades ósseas. BERTECHINI et al. (1993) e CACHONI (1993), trabalhando com níveis superiores (8,5 à 300 ppm de cobre), também não encontraram diferença significativa da concentração de cobre na tíbia, concluindo que este não é um bom parâmetro para medir a exigência ou biodisponibilidade de cobre, uma vez que não é influenciado pelo aporte da dieta.

Houve efeito ($P<0,01$) dos níveis de cobre sobre a concentração de cobre no fígado. Estes resultados concordam com os de BERTECHINI et al. (1993); AOYAGY & BAKER (1993); LEDOUX et al. (1991); ZANETTI et al. (1991); CACHONI (1993) e EWING et al. (1998) que também observaram em aves o acúmulo de cobre no fígado quando estas receberam dietas com níveis crescentes deste mineral.

Houve efeito ($P<0,09$) dos níveis de cobre em relação a concentração de cobre no soro. Estes resultados concordam com os de BERTECHINI et al. (1993); ZANETTI et al. (1991) e CACHONI (1993).

Não observou-se efeito de sexo ($P>0,05$) sobre a concentração de cobre no fígado, no osso e no soro.

Tabela 5 - Valores médios das variáveis concentração de cobre no osso (CuO), concentração de cobre no fígado (CuF) e concentração de cobre no soro (CuS); análise de variância e coeficiente de variação de pintos de corte machos (M) e fêmeas (F), de 8 a 21 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos.

Níveis de cobre (ppm)	Sexo	CuO (ppm)	CuF(ppm)	CuS (mg/L)
1,47	M	5,35	4,65	0,128
4,97	M	5,35	5,06	0,133
8,47	M	5,49	7,42	0,135
11,97	M	5,35	9,98	0,133
15,47	M	5,2	10,64	0,131
18,97	M	5,24	9,67	0,130
	Média	5,33 a	7,90 a	0,132 a
1,47	F	5,25	4,60	0,132
4,97	F	5,24	5,10	0,134
8,47	F	5,40	6,97	0,138
11,97	F	5,33	9,32	0,135
15,47	F	5,20	10,81	0,130
18,97	F	5,21	9,86	0,129
	Média	5,27 a	7,78 a	0,133 a
Níveis de Cobre		ns	** ⁽¹⁾	*** ⁽²⁾
Sexo		ns	ns	ns
Sexo x Níveis		ns	ns	ns
Coeficiente de variação (%)		5,46	5,46	6,56

** (P<0,01); *** (P<0,09) e ns P(>0,05), pelo teste F.

⁽¹⁾ Efeito Linear e Linear Response Plateau (LRP)

⁽²⁾ Efeito Quadrático

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As estimativas de exigência de cobre estão apresentadas na tabela 6 e nas figuras 1 e 2. Como não houve interação ($P > 0,05$) entre sexo e níveis de cobre as equações foram ajustadas para ambos os sexos.

Os valores de exigência de cobre pelas aves para a concentração de cobre no fígado (tabela 6 e figura 1) foram de 18,97 ppm e 13,29 ppm, quando os modelos empregados foram o Linear e Linear Response Plateau (LRP) respectivamente e onde optou-se pelo valor encontrado através do modelo LRP, por apresentar menor soma de quadrado dos desvios.

O valor de exigência de cobre pelas aves para a concentração de cobre no soro (tabela 6 e figura 2), foi de 9,48 ppm quando o modelo empregado foi o quadrático. Trabalho semelhante foi conduzido por AOYAGY & BAKER (1993), que utilizando aves de 8 a 23 dias alimentadas com dieta purificada suplementada com níveis de cobre (sulfato de cobre), também observaram comportamento quadrático da concentração de cobre no soro das aves, porém atingindo um ponto de máximo em 4,56 ppm de cobre na dieta.

O fígado não é um bom parâmetro para medir a exigência de minerais, e sim para medir sua biodisponibilidade (AOYAGY e BAKER, 1993), e em função de ser um órgão que vai acumulando o excesso à medida que se aumenta os níveis de suplementação, possivelmente o valor de exigência esteja abaixo do "Plateau" encontrado. Desta forma, justifica-se a utilização do valor de exigência encontrado pela variável cobre no soro, cujo resultado está de acordo com a explicação de RICHARDS (1989); MILLS (1987) e KOH et al. (1996). Segundo RICHARDS (1989), à medida que se eleva a concentração de cobre nas células hepáticas, alcança-se um limite crítico, acima do qual considerado excesso, induz a síntese de thionein, que ligada ao íon cobre formará a metallothionein, diminuindo assim a quantidade de íons cobre livre no fígado. Conseqüentemente este menor nível de cobre no fígado diminuirá também a atividade de ceruloplasmina, que é cobre dependente (MILLS, 1987), e a concentração de cobre no soro, pois segundo KOH et al. (1996) a ceruloplasmina é a principal carreadora deste elemento na corrente sangüínea.

MILLS (1987) cita que em animais sadios, a variável cobre no soro é viável para avaliar o status nutricional de cobre no organismo animal. Portanto, nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que a exigência

de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm, devendo ser levado em consideração que dietas a base de milho e farelo de soja, já contém normalmente de 8,5 à 11,1 ppm de cobre e que a biodisponibilidade de cobre no farelo de soja é 38%.

O valor de exigência de cobre encontrado para as aves nesta fase está próximo ao recomendado como suplemento pelo NRC (1994) e ROSTAGNO et al. (2000), que é de 8 e 8,5 ppm de cobre respectivamente.

Tabela 6 – Valores de exigência, coeficientes de determinação, soma de quadrado dos desvios (SQD) e equação de regressão ajustadas para as variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), concentração de cobre no osso (CuO), concentração de cobre no fígado (CuF) e concentração de cobre no soro (CuS) em função dos níveis de cobre, para pintos de corte de 8 a 21 dias de idade estimados pelo modelo Linear e Quadrático, e Linear Response Plateau (LRP).

Modelo Quadrático e Linear					
Variáveis	Equações Ajustadas	Exigência	r ²	SQD	
GP(g/ave)	$\hat{Y} = 487,35$	-	-	-	
CR(g/ave)	$\hat{Y} = 668,017 + 1,68456N$	≥18,97	0,66**	310,4	
CA	$\hat{Y} = 1,40$	-	-	-	
CuO(ppm)	$\hat{Y} = 5,30$	-	-	-	
CuF(ppm)	$\hat{Y} = 4,07664 + 0,368010N$	≥18,97	0,86**	4,58	
CuS(mg/L)	$\hat{Y} = 0,128343 + 0,00135386N - 0,0000714276N^2$	9,48	0,80***	1 x 10 ⁻⁴	

Linear Response Plateau (LRP)					
Variáveis	Equação da Reta	Platô	Exigência	r ²	SQD
CuF(ppm)	$\hat{Y} = 3,3947 + 0,4791N$	$\hat{Y} = 9,76$	13,29	0,93**	1,11

** (P<0,01) e *** (P<0,09) pelo teste F.

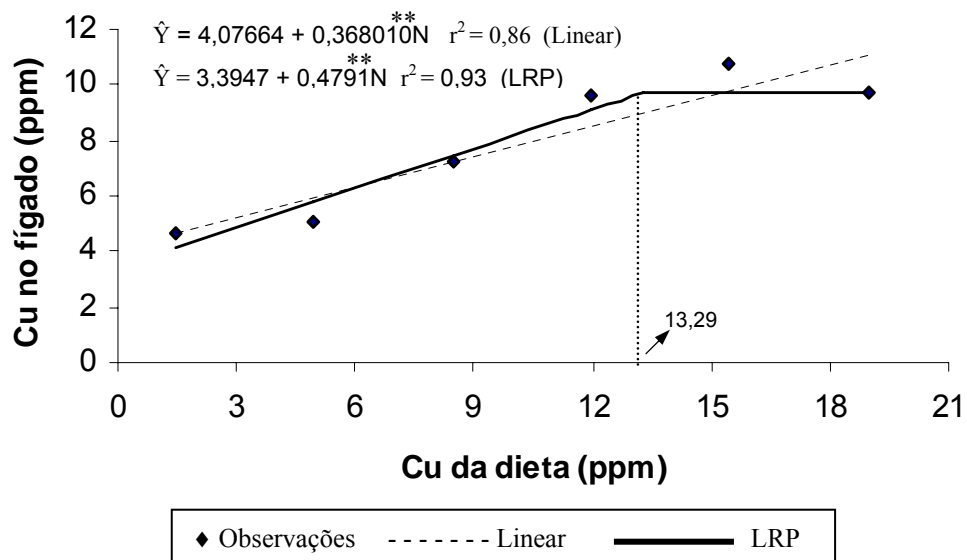


Figura 1- Efeito dos níveis de cobre na dieta sobre a concentração de cobre no fígado de frangos aos 21 dias de idade.

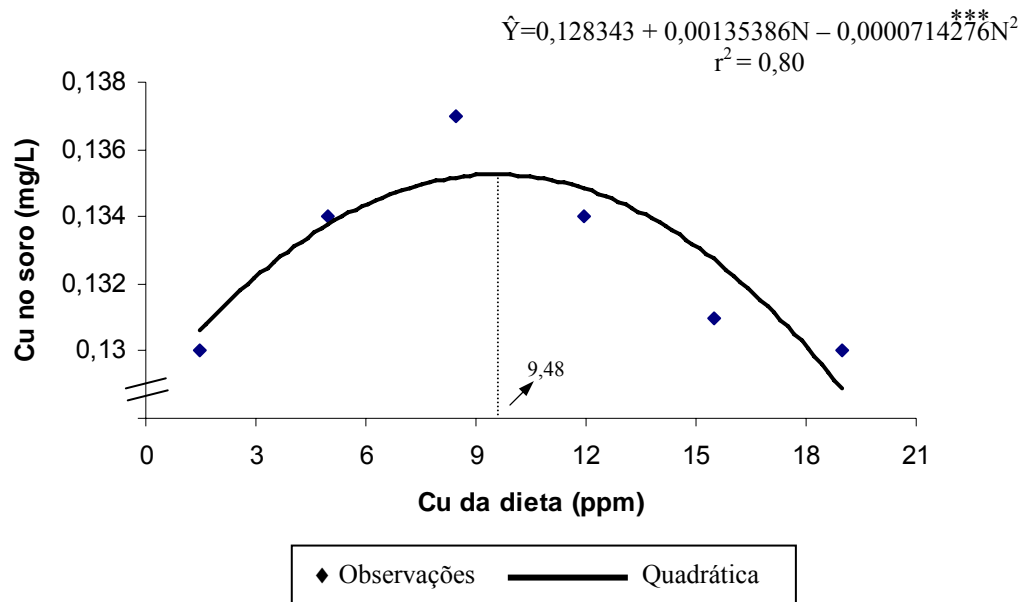


Figura 2- Efeito dos níveis de cobre na dieta sobre a concentração de cobre no soro de frangos aos 21 dias de idade.

4 . RESUMO E CONCLUSÕES

Foram utilizados 384 pintos de corte da linhagem Avian Farms, sendo a metade de cada sexo, no período de 8 a 21 dias de idade. Adotou-se um esquema fatorial 6x2, sendo 6 níveis de cobre e 2 sexos (macho e fêmea) no delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e 8 aves por unidade experimental. A dieta basal deficiente em 1,47 ppm de cobre, foi suplementada com níveis crescentes de cobre: 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm, proveniente do sulfato de cobre comercial. As variáveis avaliadas foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, concentração de cobre no osso, concentração de cobre no fígado e concentração de cobre no soro. As exigências de cobre foram estimadas pelos modelos de regressão polinomial e Linear Response Plateau (LRP). Optou-se pelo valor de exigência encontrado pela variável concentração de cobre no soro, estimado pelo modelo quadrático por melhor representar o status nutricional das aves. Portanto, nas condições em que o experimento foi conduzido, concluiu-se que a exigência de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm, devendo ser levado em consideração que dietas a base de milho e farelo de soja, já contém normalmente de 8,5 à 11,1 ppm de cobre e que a biodisponibilidade de cobre no farelo de soja é de 38%.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE COBRE PARA FRANGOS DE CORTE DE 22 A 42 DIAS DE IDADE

1 . INTRODUÇÃO

A nutrição das aves tomou grande impulso nos últimos anos, mas apesar dos satisfatórios índices zootécnicos atingidos, fica notório que as exigências nutricionais precisam ser reestabelecidas.

Considerando que 70% do custo de produção do setor de avicultura refere-se a alimentação, é de fundamental importância que novas pesquisas sejam desenvolvidas no intuito de determinar a real exigência nutricional desses animais, de tal forma que não prejudique sua eficiência produtiva, não onere os custos da ração e contribua com a diminuição do volume de resíduos tóxicos eliminados para o meio ambiente.

O cobre é um elemento que faz parte de um grande número de enzimas que desenvolvem funções vitais no organismo animal, onde tanto o excesso como a deficiência pode ser prejudicial ao animal.

Segundo o NRC (1994), a suplementação de cobre nas dietas de aves na fase de crescimento é de 8 ppm e segundo ROSTAGNO et al. (2000) é de 8,5 ppm.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a exigência nutricional de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 22 à 42 dias de idade.

2 . MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 2 a 23 de setembro de 2002.

Foram utilizados 288 frangos de corte de vinte e dois dias de idade, da linhagem Avian Farms sendo 144 machos e 144 fêmeas. Adotou-se um esquema fatorial 6x2, sendo 6 níveis de cobre e 2 sexos (macho e fêmea), no delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e 6 aves por unidade experimental .

As aves foram distribuídas em 48 boxes de uma bateria metálica durante o período de 22 a 42 dias de idade, onde até os 21 dias de idade receberam dieta atendendo todas as exigências nutricionais.

As aves foram criadas segundo as recomendações de manejo descrita por GOMES et al. (1996) e o programa de luz adotado foi o contínuo, com 24 horas de Luz (natural + artificial), durante todo o período experimental.

Durante toda a fase experimental a temperatura no interior da instalação foi aferida diariamente em dois horários distintos (07:00 e 18:00 horas) por termômetros de máxima, de mínima, de bulbo seco e de bulbo úmido (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) no interior das instalações no período de 22 a 42 dias de idade das aves.

T (°C) e UR (%)	07:00 horas	18:00 horas	Média geral
T Máxima média	27,9	28,8	28,3
T Mínima média	24,9	25,0	25,0
T Máxima absoluta	30	30	-
T Mínima absoluta	23	22	-
UR média do ar	78,4	74,54	76,5

A composição química dos ingredientes da dieta experimental (Tabela 2), bem como da água fornecida aos animais (antes e durante a fase experimental), foi determinada no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, conforme metodologia descrita por SILVA (1998). O sulfato de cobre ($\text{CuSO}_5\text{H}_2\text{O}$) utilizado continha 25% de cobre.

Foram coletadas amostras de água antes e durante a fase experimental e não foi verificado presença do mineral estudado.

Tabela 2 - Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), fósforo disponível (Pd) e cobre (Cu) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais*.

Ingredientes	PB (%)	Ca(%)	Pd(%)	Cu(ppm)
Milho moído	7,33	0,031	0,247	1,15
Farinha de milho	6,65	0,006	0,10	0,55
Farinha de trigo	11,01	0,037	0,06	2,34
Proteína isolada de soja	65,00	0,26	0,63	1,67
Farinha de carne	38,40	12,20	5,41	3,66
Calcário	-	34,69	-	2,39
Sal comum	-	-	-	1,34

*Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Foi formulada uma dieta basal (Tabela 3) para atender às exigências nutricionais das aves segundo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2000), exceto para o cobre, que permaneceu deficiente ao nível de 1,40 ppm.

Tabela 3 – Composição percentual e valor nutricional da dieta basal

Ingredientes	%
Milho moído	43,18
Farinha de trigo	13,00
Farinha de milho	14,70
Óleo vegetal	1,15
Proteína isolada de soja	17,52
Farinha de Carne	5,62
Calcário	0,34
Sal	0,32
Mistura vitamínica ¹	0,10
Mistura mineral ²	0,10
Antioxidante ³	0,01
Anticoccidiano ⁴	0,05
Promotor de crescimento ⁵	0,002
DL-Metionina (99%)	0,17
Lisina HCl (78%)	0,20
Cloreto de Colina (60%)	0,033
Areia lavada	3,50
Total	100,00
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	19,534
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3100,000
Fibra Bruta (%)	1,262
Ácido Linoleico (%)	1,663
Cálcio (%)	0,874
Fósforo Disponível (%)	0,407
Sódio (%)	0,192
Potássio (%)	0,594
Cobre (mg/kg)	1,40
Lisina total (%)	1,156
Metionina total (%)	0,476
Met.+Cis. total (%)	0,825
Treonina total (%)	0,749
Triptofano total (%)	0,217

¹Conteúdo/kg: Vit. A – 12.000.000 U.I.; Vit. D3 – 3.600.000 U.I.; Vit.B1 – 2.500 mg; Vit. B2 – 8.000 mg ; Vit. B6 – 5.000mg ; Ác. Pantotênico – 12.000 mg; Biotina – 200mg; Vit. K3 – 3.000mg; Ác. Fólico – 1.500mg; Ác. Nicotínico – 40.000mg; Vit. B12 – 20.000mcg; Selênio – 150 mg; Veículo,q.s.p – 1000g.

²Conteúdo/kg: Ferro – 50,0 g; Manganês – 70 g; Zinco – 60,0 g; Cobalto – 0,2 g; Iodo – 1,0g ; Selênio – 0,10g; Veículo q.s.p – 1000g

³BHT

⁴Coxistac – Salinomicina sódica (12%)

⁵Stafac – Virginiamicina (50%)

Os níveis de suplementação de cobre, provenientes do sulfato de cobre comercial à dieta basal foram: 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm de cobre, resultando num total de 1,40; 4,90; 8,40; 11,90; 15,40; e 18,90 ppm de cobre na dieta. As suplementações com os níveis de cobre foram feitas em substituição à areia lavada, usada como inerte nas dietas experimentais.

Durante todo o ensaio experimental as aves receberam ração e água a vontade, e as pesagens foram realizadas no início e no final do experimento para averiguação de ganho de peso, de consumo de ração e de conversão alimentar. Com o término do experimento foram capturadas 144 aves com o peso médio do boxe (3 aves por boxe), para a coleta de sangue e posteriormente abatidas para a extração do fígado e da tíbia, visando a análise subsequente da concentração de cobre.

Para a coleta de sangue, as aves foram submetidas ao jejum forçado com objetivo de proporcionar mesmo status metabólico de cobre no sangue de todos os animais. O jejum obedeceu a seguinte seqüência: uma hora de jejum, seguida por uma hora de alimentação normal (para que todas as aves enchessem o papo); em seguida, iniciou-se a retirada dos comedouros em ordem crescente da numeração das gaiolas com intervalo de 5 minutos entre cada. Quando o comedouro da última gaiola foi retirado, iniciou-se a coleta de sangue das aves que seguiu a mesma seqüência e intervalo citado acima. O sangue foi coletado por punção cardíaca anterior e dessorado naturalmente em ambiente de temperatura controlada. Em seguida, o soro foi transferido em vidraria adequada e submetido a análise de concentração de cobre segundo a metodologia descrita por SILVA (1998). A leitura da concentração de cobre foi feita no aparelho denominado "Plasma" do Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

As tíbias com as cartilagens adjacentes e livres de tecido muscular e os fígados, foram levadas à estufa de ventilação forçada (65° C) por 72 horas, desengordurados em extrator Soxhlet por 8 horas e triturados em moinhos de aço inoxidável. Após cumprir estas etapas foram pesados em balança analítica e analisado a concentração de cobre de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1998) em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo 908, marca

GBC, no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

As análises estatísticas dos parâmetros avaliados neste experimento foram realizadas de acordo com o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa - UFV (1997), e as estimativas de exigência de cobre foram feitas mediante o uso dos modelos Quadrático e Linear, conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável.

3 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a fase experimental não foram observados anormalidades no desenvolvimento de pernas, ou seja, a incidência de anormalidades ósseas foram raras e aleatórias, não podendo ser atribuídas a efeitos de tratamento. RUCKER et al. (1975), também não observaram fragilidades ósseas em frangos alimentados com dieta contendo mais de 1 ppm de cobre.

Os resultados de desempenho estão apresentados na tabela 4.

Não ocorreu interação entre sexo e níveis de cobre ($P>0,05$), mostrando que estes fatores agem de forma independente sobre as variáveis de desempenho.

Não houve efeito significativo dos níveis de cobre ($P>0,05$) sobre o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Estes resultados estão de acordo com os de ZANETTI et al. (1991); BERTECHINI et al. (1993); CACHONI (1993) e KOH et al. (1996).

Houve efeito de sexo ($P<0,01$) sobre o consumo de ração e ganho de peso, onde os machos consumiram 8,18% a mais que as fêmeas e ganharam 9,13 % a mais de peso.

Tabela 4 - Valores médios das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA); análise de variância e coeficiente de variação de frangos de corte machos (M) e fêmeas (F), de 22 a 42 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos.

Níveis de Cobre (ppm)	Sexo	GP (g/ave)	CR (g/ave)	CA
1,40	M	1306,8	2341,3	1,79
4,90	M	1293,0	2344,8	1,81
8,40	M	1269,5	2318,8	1,83
11,90	M	1268,8	2337,8	1,84
15,40	M	1329,0	2386,0	1,80
18,90	M	1280,0	2364,0	1,83
	Média	1291,2 a	2348,9 a	1,82 a
1,40	F	1186,5	2166,3	1,83
4,90	F	1166,0	2149,0	1,85
8,40	F	1207,0	2159,0	1,79
11,90	F	1163,5	2185,0	1,88
15,40	F	1215,8	2238,0	1,84
18,90	F	1160,5	2130,0	1,84
	Média	1183,2 b	2171,2 b	1,84 a
Níveis de Cobre		ns	ns	ns
Sexo		**	**	ns
Sexo x Níveis de Cobre		ns	ns	ns
Coeficiente de Variação (%)		3,58	3,12	2,85

** (P<0,01); ns P(>0,05), pelo teste F.

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Na tabela 5 estão apresentados os resultados da concentração de cobre no osso, no fígado, e no soro.

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) dos níveis de cobre sobre a concentração de cobre no osso. Assim sendo, os resultados mostraram que o cobre, dentro dos níveis estudados, não interferiu na concentração de cobre nos ossos, justificando a não constatação de anormalidades ósseas. Trabalhando com níveis superiores (8,5 à 300 ppm de cobre), BERTECHINI et al. (1993) e CACHONI (1993), também não encontraram diferença significativa da concentração de cobre na tíbia, concluindo que este não é um bom parâmetro para medir a exigência e nem a biodisponibilidade de cobre, uma vez que não é influenciado pelo aporte da dieta.

Não houve interação entre sexo e níveis de cobre ($P>0,05$), mostrando que estes fatores atuam de forma independente sobre estes parâmetros.

Não observou-se efeito de sexo ($P>0,05$) sobre a concentração de cobre no osso, no fígado e no soro.

Houve efeito ($P<0,01$) dos níveis de cobre da dieta sobre a concentração de cobre no fígado. Estes resultados concordam com os de BERTECHINI et al. (1993); AOYAGY & BAKER (1993); LEDOUX et al. (1991); ZANETTI et al. (1991); CACHONI (1993) e EWING et al. (1998), que também observaram acúmulo de cobre no fígado de aves quando estas receberam dietas com níveis crescentes deste elemento.

Observou-se efeito significativo ($P<0,05$) dos níveis de cobre em relação ao cobre no soro. Estes resultados concordam com os de BERTECHINI et al. (1993); ZANETTI et al. (1991) e CACHONI (1993).

Tabela 5 -Valores médios das variáveis concentração de cobre no osso (CuO), concentração de cobre no fígado (CuF) e concentração de cobre no soro (CuS); análise de variância e coeficiente de variação de frangos de corte machos (M) e fêmeas (F), de 22 a 42 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos.

Níveis de Cobre (ppm)	Sexo	CuO (ppm)	CuF (ppm)	CuS (mg/L)
1,40	M	5,03	10,90	0,126
4,90	M	5,08	12,99	0,128
8,40	M	5,19	13,92	0,135
11,90	M	5,22	13,94	0,130
15,40	M	5,13	14,74	0,128
18,90	M	5,17	16,32	0,129
	Média	5,14 a	13,80 a	0,129 a
1,40	F	5,04	11,05	0,126
4,90	F	5,05	12,61	0,127
8,40	F	5,20	13,49	0,136
11,90	F	5,24	14,12	0,130
15,40	F	5,15	14,73	0,130
18,90	F	5,14	16,80	0,129
	Média	5,14 a	13,80 a	0,130 a
Níveis de Cobre		ns	** ⁽¹⁾	* ⁽²⁾
Sexo		ns	ns	ns
Sexo x Níveis		ns	ns	ns
Coeficiente de variação (%)		3,84	5,03	4,49

** (P<0,01); * (P<0,05); ns P(>0,05), pelo teste F.

⁽¹⁾ Efeito Linear

⁽²⁾ Efeito Quadrático

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As estimativas de exigência de cobre estão apresentadas na tabela 6 e figura 1.

Como não houve interação ($P > 0,05$) entre sexo e níveis de cobre as equações foram ajustadas para ambos os sexos.

Os valores de exigência de cobre pelas aves foram de 18,90 ppm para a concentração de cobre no fígado (tabela 6) para o modelo linear e 11,10 ppm para a concentração de cobre no soro (tabela 6 e figura 1), quando o modelo empregado foi o quadrático.

A variável cobre no fígado indicou que os níveis estudados não foram suficientes para atingir o requerimento nutricional de cobre para frangos de corte nesta fase, sugerindo o maior nível como sendo a exigência. Contudo, o fígado não é um bom parâmetro para medir a exigência de minerais em função de ser um órgão que vai acumulando o excesso à medida que se aumenta os níveis de suplementação (AOYAGY & BAKER, 1993). Desta forma, optou-se pela utilização do valor de exigência encontrado pela variável cobre no soro, cujo resultado está de acordo com a explicação de RICHARDS (1989); MILLS (1987) e KOH et al. (1996). Segundo RICHARDS (1989), à medida que se eleva a concentração de cobre nas células hepáticas, alcança-se um limite crítico, acima do qual considerado excesso, induz a síntese de thionein, que ligada ao íon cobre formará a metallothionein, diminuindo assim a quantidade de íons cobre livre no fígado. Consequentemente este menor nível diminuirá também a atividade de ceruloplasmina, que é cobre dependente (MILLS, 1987) e a concentração de cobre no soro, pois segundo KOH et al. (1996) a ceruloplasmina é a principal carreadora deste elemento na corrente sanguínea.

Comportamento semelhante da concentração de cobre no soro de aves também foi obtido por AOYAGY e BAKER (1993). Estes autores, embora não se tratando de frangos de corte na fase de crescimento, observaram biologicamente um comportamento quadrático do teor de cobre no soro das aves alimentadas com níveis crescentes de cobre ao final dos 23 dias de idade.

Em animais sadios, a variável cobre no soro é viável para avaliar o status nutricional de cobre no organismo animal (MILLS, 1987). Portanto, nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que a exigência de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, de 22 a 42 dias de idade é de

11,10 ppm, devendo ser levado em consideração que dietas a base de milho e farelo de soja, já contém normalmente de 8,5 à 11,1 ppm de cobre e que a biodisponibilidade de cobre no farelo de soja é de 38%.

O valor de exigência de cobre encontrado para as aves nesta fase, foi superior ao recomendado como suplemento pelo NRC (1994) e ROSTAGNO et al. (2000), que é de 8 e 8,5 ppm de cobre respectivamente.

Tabela 6 – Valores de exigência, coeficientes de determinação, soma de quadrado dos desvios (SQD) e equação de regressão ajustadas para as variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), concentração de cobre no osso (CuO), concentração de cobre no fígado (CuF) e concentração de cobre no soro (CuS) em função dos níveis de cobre, para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade estimados pelo modelo Quadrático e Linear .

Modelo Quadrático e Linear				
Variáveis	Equações Ajustadas	Exigência	r ²	SQD
GP(g/ave)	$\hat{Y}=1237,36$	-	-	-
CR(g/ave)	$\hat{Y}=2260,00$	-	-	-
CA	$\hat{Y}=1,82$	-	-	-
CuO(ppm)	$\hat{Y}=5,13$	-	-	-
CuF(ppm)	$\hat{Y}= 10,9771 + 0,278082N$	≥18,90	0,95**	1
CuS(mg/L)	$\hat{Y}= 0,124207 + 0,00131914N - 0,0000594029N^2$	11,10	0,45*	29 x 10 ⁻⁵

** (P<0,01); * (P<0,05) pelo teste F.

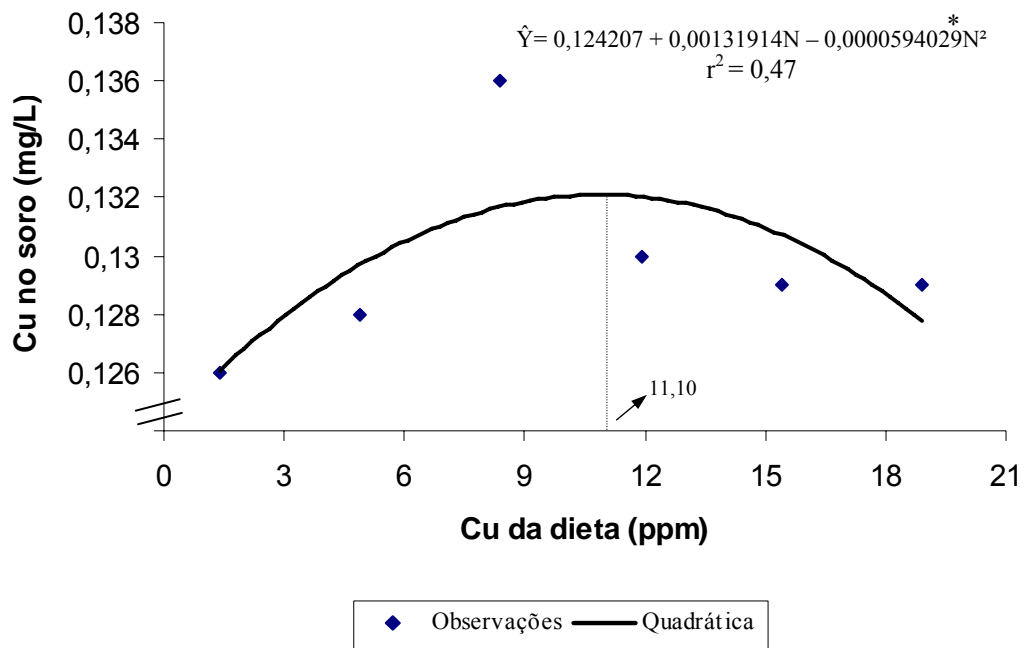


Figura 1- Efeito dos níveis de cobre na dieta sobre a concentração de cobre no soro de frangos aos 42 dias de idade.

4 . RESUMO E CONCLUSÕES

Foram utilizados 288 frangos de corte da linhagem Avian Farms, sendo a metade machos e metade fêmeas, no período de 22 a 42 dias de idade. Adotou-se um esquema fatorial 6x2, sendo 6 níveis de cobre e 2 sexos (macho e fêmea) no delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e 6 aves por unidade experimental. A dieta basal deficiente em 1,40 ppm de cobre, foi suplementada com níveis crescentes de cobre: 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm, proveniente do sulfato de cobre comercial. As exigências de cobre foram estimadas pelos modelos de regressão polinomial e Linear Response Plateau (LRP). Optou-se pelo valor de exigência encontrado na variável concentração de cobre no soro estimado pelo modelo quadrático, por melhor representar o status nutricional das aves. Portanto, nas condições em que o experimento foi conduzido, concluiu-se que a exigência de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, de 22 a 42 dias de idade é de 11,10 ppm, devendo ser levado em consideração que dietas a base de milho e farelo de soja, já contém normalmente de 8,5 à 11,1 ppm de cobre e que a biodisponibilidade de cobre no farelo de soja é de 38%.

CAPÍTULO 3

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE COBRE PARA FRANGOS DE CORTE DE 43 A 54 DIAS DE IDADE

1 . INTRODUÇÃO

Importantes avanços nos sistemas de produção de aves vêm sendo alcançados, grande parte em função do desenvolvimento tecnológico nas áreas da genética, da sanidade e da nutrição. Contudo, a nutrição adequada é o pressuposto básico indispensável para atingir uma produção de alta eficiência produtiva.

Assim sendo, é importante conhecer a quantidade mínima de nutrientes exigidos pelo animal, não somente para seu adequado desenvolvimento, mas também para não onerar os custos de produção, bem como aumentar excessivamente a quantidade de poluentes eliminados ao meio ambiente via dejetos oriundos da produção.

O cobre participa de funções importantes no organismo animal ao longo de toda sua fase de vida, contudo, estudos já comprovaram que normalmente

ocorre redução da necessidade de minerais com o avanço da idade. Vitaminas e minerais traços, representam somente uma pequena fração no custo total de produção, entretanto, sua retirada da dieta durante 5 a 7 dias antes da data do abate poderiam reduzir os custos de produção significativamente (RUTZ et al., 1999). Esta tendência justifica o estudo para determinar a real necessidade de cobre para o melhor desenvolvimento animal na fase final, evitando custos adicionais com suplementação inadequada desse mineral.

Segundo o NRC (1994), a suplementação de cobre nas dietas de aves na fase de terminação é de 8 ppm e segundo ROSTAGNO et al. (2000) é de 8,5 ppm.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a exigência nutricional de cobre para frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 43 à 54 dias de idade.

2 . MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 30 de setembro a 11 de outubro de 2002.

Utilizou-se 192 frangos de corte de quarenta e três dias de idade, da linhagem Avian Farms, metade de cada sexo, que foram distribuídos em 48 boxes de uma bateria metálica durante o período de 43 a 54 dias de idade. Adotou-se um esquema fatorial 6x2, sendo 6 níveis de cobre e 2 sexos (macho e fêmea), em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições e 4 aves por unidade experimental.

Até os 42 dias as aves receberam dieta atendendo todas as exigências nutricionais.

As aves foram criadas de acordo com as recomendações de manejo descrita por GOMES et al. (1996), onde a temperatura e a umidade relativa do ar no interior da instalação foram aferidos diariamente em dois horários distintos (07:00 e 18:00 horas) durante todo o ensaio experimental (Tabela 1). O programa de luz adotado foi o contínuo, com 24 horas de Luz (natural + artificial), durante todo o período experimental.

Tabela 1 -Resumo da temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) no interior das instalações no período de 43 a 54 dias de idade das aves.

T (°C) e UR (%)	07:00 horas	18:00 horas	Média geral
T Máxima média	27,8	29,4	28,6
T Mínima média	20,1	22,2	21,2
T Máxima absoluta	29	31	
T Mínima absoluta	19	21	-
UR média do ar	77,5	59,9	68,7

Foi determinado a composição química dos ingredientes da dieta experimental (Tabela 2), e da água fornecida aos animais (antes e durante a fase experimental), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, conforme metodologia descrita por SILVA (1998). Amostras de água coletadas antes e durante a fase experimental não indicaram presença do mineral estudado. O sulfato de cobre ($\text{CuSO}_5\text{H}_2\text{O}$) utilizado continha 25% de cobre.

Tabela 2 - Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), fósforo disponível (Pd) e cobre (Cu) dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais*

Ingredientes	PB (%)	Ca(%)	Pd(%)	Cu(ppm)
Milho moído	7,33	0,031	0,247	1,15
Farinha de milho	6,65	0,006	0,10	0,55
Farinha de trigo	11,01	0,037	0,06	2,34
Farelo de glúten de milho	58,56	0,081	0,49	1,51
Proteína isolada de soja	65,00	0,26	0,63	1,67
Farinha de carne	38,40	12,20	5,41	3,66
Calcário	-	34,69	-	2,39
Sal comum	-	-	-	1,34

*Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Segundo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2000), foi confeccionada uma dieta basal (Tabela 3) para atender às exigências nutricionais das aves, exceto para o cobre, que permaneceu deficiente ao nível de 1,33 ppm.

Tabela 3 – Composição percentual e valor nutricional da dieta basal

Ingredientes	%
Milho moído	53,04
Farinha de trigo	8,00
Farinha de milho	11,00
Óleo vegetal	1,95
Farelo de Glúten milho	4,00
Proteína isolada de soja	12,10
Farinha de Carne	4,97
Calcário	0,40
Sal	0,33
Mistura vitamínica ¹	0,10
Mistura mineral ²	0,10
Antioxidante ³	0,01
Anticoccidiano ⁴	0,05
Promotor de crescimento ⁵	0,002
DL-Metionina (99%)	0,10
Lisina HCl (78%)	0,30
L- Triptofano(98%)	0,03
Cloreto de Colina (60%)	0,03
Areia lavada	3,50
Total	100,00
Composição calculada	
Proteína Bruta (%)	18,074
Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	3201,000
Fibra Bruta (%)	1,380
Ácido Linoleico (%)	2,282
Cálcio (%)	0,800
Fósforo Disponível (%)	0,365
Sódio (%)	0,192
Potássio (%)	0,495
Cobre (mg/Kg)	1,33
Lisina total (%)	1,042
Metionina total (%)	0,413
Met.+Cis. total (%)	0,749
Treonina total (%)	0,690
Triptofano total (%)	0,205

¹Conteúdo/kg: Vit. A – 12.000.000 U.I.; Vit. D3 – 3.600.000 U.I.; Vit.B1 – 2.500 mg; Vit. B2 – 8.000 mg ; Vit. B6 – 5.000mg ; Ác. Pantotênico – 12.000 mg; Biotina – 200mg; Vit. K3 – 3.000mg; Ác. Fólico – 1.500mg; Ác. Nicotínico – 40.000mg; Vit. B12 – 20.000mcg; Selênio – 150 mg; Veículo,q.s.p – 1000g.

²Conteúdo/kg: Ferro – 50,0 g; Manganês – 70 g; Zinco – 60,0 g; Cobalto – 0,2 g; Iodo – 1,0g ; Selênio – 0,10g; Veículo q.s.p – 1000g

³BHT

⁴Coxistac – Salinomicina sódica (12%)

⁵Stafac – Virginiamicina (50%)

Os níveis de suplementação de cobre, provenientes do sulfato de cobre comercial à dieta basal foram: 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm de cobre, resultando num total de 1,33; 4,83; 8,33; 11,83; 15,33; e 18,83 ppm de cobre respectivamente na dieta. As suplementações com os níveis de cobre foram feitas em substituição à areia lavada, usada como inerte nas dietas experimentais.

Foi fornecido água e ração a vontade para as aves durante todo o ensaio experimental, e as pesagens foram realizadas no início e final do experimento para averiguação do ganho de peso, do consumo de ração e da conversão alimentar. Com o término do experimento foram capturadas 96 aves com o peso médio do boxe (2 aves por boxe), para a coleta de sangue e posteriormente abatidas para a extração do fígado e da tíbia, visando a análise subsequente da concentração de cobre.

Os fígados e as tíbias com as cartilagens adjacentes e livres de tecido muscular, foram levadas à estufa de ventilação forçada (65° C) por 72 horas, desengordurados em extrator Soxhlet por 8 horas e triturados em moinhos de aço inoxidável. Após cumprir estas etapas foram pesados em balança analítica e analisado a concentração de cobre de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1998) em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo 908, marca GBC, no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

Para a coleta de sangue, as aves foram submetidas ao jejum forçado com objetivo de proporcionar mesmo status metabólico de cobre no sangue de todos os animais. O jejum obedeceu a seguinte seqüência: uma hora de jejum, seguida por uma hora de alimentação normal (para que todas as aves enchessem o papo); em seguida, iniciou-se a retirada dos comedouros em ordem crescente da numeração das gaiolas com intervalo de 5 minutos entre cada. Quando o comedouro da última gaiola foi retirado, iniciou-se a coleta de sangue das aves que seguiu a mesma seqüência e intervalo citado acima. O sangue foi coletado por punção cardíaca anterior e dessorado naturalmente em ambiente de temperatura controlada. Em seguida, o soro foi transferido em vidraria adequada e submetido a análise de concentração de cobre segundo a metodologia descrita por SILVA (1998). A leitura da concentração de cobre

foi feita no aparelho denominado “Plasma” do Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

As análises estatísticas dos parâmetros avaliados neste experimento foram realizadas de acordo com o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa - UFV (1997), e as estimativas de exigência de cobre foram feitas mediante o uso dos modelos Linear e “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável.

3 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho estão apresentados na tabela 4.

Não observou-se durante a fase experimental anormalidades no desenvolvimento de pernas, onde a incidência de anormalidades ósseas foram raras e aleatórias, não podendo ser atribuídas a efeitos de tratamento. Estes resultados estão de acordo com os de RUCKER et al. (1975), que também não observaram problemas de pernas ou fragilidades ósseas em frangos alimentados com dieta contendo mais de 1 ppm de cobre.

Não ocorreu interação entre sexo e níveis de cobre ($P>0,05$), mostrando que estes fatores agem de forma independente sobre as variáveis de desempenho.

Houve efeito de sexo ($P<0,01$) sobre o consumo de ração e ganho de peso, onde os machos consumiram 13,47% a mais que as fêmeas e ganharam 17,86 % a mais de peso.

Não houve efeito significativo dos níveis de cobre ($P>0,05$) sobre o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. ZANETTI et al. (1991); BERTECHINI et al. (1993); CACHONI (1993) e KOH et al. (1996), também não observaram efeito dos níveis de cobre sobre as variáveis de desempenho em experimentos com frangos de corte.

Tabela 4 - Valores médios das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA); análise de variância e coeficiente de variação de frangos de corte, machos (M) e fêmeas (F), de 43 a 54 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos.

Níveis de Cobre (ppm)	Sexo	GP (g/ave)	CR (g/ave)	CA
1,33	M	615,0	1655,0	2,71
4,83	M	683,3	1695,8	2,48
8,33	M	615,3	1611,8	2,64
11,83	M	618,0	1653,3	2,69
15,33	M	622,3	1608,5	2,59
18,83	M	623,0	1614,5	2,60
	Média	629,5 a	1639,8 a	2,62 a
1,33	F	549,3	1452,8	2,67
4,83	F	549,0	1465,0	2,68
8,33	F	519,0	1381,3	2,67
11,83	F	509,8	1396,8	2,76
15,33	F	541,5	1455,5	2,70
18,83	F	536,0	1519,0	2,86
	Média	534,1 b	1445,1 b	2,72 a
Níveis de Cobre		ns	ns	ns
Sexo		**	**	ns
Sexo x Níveis de Cobre		ns	ns	ns
Coeficiente de Variação (%)		10,46	6,33	7,17

** (P<0,01); ns (P>0,05), pelo teste F.

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados de concentração de cobre no osso, no fígado, e no soro estão apresentados na tabela 5.

Não houve interação entre sexo e níveis de cobre ($P>0,05$), mostrando que estes fatores atuam de forma independente sobre estes parâmetros.

Observou-se efeito significativo ($P<0,01$) dos níveis de cobre sobre a concentração de cobre no fígado. BERTECHINI et al. (1993); AOYAGY & BAKER (1993); LEDOUX et al. (1991); ZANETTI et al. (1991); CACHONI (1993) e EWING et al. (1998), também observaram em aves o acúmulo de cobre no fígado quando estas receberam dietas com níveis crescentes deste mineral.

Não constatou-se efeito ($P>0,05$) dos níveis de cobre sobre a concentração de cobre no osso. Estes resultados mostraram que o cobre, dentro dos níveis estudados, não interferiu na concentração de cobre nos ossos, justificando a não constatação de anormalidades ósseas. BERTECHINI et al. (1993) e CACHONI (1993), trabalhando com níveis superiores (8,5 à 300 ppm de cobre), também não encontraram diferença significativa da concentração de cobre na tíbia, concluindo que este não é um bom parâmetro para medir a exigência ou biodisponibilidade de cobre, uma vez que não é influenciado pelo aporte da dieta.

Não observou-se efeito ($P>0,05$) dos níveis de cobre em relação ao cobre no soro.

Não observou-se efeito de sexo ($P>0,05$) sobre a concentração de cobre no fígado, no osso e no soro. UNDERWOOD (1977), explica que dificilmente observa-se efeito de sexo sobre a concentração de cobre no fígado, exceto no salmão australiano no qual a fêmea possui níveis maiores que o macho.

Tabela 5 - Valores médios das variáveis concentração de cobre no osso (CuO), concentração de cobre no fígado (CuF) e concentração de cobre no soro (CuS); análise de variância e coeficiente de variação de frangos de corte, machos (M) e fêmeas (F), de 43 a 54 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos.

Níveis de Cobre (ppm)	Sexo	CuO (ppm)	CuF (ppm)	CuS (mg/L)
1,33	M	4,17	9,44	0,132
4,83	M	4,06	11,35	0,132
8,33	M	4,09	17,30	0,132
11,83	M	4,13	19,80	0,131
15,33	M	4,01	20,67	0,132
18,83	M	4,18	21,09	0,132
	Média	4,11 a	16,61 a	0,132 a
1,33	F	4,03	10,01	0,133
4,83	F	4,06	12,11	0,132
8,33	F	4,08	17,70	0,131
11,83	F	4,15	20,63	0,131
15,33	F	4,17	20,95	0,132
18,83	F	4,21	21,85	0,133
	Média	4,12 a	17,21 a	0,132 a
Níveis de Cobre		ns	** ⁽¹⁾	ns
Sexo		ns	ns	ns
Sexo x Níveis		ns	ns	ns
Coeficiente de variação (%)		4,46	5,08	4,49

** (P<0,01); ns (P>0,05), pelo teste F.

⁽¹⁾ Efeito Linear e Linear Response Plateau (LRP)

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A estimativa de exigência de cobre está apresentada na tabela 6.

Os valores de exigência de cobre pelas aves para a concentração de cobre no fígado foram de 18,83 ppm quando o modelo empregado foi o linear e 12,58 ppm quando o modelo empregado foi o Linear Response Plateau (LRP).

Contudo, considerando que o fígado não é um bom parâmetro para medir a exigência de minerais, em função de acumular o excesso de cobre fornecido na dieta (AOYAGY & BAKER, 1993), aliado à não interferência dos níveis de cobre no soro (variável que melhor indica a exigência de cobre pelo animal), e da não interferência dos níveis de cobre sobre as variáveis de maior interesse econômico (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), sugeriu-se que os níveis de cobre de 8,5 à 11,1 ppm, normalmente presentes em dietas práticas à base de milho e farelo de soja, são suficientes para o adequado desenvolvimento animal, não havendo assim necessidade de suplementação desse mineral para frangos de corte, machos e fêmeas, de 43 a 54 dias de idade.

Este resultado está de acordo com o citado na revisão de RUTZ et al. (1999), ou seja, que frangos de corte na fase de terminação, alimentados com pelo menos 5% de proteína animal, sob condições ambientais favoráveis e livres de doenças, não necessitam de suplementação mineral.

Tabela 6 – Valores de exigência, coeficientes de determinação, soma de quadrado dos desvios (SQD) e equação de regressão ajustadas para as variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), concentração de cobre no osso (CuO), concentração de cobre no fígado (CuF) e concentração de cobre no soro (CuS), em função dos níveis de cobre, para frangos de corte de 43 a 54 dias de idade estimados pelo modelo Linear e Linear Response Plateau (LRP).

Modelo Linear					
Variáveis	Equações Ajustadas	Exigência	r ²	SQD	
GP(g/ave)	$\hat{Y}=581,68$	-	-	-	
CR(g/ave)	$\hat{Y}=1542,27$	-	-	-	
CA(g/g)	$\hat{Y}=2,66$	-	-	-	
CuO (ppm)	$\hat{Y}=4,11$	-	-	-	
CuF (ppm)	$\hat{Y}=9,58686 + 0,724745N$	$\geq 18,83$	0,90**	13,05	
CuS (mg/L)	$\hat{Y}=0,13$	-	-	-	

Linear Response Plateau (LRP)					
Variáveis	Equação da Reta	Platô	Exigência	r ²	SQD
CuF(ppm)	$\hat{Y} = 7,7822 + 1,0618N$	$\hat{Y} = 21,14$	12,58	0,97**	2,31

** (P<0,01), pelo teste F.

4 . RESUMO E CONCLUSÕES

Foram utilizados 192 frangos de corte da linhagem Avian Farms, sendo a metade machos e metade fêmeas, no período de 43 a 54 dias de idade. Adotou-se um esquema fatorial 6x2, sendo 6 níveis de cobre e 2 sexos (macho e fêmea) em um delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e 4 aves por unidade experimental. A dieta basal deficiente em 1,33 ppm de cobre, foi suplementada com níveis crescentes de cobre: 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm, proveniente do sulfato de cobre comercial. As variáveis avaliadas foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, concentração de cobre no osso, concentração de cobre no fígado e concentração de cobre no soro. Os níveis de suplementação de cobre na dieta influenciaram apenas a concentração de cobre no fígado. Contudo, considerando que o fígado não é um bom parâmetro para medir a exigência de minerais, aliado à não interferência dos níveis de cobre sobre a variável soro e sobre as variáveis de maior interesse econômico (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), sugeriu-se que os níveis de cobre de 8,5 à 11,1 ppm, normalmente presentes em dietas práticas à base de milho e farelo de soja, são suficientes para o adequado desenvolvimento animal, não havendo necessidade de suplementação desse mineral para frangos de corte, machos e fêmeas, de 43 a 54 dias de idade.

3 . CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foram realizados os experimentos, concluiu-se que:

A exigência de cobre determinada para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm.

A exigência de cobre determinada para frangos de corte, machos e fêmeas, de 22 a 42 dias de idade é de 11,10 ppm.

Os níveis de cobre de 8,5 a 11,1 ppm, normalmente presentes em dietas à base de milho e farelo de soja, são suficientes para o adequado desenvolvimento animal, não havendo necessidade de suplementação desse mineral para frangos de corte, machos e fêmeas, de 43 a 54 dias de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-UBAIDI, Y. Y. & SULLIVAN, T. W. Studies on the requirements and interaction of copper and iron in broad breasted bronze turkeys to 4 weeks of age. **Poultry Science**, 42: 718-725, 1963.
- ANDERSON, R. L. & TOVE, S. B. Effect of copper deficiency on synthesis of heme. **Nature**, 182, p. 315, 1958.
- AOYAGI, S. & BAKER, D. H. Bioavailability of copper in analytical-grade and feed-grade inorganic copper sources when fed to provide copper at levels below the chick's requirement. **Poultry Science**, 72: 1075-1083, 1993.
- AOYAGI, S., BAKER, D. H., WEDEKING, K. J. Estimates of copper bioavailability from liver of different animal species and from feed ingredients derived from plants and animals. **Poultry Science**, 72: 1746-1755, 1993.
- BAKALLI, R. I., PESTI, G. M., RAGLAND, W. L. et al. Dietary copper in excess of nutritional requirement reduces plasma and breast muscle cholesterol of chickens. **Poultry Science**, 74: 360-365, 1995.
- BAUMGARTNER, S., BROWN, D. J., SALEVSKY, E. Jr. et al. Copper deficiency in the laying hen. **Journal of Nutrition**, 108: 804 – 811, 1978.
- BERTCHINI, A. G., HOSSAIN, S. M., MELHO, B. M. et al. Níveis nutricionais de cobre para frangos de corte na fase inicial. In. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos. **Anais...** Campinas. FACTA, p. 2, 1993.
- BREMNER, I. Involvement of metallothionein in the hepatic metabolism of copper. **Journal of Nutrition**, 117: 19-29, 1987.
- BREMNER, I., MEHRA, R. K., MORRISON, J. N. et al. Effects of dietary copper supplementation of rats on the occurrence of metallothionein-I in liver and its secretion into blood, bile and urine. **Biochemical Journal**, 235: 735-739, 1986.
- BUNCH, R. J., SPEER, V. C., HAYS, V. W. et al. Effects of high levels of copper and chlortetra-cycline on performance of pigs. **Journal of Animal Science**, 22(1): 56 – 60, 1963.
- CACHONI, C. C. **Biodisponibilidade de cobre de várias fontes comerciais para frangos de corte na fase inicial**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1993. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, 1993.

- CARLTON, W. W. & HENDERSON, W. Histopathological lesions observed in the long bones of chickens fed a copper-deficient diet. **Poultry Science**, 41: 1634, 1962.
- DAVIS, P. N., NORRIS, L. C., KRATZER, F. N. Iron utilization and metabolism in the chick. **Journal of Nutrition**, 94: 409-417, 1968.
- EWING, H. P., PESTI, G. M., BAKALLI, R. I. et al. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate, cupric citrate, citrate, and copper oxochloride to broiler chickens. **Poultry Science**, 77: 445 – 448, 1998.
- FISHER, C., LAURSEN-JONES, A. P., HILL, K. J. et al. The effect of copper sulphate on performance and the structure of the gizzard in broilers. **British Poultry Science**, 14: 55-68, 1973.
- FUNK, M. A. & BAKER, D. H. Toxicity and tissue accumulation of copper in chicks fed casein and soy-based diets. **Journal Animal Science**, 69: 4505-4511, 1991.
- GOMES, P. C., ALBINO, L. F. T., SILVA, M. A. **Criação de frangos de corte**. Viçosa, MG: UFV, 18 p., 1996.
- HILL, C. H. & MALTRONE, G. Studies on copper and iron deficiency in growing chickens. **Journal of Nutrition**, 73: 425-431, 1961.
- JENSEN, L. S. & MAURICE, D. V. Influence of sulfur amino acids on copper toxicity in chicks. **Journal of Nutrition**, 109: 91- 97, 1979.
- JENSEN, L. S., PETERSON, R. P., FLEN, L. Inducement of enlarged hearts and muscular dystrophy in turkey poult with dietary silver. **Poultry Science**, 53(1): 57-64, 1974.
- JOHNSON, E. L., NICHOLSON, J. L., DOERR, J. A. Effect of dietary copper on litter microbial population and broiler performance. **British Poultry Science**, 26: (7) 177, 1985.
- KASHANI, A. B., SAMIE, H., EMERICK, R. J. et al. Effect of copper with three levels of sulfur-containing amino acids in diets for turkeys. **Poultry Science**, 65: 1754-1759, 1986.
- KOH, T. S., PENG, R. K., KLASING, K. C. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. **Poultry Science**, 75: 867-872, 1996.
- LARBIER, M. & LECLERCQ. **Nutrition and feeding of poultry**. University Nottingham, pg 114-115, 1994.
- LEACH, R. M., ROSENBLUM, C. I. Jr., AMMAN, M. J. et al. Broiler chicks fed low-calcium diets. 2. Increased sensitivity to copper toxicity. **Poultry Science**, 69: 1905-1910, 1990.

- LEDOUX, D. R., HENRY, P. R., AMMERMAN, C. B. et al. Estimation of the relative bioavailability of inorganic copper sources for chicks using tissue uptake of copper. **Journal Animal Science**, 69: 215-222, 1991.
- LEESON, S. & SUMMERS, J. D. **Ingredient evaluation and diet formulation. Commercial Poultry Nutrition**. Guelph-Ontario. Univerty Books. 2^a edition. p. 10-111, 1997.
- LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L., COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2^a ed. São Paulo, 839 p., 1995.
- LIMA, I. L. Dietary nutrient levels used in the practical nutrition of poultry. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS**. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa – MG, p. 173 – 186, 1996.
- McDOUWEL, L. R. **Copper and molybdenum – minerals in animal and human nutrition**. Academy Press Inc. San Diego – Califórnia, p.178-204, 1992.
- McNAUGHTON, J. L. & DAY, E. Effect of dietary Fe to Cu ratios on hematological and growth responses of broiler chickens. **Journal of Nutrition**, 109 (4). 559-564, 1979.
- MEHRA, R. K. & BREMNER, I. Species differences in the occurrence of cooper-metallothionein in the particulate fractions of the liver of cooper-loaded animals. **Biochemical Journal**, 219: 539-546, 1984.
- MILLS, C. F. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. **Journal Animal Science**, 65: 1702-1711, 1987.
- MOHANNA, C. & NYS, Y. Influence of age, sex and cross on body concentrations of trace elements (zinc, iron, copper and manganese) in chickens. **British Poultry Science**, 39: 536-543, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUCIL – NRC. **Mineral tolerance of domestic animals**. Washington, DC, National Academy Press, 577p, 1980.
- NATIONAL RESEARCH COUCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9^a ed. Washington. National Academy Press, 155p, 1994.
- NOBRE, P. T. C., BUTOLO, E. A. F., LIMA, I. A. Determinação da biodisponibilidade relativa de fontes de cobre para frangos de corte utilizando a concentração de cobre no tecido. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 53-54, 1998.
- NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. 2^a ed. Belo Horizonte, 387p, 1998.

- O'DELL, B. L., BIRD, D. W., RUGGLES, D. L., et al. Composition of aortic tissue from copper-deficient chicks. **Journal of Nutrition**, 88(1): 9-14, 1966.
- OPSAHL, W., ZERONIAN, H., ELLISON, M. et al. Role of copper in collagen cross-linking and its influence on selected mechanical properties of chick bone and tendon. **Journal of Nutrition**, 112: 708-716, 1982.
- PESTI, G. M & BAKALLI, R. I. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. **Poultry Science**, 75: 1086-1091, 1996.
- PETERSON, R. P. & JENSEN, L. S. Interrelationship of dietary silver with copper in the chicks. **Poultry Science**, 54(3): 771-775, 1975.
- PONTES, P. M. & LLOBET, J. A. C. **Alimentación de las aves**. REAL ESCUELA DE AVICULTURA, 1ª ed. BARCELONA, 113-115, 1995.
- POUPOULIS, C. & JENSEN, L. S. Effect of high dietary copper on gizzard integrity of the chick. **Poultry Science**, 55: 113-121, 1976.
- RICHARDS, M. P. Recent developments in trace element metabolism and function: Role of metallothionein in copper and zinc metabolism. **Journal of Nutrition**, 119: 1062-1070, 1989.
- ROSTAGNO, R. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. Editado por Horácio Santiago Rostagno. Viçosa – MG. UFV, p.140, 2000.
- RUCKER, R. B., RIGGINS, R. S., LAUGHLIN, R. et al. Effects of nutritional copper deficiency on the biomechanical properties of bone and arterial elastin metabolism in the chicks. **Journal of Nutrition**, 105: 1062-1070, 1975.
- RUTZ, F., XAVIER, E. G., DADALT, G. M. Exigências nutricionais para a fase final (energia, aminoácidos, vitaminas, minerais e aditivos). In. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos. **Anais...** Campinas. FACTA, p. 32-36, 1999.
- SCHECHINGER, T., HARTMANN, H. J., WESER, U. Copper transport from Cu(I)-thionein into apo-caeruloplasmin mediated by activated leucocytes. **Biochemical Journal**, 240: 281-283, 1986.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2ª ed. Viçosa – UFV, 165p, 1998.
- STARCHER, B., HILL, C. H., MATRONE, G. Importance of dietary copper in the formation of aortic elastin. **Journal of Nutrition**, 82: 318-322, 1964.

- TERÃO, T. & OWEN, C. A. Jr. Nature of copper compounds in liver supernate and bile of rats.: studies with ⁶⁷Cu. **American Journal of Physiological**, 224: 682 - 686 ,1973.
- THIERS, R. E. & VALEE, B. L. Distribution of metals in subcellular fractions of rat liver. **Journal of Biological Chemistry**, 226 (2): 911 – 918, 1957.
- TURK, D. E. Microelements in the circulation of coccidiosis-infected chicks. **Poultry Science**, 65:2098 – 2103, 1986.
- UNDERWOOD, E. J. & SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3rd., Farnham Royal, England, 597 – 614, 1999.
- UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 4th ed., New York, Academic Press, 545 p., 1977.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Central de Processamento de Dados – UFV/CPD. SAEG – **Sistema para análise estatística e genética**. Versão 7.0 Viçosa, MG:UFV, 54p., 1997.
- VAN CAMPEN, D. R. & MITCHELL, E. A. Absorption of ⁶⁴Cu, ⁶⁵Zn, ⁹⁹Mo and ⁵⁹Fe from ligated segments of the rat gastrointestinal tract. **Journal of Nutrition**, 86(2): 120-124, 1965.
- WARD, N. E. Vitamin and trace mineral supplementation for poultry. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS**. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa – MG, p. 187 – 203, 1996.
- WARD, T. L., WATKINS, K. L., SOUTHERN, L. L. Interactive effects of dietary copper and water copper level on growth, water intake, and plasma and liver copper concentrations of poults. **Poultry Science**, 73: 1306-1311, 1994.
- ZANETTI, M. A., HENRY, P. R., AMMRMAN, C. B. et al. Estimation of the bioavailability of copper sources in chicks fed on conventional dietary amounts. **British Poultry Science**, 32: 585-588, 1991.

APÊNDICE

Quadro - 1 A - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de pintos de corte de 8 a 21 dias de idade (Capítulo 1).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		GP(g/ave)	CR(g/ave)	CA(g/g)
Níveis	5	342,51 ns	1469,93 ns	0,0019 ns
Efeito linear	1	966,03 ns	4866,71**	0,0023 ns
Efeito Quadrático	1	1,21 ns	717,62 ns	0,0033 ns
Efeito Cúbico	1	73,49 ns	44,24 ns	0,000046 ns
Efeito Quártico	1	93,00 ns	515,28 ns	0,0041 ns
Efeito Quíntico	1	578,95 ns	1206,00 ns	0,000019 ns
Sexo	1	8319,30**	14581,73 **	0,000075 ns
Sexo x Níveis	5	367,24 ns	548,25 ns	0,0013 ns
Resíduo	36	418,64	629,01	0,0014
CV (%)		4,19	3,66	2,68

** (P<0,01) e ns (P>0,05), pelo teste F.

Quadro - 2 A - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das variáveis cobre no osso (CuO), cobre no fígado (CuF) e cobre no soro (CuS) de pintos de corte de 8 a 21 dias de idade (Capítulo 1).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		CuO (ppm)	CuF (ppm)	CuS (mg/L)
Níveis	5	0,06 ns	53,87 **	0,000061 ns
Efeito linear	1	0,07 ns	232,26**	0,000019 ns
Efeito Quadrático	1	0,10 ns	12,008 **	0,00022 ***
Efeito Cúbico	1	0,02 ns	24,92 **	0,000035 ns
Efeito Quártico	1	0,10 ns	0,12 ns	0,000021 ns
Efeito Quíntico	1	0,01 ns	0,06 ns	0,0000038 ns
Sexo	1	0,04 ns	0,18 ns	0,000016 ns
Sexo x Níveis	5	0,004 ns	0,24 ns	0,000011 ns
Resíduo	36	0,08	0,18	0,000075
CV (%)		5,46	5,46	6,56

** (P<0,01) ; *** (P<0,09) ; e ns (P>0,05), pelo teste F.

Quadro - 3 A - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade (Capítulo 2).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		GP(g/ave)	CR(g/ave)	CA(g/g)
Níveis	5	0,0033 ns	0,0056 ns	0,0033 ns
Efeito linear	1	0,000029 ns	0,0038 ns	0,0033 ns
Efeito Quadrático	1	0,000051 ns	0,00029 ns	0,00054 ns
Efeito Cúbico	1	0,0051 ns	0,014ns	0,000044 ns
Efeito Quártico	1	0,0046 ns	0,0088 ns	0,00048 ns
Efeito Quíntico	1	0,0068 ns	0,00037 ns	0,012 ns
Sexo	1	0,14 **	0,37 **	0,0030 ns
Sexo x Níveis	5	0,0011 ns	0,0021 ns	0,0021 ns
Resíduo	36	0,0019	0,0049	0,0027
CV (%)		3,58	3,12	2,86

** (P<0,01) e ns (P>0,05), pelo teste F.

Quadro 4 A - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das variáveis cobre no osso (CuO), cobre no fígado (CuF) e cobre no soro (CuS) de pintos de corte de 22 a 42 dias de idade (Capítulo 2).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		CuO (ppm)	CuF (ppm)	CuS (mg/L)
Níveis	5	0,045 ns	28,06 **	0,000080 ns
Efeito linear	1	0,085 ns	132,61 **	0,000022 ns
Efeito Quadrático	1	0,089 ns	0,06 ns	0,00015 *
Efeito Cúbico	1	0,00024 ns	7,57 **	0,000032 ns
Efeito Quártico	1	0,051 ns	0,042 ns	0,000073 ns
Efeito Quíntico	1	0,00045 ns	0,024 ns	0,00011 ns
Sexo	1	0,000047 ns	0,000033 ns	0,0000025 ns
Sexo x Níveis	5	0,0014 ns	0,24 ns	0,0000025 ns
Resíduo	36	0,038	0,48	0,000033
CV (%)		3,84	5,02	4,48

** (P<0,01) ; * (P<0,05) ; e ns (P>0,05), pelo teste F.

Quadro 5 A - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das variáveis ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 43 a 54 dias de idade (capítulo 3).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		GP(g/ave)	CR(g/ave)	CA(g/g)
Níveis	5	0,0027 ns	0,0074 ns	0,025 ns
Efeito linear	1	0,0016 ns	0,00032 ns	0,024 ns
Efeito Quadrático	1	0,00068 ns	0,015 ns	0,013 ns
Efeito Cúbico	1	0,0026 ns	0,0036 ns	0,012 ns
Efeito Quártico	1	0,0081 ns	0,0086 ns	0,069 ns
Efeito Quíntico	1	0,00058 ns	0,0090 ns	0,051 ns
Sexo	1	0,10 **	0,45 **	0,12 ns
Sexo x Níveis	5	0,0011 ns	0,0072 ns	0,023 ns
Resíduo	36	0,0037	0,0095	0,036
CV (%)		10,46	6,33	7,17

** (P<0,01) e ns (P>0,05), pelo teste F.

Quadro 6 A - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) das variáveis cobre no osso (CuO), cobre no fígado (CuF) e cobre no soro (CuS) de pintos de corte de 43 a 54 dias de idade (Capítulo 3).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		CuO (ppm)	CuF (ppm)	CuS (mg/L)
Níveis	5	0,019 ns	201,10 **	0,0000024 ns
Efeito linear	1	0,044 ns	900,81 **	0,000000064 ns
Efeito Quadrático	1	0,017 ns	70,02 **	0,0000097 ns
Efeito Cúbico	1	0,000046 ns	11,44 **	0,000000084 ns
Efeito Quártico	1	0,025 ns	22,20 **	0,00000036 ns
Efeito Quíntico	1	0,0070 ns	1,02 ns	0,0000017 ns
Sexo	1	0,00091 ns	4,74 ns	0,0000000 ns
Sexo x Níveis	5	0,018 ns	0,08 ns	0,00000095 ns
Resíduo	36	0,033	0,73	0,000014
CV (%)		4,46	5,08	2,89

** (P<0,01) ; e ns (P>0,05), pelo teste F.

Quadro 7 A – Temperatura no interior da instalação, durante o período de 8 a 21 dias das aves (Capítulo 1)

DATA	07:00 horas					18:00 horas				
	T B S	T B U	U R	MAX	MIN	T B S	T B U	U R	MAX	MIN
12/08/02	-	-	-	-	-	26	23	77	31	28
13/08/02	25	21	70	30	27	26	23	77	30	28
14/08/02	25	21	70	30	28	26	23	77	31	28
15/08/02	25	23	85	30	28	26	23	77	31	29
16/08/02	26	23	77	29	27	26	23	77	31	29
17/08/02	25	23	85	29	27	23	25	83	30	28
18/08/02	26	23	77	30	26	27	24	77	30	28
19/08/02	25	23	85	30	27	26	24	85	29	27
20/08/02	27	24	77	30	27	28	24	72	31	29
21/08/02	26	23	77	29	25	27	23	71	31	29
22/08/02	26	23	77	30	26	28	23	65	30	27
23/08/02	25	21	70	29	25	29	25	72	31	26
24/08/02	25	21	70	30	27	28	23	65	31	27
25/08/02	25	22	77	30	27	27	23	71	32	28
26/08/02	27	23	71	30	27	28	24	72	31	29
MÉDIA	25,57	22,43	76,29	29,71	26,71	26,73	23,53	74,53	30,67	28,00

TBS-Temperatura bulbo seco (°C)

TBU-Temperatura bulbo úmido(°C)

UR-Umidade relativa(%)

MAX-Temperatura máxima(°C)

MIN-Temperatura mínima(°C)

Quadro 8 A – Temperatura no interior da instalação, durante o período de 22 a 42 dias de idade das aves (Capítulo 2).

DATA	07:00 horas					18:00 horas				
	T B S	T B U	U R	MAX	MIN	T B S	T B U	U R	MAX	MIN
02/09/02	-	-	-	-	-	24	23	92	30	24
03/09/02	26	24	85	29	26	26	23	77	30	26
04/09/02	27	24	77	30	26	27	24	71	30	26
05/09/02	28	25	78	26	23	25	21	70	27	25
06/09/02	23	20	75	27	23	26	22	71	26	25
07/09/02	25	22	77	28	25	21	19	82	28	24
08/09/02	24	22	85	27	25	22	20	83	29	25
09/09/02	23	21	83	29	27	24	21	77	28	24
10/09/02	24	22	85	26	26	25	21	70	30	26
11/09/02	22	19	75	28	24	24	20	70	29	24
12/09/02	22	19	75	28	25	24	20	70	29	25
13/09/02	21	18	74	27	23	21	19	82	30	27
14/09/02	23	20	75	30	27	28	22	59	29	26
15/09/02	21	19	82	26	23	26	22	71	29	26
16/09/02	20	18	82	28	23	26	22	71	29	26
17/09/02	20	18	82	27	24	26	22	71	29	25
18/09/02	21	19	82	28	24	24	20	70	30	26
19/09/02	23	19	68	29	27	25	21	70	29	24
20/09/02	22	18	68	28	25	24	21	77	27	22
21/09/02	22	19	75	28	25	25	22	77	27	23
22/09/02	19	17	82	29	26	20	18	82	29	25
23/09/02	20	18	82	29	27	24	21	77	30	26
MÉDIA	22,67	20,05	78,43	27,95	24,95	24,41	21,09	74,54	28,82	25,00

TBS-Temperatura bulbo seco (°C)

TBU-Temperatura bulbo úmido(°C)

UR-Umidade relativa(%)

MAX-Temperatura máxima(°C)

MIN-Temperatura mínima(°C)

Quadro 9 A – Temperatura no interior da instalação, durante o período de 43 a 54 dias de idade das aves (Capítulo 3).

DATA	07:00 horas					18:00 horas				
	T B S	T B U	U R	MAX	MIN	T B S	T B U	U R	MAX	MIN
30/09/02	-	-	-	-	-	28	19	42	30	23
01/10/02	22	20	83	27	22	25	22	77	29	22
02/10/02	21	19	82	26	19	27	23	71	29	22
03/10/02	20	19	82	27	19	28	24	72	29	21
04/10/02	21	18	74	28	19	28	23	65	28	22
05/10/02	21	19	82	27	22	28	23	65	30	23
06/10/02	21	19	82	28	19	28	23	65	30	23
07/10/02	23	20	75	27	20	30	23	55	31	23
08/10/02	24	20	70	29	20	30	24	61	30	22
09/10/02	21	19	82	29	20	30	24	61	29	21
10/10/02	23	19	68	29	20	30	24	61	28	21
11/10/02	23	20	75	29	21	28	19	42	29	22
12/10/02	23	20	75	28	20	28	19	42	30	23
MÉDIA	21,92	19,33	77,50	27,83	20,08	28,31	22,31	59,92	29,38	22,15

TBS-Temperatura bulbo seco (°C)

TBU-Temperatura bulbo úmido(°C)

UR-Umidade relativa(%)

MAX-Temperatura máxima(°C)

MIN-Temperatura mínima(°C)