

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

**MINERAIS DE FONTES ORGÂNICAS EM DIETAS DE
LEITÕES DESMAMADOS**

MÊNDELSON HENRIQUE BALDASSA MUNIZ

Tese apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, como parte das
exigências para obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU – SP
AGOSTO - 2007

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

**MINERAIS DE FONTES ORGÂNICAS EM DIETAS DE
LEITÕES DESMAMADOS**

MÊNDELSON HENRIQUE BALDASSA MUNIZ
Zootecnista

Orientador: Prof. Ass. Dr. Dirlei Antônio Berto

Tese apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, como parte das
exigências para obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU – SP
AGOSTO - 2007

A minha mãe Aparecida Muniz e ao meu pai João Muniz Rôla (in memoriam) pela referência de vida.

Aos meus irmãos Cibele, Amarílis e Émerson pelo elo familiar.

A minha esposa Adriane e aos meus filhos Mariana, Carolina e Guilherme por serem meu incentivo de vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, ao Departamento de Produção Animal pelo oferecimento do curso de Pós-Graduação em Nutrição Animal.

Ao meu orientador Prof. Ass. Dr. Dirlei Antonio Berto por todo, ensinamento, oportunidade e exemplo oferecido durante o curso.

A empresa Tortuga Companhia Zootécnica e Agrária pelo financiamento das pesquisas e pelas matérias primas oferecidas nos experimentos.

A todos os professores dos departamentos do Curso de Zootecnia em especial ao Prof. Ass. Dr. Nabor Veiga, Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori, Prof. Ass. Dr. Antonio Celso Pezzato, a Profa. Dra. Margarida M. Barros Lima, pelo profissionalismo e incentivo.

A Solange A. Ferreira de Souza secretária do departamento pela boa conversa e serenidade nos momentos de espera.

Ao funcionário Barbosa do Departamento de Produção Animal pelo auxílio com as questões de informática

A Jane Cristina, Cíntia Fracaroli, Anália Maria Ribeiro da Silva e Lucélia Hauptli, companheiras de curso pela ajuda e incentivo.

Ao Médico veterinário Adson Adami dos Passos pela troca de experiência e encaminhamento das pesquisas.

Aos funcionários, Franco e Sérgio pela seriedade durante o trabalho.

Aos funcionários Seila e Danilo pelas orientações no departamento de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto e ao pesquisador Dr. Fábio Budiño pela preciosa contribuição nas sugestões de correção deste trabalho.

E fundamentalmente a DEUS nosso grande arquiteto, pela possibilidade de vivenciar experiências tão intensas.

ÍNDICE DE QDROS

Capítulo 2

Tabela No.		Página
1	Níveis de garantia (mg/kg) dos suplementos minerais adicionados às rações.....	31
2	Composição percentual e nutricional das rações fornecidas aos leitões durante a fase....	32
3	Valores médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso, e conversão alimentar de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas ou inorgânicas de minerais, nos períodos de 24 a 38, 24 a 50, e 24 a 57.....	33
4	Parâmetros sanguíneos de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas ou inorgânicas de.....	35
5	Concentrações de minerais no fígado, coração, baço, rim e músculo de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas ou inorgânicas de minerais.....	37

CPB

Tabela No.		Página
9	Composição percentual e nutricional das rações Pré-inicial, Iniciais I e Inicial II fornecidas aos leitões durante a fase de creche nos ensaios 1 e 2.....	50
10	Valores nutricionais das dietas fornecidas nos ensaios 1 e 2.....	51
11	Valores médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar e incidência de diarreia em leitões alimentados com fonte orgânica ou inorgânica de zinco como promotor de crescimento.....	52
12	Valores médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar e incidência de diarreia em leitões alimentados com fonte orgânica ou inorgânica de cobre como promotor de crescimento.....	56

ISTA DE FIGURAS

FIGURA No.		Página
1	Efeito dos níveis crescentes de cobre de fonte orgânica nas sobre consumo diário de ração de leitões dos 21 aos 52 dias de idade.....	57
2	Efeito dos níveis crescentes de cobre de fonte orgânica nas sobre consumo diário de ração de leitões dos 21 aos 61 dias de idade.....	58

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO 2	
MINERAIS DE FONTES ORGÂNICAS PARA LEITÕES DESMAMADOS	
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
CAPÍTULO 3	
ZINCO E COBRE DE FONTES ORGÂNICAS COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS	
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
CAPÍTULO 4	
IMPLICAÇÕES.....	67

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na natureza existem 93 elementos, dentre esses 26 podem ser considerados essenciais aos animais. Destes, 11 são denominados macro minerais como: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio. Os outros 15 são denominados micro minerais sendo: ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo, flúor, estanho, silício, vanádio e arsênio. Estas denominações estão relacionadas às quantidades exigidas pelos animais (Vieira, 2005).

Os minerais correspondem à fração das cinzas após incineração a 600°C da amostra e em sua grande maioria apresentam-se na forma de óxidos, carbonatos e sulfatos.

No organismo animal os minerais possuem três funções básicas: A primeira relacionada ao crescimento e manutenção dos tecidos corporais, como é o caso do cálcio e fósforo que participam na formação dos ossos e dentes, do sódio, potássio e cloro que preservam a integridade celular através de sua participação na manutenção da pressão osmótica nos fluídos intra e extracelular. A segunda seria a participação na regulação dos processos metabólicos como por exemplo o ferro e o cobre na síntese da hemoglobina, regulando desta forma os processos oxidativos no organismo animal, o cálcio que, além de estar diretamente ligado à osteogênese, possui funções relacionadas ao sistema nervoso, a coagulação sangüínea, a contração muscular, entre outras. A terceira função estaria relacionada à utilização da energia dentro das células por atuarem como co-fatores essenciais para a ação de enzimas, a exemplo do cálcio, fósforo, magnésio, manganês e vanádio, que estão envolvidos na síntese e na liberação de ligações de alta energia do ATP (Geogievskii, 1982).

Os microminerais são importantes na alimentação de leitões, pois participam de uma série de processos bioquímicos essenciais ao crescimento e desenvolvimento numa

fase de grandes mudanças fisiológicas e imunológicas, com reflexos no desempenho produtivo e reprodutivo.

As funções dos microminerais, de uma forma generalizada, podem ser atribuídas a ações catalisadoras em sistemas enzimáticos com grande variedade de funções (Vieira, 2005). Associam-se as proteínas para formar as metaloenzimas para melhorar as atividades catalíticas das reações metabólicas.

Os microminerais como o zinco, cobre e manganês, possuem relação com o crescimento ósseo. O zinco é um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica (0,3%) atuando no equilíbrio ácido-base e na calcificação óssea (Leeson & Summers, 2001). O tecido ósseo bem como o muscular são armazenadores de zinco, liberando-o quando este é exigido em situações como deficiência do mineral na dieta ou problemas de absorção (Emmert e Baker, 1995). Também como importante mineral na formação óssea o Cobre é o ativador da lisil oxidase, enzima que participa na síntese do colágeno (Scott et al., 1982, *Apud* Brito, 2006), enquanto o manganês possui função de ativação das enzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas, contribuindo para a formação da matriz óssea (Georgievskii, 1982).

O ferro participa da reação de síntese de importantes substâncias no organismo animal como a hemoglobina e o selênio na manutenção da integridade da membrana celular (Mcdowell, 1992).

Outro papel importante no organismo animal desempenhado por alguns minerais é a ação antioxidante. Nesse caso, fazem parte de enzimas que reagem com radicais livres e evitam danos celulares. A enzima superóxido dismutase (SOD) é possivelmente a que possui maior presença nos organismos animal e vegetal apresentando-se de duas formas : Superóxido Dismutase cobre – zinco dependente (CuZnSOD) e a Superóxido Dismutase manganês dependente (MnSOD). Outras enzimas como as catalases e a glutathione peroxidase apresentam como constituintes o ferro e o selênio, respectivamente, e junto com as superóxidos dismutases constituem as principais defesas do organismo contra oxidação (Halliwell & Gutteridge, 1989 *Apud* Kuss, 2005).

IMPACTO AMBIENTAL

O conceito de preservação dos recursos naturais está cada vez mais difundido, tendo em vista a possibilidade de escassez dos mesmos em curto espaço de tempo. Neste contexto há consenso em todos os setores da sociedade de que a suinocultura deve adotar uma postura de respeito à qualidade do meio ambiente (Konzen, 2002).

Na atividade suinícola o grande volume de dejetos produzidos é o principal problema no que se refere ao impacto ambiental. Konzen (1983) destacou que a quantidade total de dejetos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal do suíno, apresentando valores decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso vivo.

Os destinos mais comuns destes dejetos podem ser, desde a alimentação de outras espécies, principalmente peixes, transformação em adubos orgânicos, sendo então usados como fertilizantes, até a produção de gás metano (biogás) e outros tipos de energia. Estas alternativas poderiam minimizar o impacto ambiental, uma vez que, em algumas suinoculturas esse material é lançado diretamente em afluentes d'água ou no solo, podendo contaminar lençóis freáticos (Oliveira, 1993).

Segundo Seganfredo (1999) a utilização do dejetos como fertilizante é bem aceita pelos pecuaristas, por ser de fácil operacionalização na propriedade. O uso desta alternativa, no entanto, tem gerado alguns problemas de desequilíbrio de nutrientes no solo devido à alta concentração de minerais nos dejetos o que consequentemente, prejudica a nutrição das plantas.

O cobre e o zinco são os principais microminerais poluentes por ser comum o uso como aditivos nas indústrias de aves e suínos (Carlson & Pettigrew, 1999). As exigências dos suínos para esses minerais são baixas, e estão inter-relacionados com outros elementos, como ferro, cálcio e fósforo, fontes protéicas e nível de fitato encontrado nos grãos de cereais (Miller et al., 1979 *Apud* Mahan, 1990).

Segundo o NRC (1998), os níveis de cobre e zinco exigidos pelos leitões na fase pós-desmama variam de 5 a 6 ppm para cobre e de 80 a 100 ppm para zinco, porém, em algumas rações de suínos no Brasil, há inclusão de níveis entre 150 a 250 ppm e 2500 a 3000 ppm de cobre e zinco, respectivamente, atuando como promotores de crescimento. Contudo, em alguns países, a suplementação de cobre e zinco como promotores de

crescimento, já está proibida, devido ao impacto no meio ambiente. (Murphy & Lange, 2004).

Níveis mais elevados de zinco e cobre nas dietas possuem ação antimicrobiana, reduzindo a ocorrência de diarreias pós-desmame, que é uma das maiores causas de quedas nos índices de produção. A predisposição a diarreia nesta fase se dá pela baixa digestibilidade de dietas a base de grãos de cereais menos complexas (Etheridge et al. 1984). Esta situação leva à “síndrome da má absorção”, que associada às alterações no pH intestinal e ao desequilíbrio no sistema imunológico, favorece o desenvolvimento de agentes infecciosos no intestino delgado de leitões (Bertol & Brito, 1995).

O período crítico de ocorrência de diarreias é do 7º ao 14º dia pós-desmame, e, normalmente, estão associadas a cepas patogênicas de *E. coli*, apresentando quadros de colibacilose e ou doença do edema (Simionatto, 2005). Para que se estabeleçam estas patogenias a *E. coli* precisa se aderir a receptores específicos presentes nos enterócitos no intestino delgado, através de apêndices fimbriais protéicos, possibilitando a produção de toxinas específicas. Na prevenção e controle dos quadros patogênicos, normalmente são usados antimicrobianos como fontes de cobre e de zinco, produtos como probióticos e o como prática de manejo a restrição alimentar (Bertol & Brito, 1995).

Os mecanismos de ação do zinco e do cobre como agentes antimicrobianos não estão bem esclarecidos, embora alguns autores afirmem que o zinco atuaria inibindo o transporte ativo de succinato na célula de *E. coli*, ou impedindo a atividade do sistema oxidase, inibindo a atividade da cadeia respiratória da bactéria ou impedindo a sua aderência na mucosa intestinal (Arantes et al. 2005, Menin et al. 2006).

O cobre é um importante componente das metaloenzimas, incluindo as citocromo oxidases, superóxido dismutase e tirosinase (McDowell, 1992). Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito do cobre como promotor de crescimento, e vários autores têm afirmado que seu efeito seria mais amplo do que apenas agente antimicrobiano.

Dove & Haydon (1992) levantaram a possibilidade dos efeitos metabólicos que o cobre poderia exercer no organismo animal, melhorando a eficiência dos sistemas enzimáticos. Níveis de 250 ppm de cobre ou superiores a este na dieta, estimulou a produção da enzima superóxido dismutase, ocorrendo também a deposição do mineral

no cérebro e fígado. Altos níveis de cobre na dieta aumentaram a produção do hormônio do crescimento, o que poderia estimular a síntese de GHmRNA e de fatores de crescimento, melhorando o desempenho dos suínos.

Zhou et al, 1994 a,b. injetando histidinato de cobre em leitões desmamados observaram respostas semelhantes no ganho de peso e consumo de ração em relação aos animais que receberam cobre na dieta, levantando a hipótese que o cobre exerce ação sistêmica.

Altos níveis de zinco na forma de óxido (ZnO) resultam em grandes quantidades de zinco excretado nos dejetos (Hoover et al., 1997; Carlson et al., 2004), causando um grande acúmulo de zinco no solo, podendo alterar o desenvolvimento das plantas cultivadas (Jongloed & Lenis, 1998).

Dentre as alternativas para reduzir o impacto ambiental provocada pela produção suinícola, esta a adoção de estratégia nutricional como minimizar a suplementação de minerais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes (Murphy & Lange, 2004). Os minerais em excesso nas rações não são totalmente aproveitados pelo organismo do animal, sendo excretados nas fezes e urina e, conseqüentemente, acabam por poluir o ambiente. Desta forma, existe uma crescente preocupação com o poder poluente dos dejetos, de modo que, pesquisas têm sido direcionadas para a avaliação de fontes orgânicas de minerais.

Alguns estudos indicam que os minerais quelatados são mais biodisponíveis que aqueles na forma inorgânica (Spears, 1996). A adição de fontes de zinco orgânico nas rações de suínos desmamados diminuiu a excreção de zinco nas fezes, quando comparados a fontes de zinco inorgânico, como o óxido de zinco (Case & Carlson, 2002; Carlson et al., 2004). Estudos também têm sido desenvolvidos para o uso de fontes de cobre, que podem diminuir a poluição ambiental, como Cu-lysina (Zhou et al., 1994a; Apgar et al., 1995).

FONTES ORGÂNICAS DE MINERAIS

Normalmente, os elementos minerais são fornecidos aos suínos sob formas salinas inorgânicas simples ou complexas e mais recentemente, também nas formas de fontes orgânicas. No entanto, pelo fato das dietas de suínos serem suplementadas com

zinco e cobre, na maioria das vezes em quantidades superiores às aquelas recomendadas pelo NRC (Lee et al., 2001), e também pelo fato do mineral na forma inorgânica ter baixa disponibilidade (Ammerman et al., 1955), grande parte é excretada, causando, contaminação do solo.

Desta forma, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para determinar menores níveis de diferentes fontes minerais que possam ser adicionadas à ração, melhorando o desempenho e diminuindo a excreção nas fezes e na urina.

São denominados minerais orgânicos ou quelatos, compostos formados por íons metálicos seqüestrados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade (Embrapa, 2005). A palavra quelato é derivada do grego “*che’le*” que significa “*garra*” em forma de pinça, como observada na lagosta e no caranguejo (Albion Research Notes, 2001) sugerindo a conotação de que o mineral estaria “agarrado” à molécula orgânica e desse modo seriam absorvidos em conjunto.

Outra definição de quelatos seria o produto resultante do compartilhamento de elétrons entre um metal e um ligante, de modo que os minerais quelatados possuem ligantes não metálicos, sendo desta forma denominados de orgânicos (Vieira, 2005).

São chamados de doadores os átomos que podem compartilhar seus elétrons, desta forma, ligantes com apenas um átomo doador são denominados de monodentados, enquanto que aqueles ligados com dois ou mais átomos são denominados polidentados. Destes, apenas os polidentados teriam capacidade de formar quelatos devido à possibilidade de formar anéis, gerando maior estabilidade à sua estrutura (Vieira, 2005). Portanto, ligantes monodentados (ligados ao átomo metálico central por apenas um único ponto) são chamados de complexos e os ligantes polidentados (ligados ao átomo por mais de um ponto) são chamados de quelatos (Lavorenti, 2002).

Em 2001 a AAFCO (Association of American Feed Control Official) lançou uma definição para estes minerais orgânicos com algumas diferenciações entre metais complexados e quelatados, sendo:

Complexo metal aminoácido - produto resultante da complexação de um sal de metal solúvel com aminoácido (s). O conteúdo mínimo de metal deve ser declarado.

Quando utilizado em alimentos comerciais, ele deverá ser expresso especificamente como complexo metal e aminoácido.

Complexo metal com aminoácido específico - produto resultante da complexação de um sal de metal solúvel com um aminoácido específico. O conteúdo mínimo de metal deve ser declarado. Quando utilizado em alimentos comerciais, ele deve ser expresso como complexo metal e aminoácido.

Quelato metal aminoácido - produto resultante da reação de um íon metálico de um sal solúvel com aminoácidos em uma relação molar de um mol de metal para um a três (preferencialmente dois) moles de aminoácidos formando ligações coordenadas covalentes. O peso médio dos aminoácidos hidrolisados deve ser aproximadamente 150 Daltons e o peso molecular do quelato não deve exceder a 800 Daltons. O conteúdo mínimo do metal deve ser declarado. Quando utilizado em alimentos comerciais, ele deve ser expresso especificamente quelato metal aminoácido.

Complexo metal polissacarídeo - produto resultante da complexação de um sal solúvel com uma solução de polissacarídeos, declarado como um ingrediente do complexo específico.

Metal proteínado - produto resultante da quelação de um sal solúvel com aminoácidos e/ou proteína parcialmente hidrolisada. Deve ser declarado como um ingrediente metal proteínado específico.

A absorção dos minerais no organismo, pode ocorrer por difusão facilitada (passiva) ou por transporte ativo, dependendo da concentração do mineral no meio. A forma pela qual os minerais são absorvidos no trato gastrointestinal é geralmente o fator limitante para a sua utilização. Durante a digestão, os íons minerais podem se recombinar ou interagir com outros componentes da digesta, formando complexos insolúveis e assim serem excretados, reduzindo sua absorção através do intestino (Acda & Chae, 2002).

Podem também ser formado nesta interação, precipitados insolúveis pela competição de dois ou mais minerais pelo mesmo ligante, podendo ser orgânico como o ácido fítico ou inorgânico como o fosfato, levando a redução na absorção dos minerais (Cabell & Earle, 1965; Vohra et al., 1965).

Quando os animais encontram-se com suas necessidades fisiológicas atendidas em minerais, ou seja, estão em homeostase, suas concentrações nos tecidos ou fluídos variam muito pouco. Nestas condições, a forma que estes minerais são fornecidos na dieta deve influenciar pouco na disponibilidade mineral. Desse modo, nos estudos de biodisponibilidade são utilizados, preferencialmente, animais com deficiência mineral, para que as fontes estudadas restabeleçam o seu devido equilíbrio (Jondreville & Revy, 2002). Swinkels et al. (1996) comparando a suplementação de zinco nas formas Zn-quelato e ZnSO_4 , observaram que ambos foram eficientes em restabelecer os níveis do mineral no sangue e nos tecidos após severo estado de depleção mineral.

Para que os minerais sejam absorvidos, as moléculas devem ser solubilizadas no lúmen intestinal, possibilitando que os metais ionizados possam ser transportados pelas proteínas carreadoras através da membrana celular dos enterócitos. Este processo depende do pH do meio, de modo que, em pH mais ácido, aumenta a solubilização e em pH mais básico, reduz a solubilização (Ashmead, 1993a, *Apud* Vieira, 2005).

Os carreadores são moléculas protéicas diminutas e possuem ampla capacidade de quelatar cátions livres presentes na solução intestinal, sendo que esta competição poderá levar a um desequilíbrio na absorção de macro minerais, micro minerais ou de ambos (Starcher, 1969). O cobre possui afinidade por pelo menos duas proteínas de membrana que também ligam o ferro (transferrina e metalotionina) e sua ligação com estas proteínas seria parcialmente responsável pela deficiência do ferro no organismo (El Shobaki & Rummer, 1979).

Ocorre com alguns minerais após a absorção o seu retorno ao lúmen intestinal por excreção ou descamação, realimentando a competição pelos carreadores de transporte de minerais.

Um metal pode bloquear a ação enzimática de síntese de proteínas transportadoras, como é o caso do chumbo que possui efeito inibidor sobre a síntese da fração porfirina da molécula de hemoglobina, podendo o excesso de chumbo levar a anemia (Hoffbrand & Konopka, 1977 *Apud* Vieira, 2005).

O'Dell (1997) *Apud* Creech et al.(2004) relatou a possibilidade de ocorrerem interações antagônicas entre o ferro e o manganês e entre o ferro o cobre e o zinco, conseqüentemente, seriam possíveis as reduções dos níveis de zinco e cobre nas dietas

com a concomitante redução dos níveis de ferro e manganês, reduzindo a probabilidade destas interações negativas ocorrerem.

O mineral enquanto quelatado, possui forma química inerte devido a ligações iônicas e covalentes com os aminoácidos, portanto, é mais estável e menos sujeito a interações (Acda & Chae, 2002), o que significa dizer que é mais disponível ao organismo, quando comparado às formas inorgânicas. Kratzer & Vohra (1986) *Apud* Sechinato (2003), afirmaram que o mecanismo pelo qual o agente quelatante melhora a utilização do mineral depende da capacidade do ligante seqüestrar o mineral ou da sua maior habilidade em competir com outros ligantes no trato gastrointestinal. A absorção pode ocorrer de duas formas: o mineral pode ser ligado à borda em escova, sendo absorvido pela célula epitelial ou como ocorre na maioria das vezes, o agente quelatante é absorvido levando consigo o metal que a ele se ligou (Sechinato, 2003).

Ammermam et al. (1995) trabalhando com biodisponibilidade de fontes de manganês observaram que a disponibilidade relativa para o manganês metionina e manganês proteinato foram 120 e 110%, respectivamente, quando comparado com o sulfato de manganês.

Maior biodisponibilidade para fontes orgânicas de cobre foi observada por Guo et al (2001) para Cu-lysina (111%) e Cu-propionato (109%), quando comparado com o sulfato de cobre (100%).

Mahan & Kim, (1996) avaliaram duas fontes de selênio (orgânica e inorgânica) e dois níveis de suplementação (0,10 e 0,30 ppm de selenio/kg) na ração de fêmeas primíparas, não encontrando diferenças nos parâmetros reprodutivos e na atividade da glutathione peroxidase. Observaram, porém, maiores concentrações de selênio ($P < 0,01$) no leite das fêmeas que consumiram dietas com Se de fonte orgânica e no tecido lombar de leitões desmamados destas fêmeas.

Mahan et al. (1999) compararam duas fontes de selênio (orgânica e inorgânica) e diferentes níveis de suplementação desse mineral (0,05; 0,10; 0,20 e 0,30 ppm) nas rações de suínos nas fases de crescimento e terminação, não observando respostas significativas das fontes de selênio em relação aos parâmetros de desempenho; características de carcaça e na atividade da glutathione peroxidase, porém, observaram

concentrações superiores de selênio no pâncreas e no lombo quando usaram selênio de fonte orgânica.

Kim & Mahan (2001a) utilizando animais em crescimento e terminação, demonstraram que altos níveis de selênio na dieta afetam negativamente o ganho de peso e níveis acima de 5 ppm fizeram com que os animais apresentassem selenose, sendo a mais severa delas, quando a fonte inorgânica (selenito de sódio) foi utilizada. Em outro experimento utilizando fêmeas de primeira cria, Kim & Mahan (2001b) observaram que níveis de Selênio de 7 a 10 ppm na dieta por um período prolongado causa selenose nos animais, independentemente da fonte utilizada e que a fonte orgânica demonstrou quadro mais severo de intoxicação no período reprodutivo.

Coffey et al. (1994) relataram que 100 ppm de cobre do complexo Cu-lys adicionados à ração foi mais eficiente do que 100 ou 200 ppm de cobre como CuSO_4 , em relação à conversão alimentar de suínos desmamados, e também houve menor retenção de cobre no fígado.

Heugten & Spears (1997) não encontraram diferenças em desempenho e resposta imune de leitões desmamados, quando compararam fontes orgânicas e inorgânicas de cromo associadas à presença ou não de um agente estressor. Resultado semelhante foi relatado por Stansbury et al. (1990) ao adicionarem na dieta de leitões de creche ou em crescimento, CuSO_4 ou cobre orgânico quelatado. Por outro lado, Zhou et al. (1994a), comparando o CuSO_4 com o cobre complexado com lisina, observaram que os leitões que receberam Cu-lis (15 e 200 ppm de cobre) consumiram mais ração e tiveram crescimento significativamente melhor que os leitões alimentados com ração suplementada com CuSO_4 (15 e 200 ppm de cobre). Segundo Veum et al. (2004), o crescimento de suínos desmamados recebendo rações contendo 50 e 100ppm de cobre na forma de propionato foi maior que daqueles receberam 250 ppm de cobre na forma de sulfato, com aumento na absorção e retenção deste elemento, resultando em queda na excreção de 77 e 61%, respectivamente.

De acordo com Ward et al. (1997), a recomendação prática para o uso de minerais orgânicos, como promotores de crescimento na ração inicial de suínos, seria 100 ppm de cobre como cobre-lisina, em substituição ao sulfato de cobre, e 250 ppm de zinco como Zn-metionina, em substituição ao óxido de zinco.

Lee et al. (2001) relataram que as quantidades de zinco e cobre excretado nas fezes foram maiores em suínos alimentados com dietas contendo fontes inorgânicas, quando comparados àqueles que foram alimentados com rações contendo complexo metal aminoácido.

As fontes de zinco orgânico são acrescidas nas dietas dos animais em baixos níveis (40 a 80 ppm de zinco), quando estas já contêm suplementação de zinco na forma inorgânica (Heugten et al., 2003). Estes mesmos autores, trabalhando com dois tipos de zinco orgânico (Zn-met e Zn-lys), em comparação ao sulfato de zinco, não encontraram melhora no desempenho dos animais. Estudos realizados com suínos também não conseguiram demonstrar diferença na biodisponibilidade do zinco orgânico e do inorgânico (Wedekind et al., 1994; Swinkels et al., 1996; Cheng et al., 1998). Wedekind et al. (1994) avaliaram o valor relativo de biodisponibilidade (VRB) do zinco para Zn-met e Zn-lys em leitões alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja, obtendo valores entre 60 e 95 para Zn-met e entre 24 e 79 para Zn-lys.

Wedekind et al. (1992) observaram que a biodisponibilidade do zinco do complexo Zn-met aumenta, em relação ao ZnSO_4 , na presença de fatores antinutricionais na dieta, como fitato e fibra. Os autores destacaram que, quando comparados à forma inorgânica, os microminerais na forma orgânica são mais protegidos quanto à formação de complexos indigestíveis com o ácido fítico. Susaki et al. (1999) verificaram também que a disponibilidade do zinco orgânico foi maior que o zinco inorgânico em dietas com altos níveis de cálcio e cobre, sendo que, ao menos em parte, isto resultou da maior solubilidade desse complexo orgânico no íleo.

Por outro lado, Hollis et al. (2005) trabalhando com óxido de zinco e zinco metionina, relataram que nenhum nível de Zn advindo da fonte orgânica foi suficiente para melhorar ganho de peso, ingestão e eficiência alimentar ao se comparar com o grupo que recebeu óxido de zinco na dieta. Comparando-se o complexo Zn-aminoácido e ZnO , Woodworth et al. (1999) não encontraram diferença no ganho de peso, enquanto Revy et al. (2002) relataram que não houve influencia no desempenho, atividade da fosfatase alcalina, concentração de zinco no fígado ou balanço de zinco quando se comparou uma fonte orgânica (Zn-met) e uma fonte inorgânica de zinco (ZnSO_4).

Hahn & Baker (1993) observaram que altos níveis suplementares de zinco como ZnO estimulou a ingestão voluntária e o ganho de peso em leitões com idade entre 28 e 49 dias em relação ao ZnSO₄. Nos níveis promotores de crescimento de zinco, o ZnSO₄, Zn-lysina e Zn-metionina foram mais eficientes no aumento da concentração plasmática de zinco em relação ao ZnO.

Schell & Kornegay (1996) suplementando dietas de leitões pós-desmame com diferentes fontes de zinco (ZnSO₄, ZnO, Zn-lys e Zn-Met) nos níveis de 3000, 2000 e 1000 ppm de zinco, concluíram que o nível de 3000 ppm na forma de ZnO melhorou o desempenho dos animais, e à medida que o nível de zinco da dieta diminuiu, o desempenho do grupo que recebeu ZnO foi pior devido a sua baixa disponibilidade, quando comparado a outras fontes, sendo que a biodisponibilidade do ZnSO₄ foi maior, seguida de Zn-lys e Zn-met.

Ward et al. (1996) relataram que a resposta de crescimento de leitões foi semelhante entre aqueles alimentados com 250 ppm de zinco como Zn-met e os que receberam 2000 ppm de zinco como óxido de zinco. Já Cheng et al. (1998), observaram que o ZnSO₄ e Zn-lys foram igualmente eficientes não somente como promotores de crescimento, mas também na absorção de zinco e na sua concentração nos tecidos dos leitões. Mais recentemente, Lee et al. (2001) verificaram maior ganho de peso em suínos que receberam ração com 120 ppm de Zn-met em relação ao grupo controle que consumiram ração contendo ZnSO₄.

O ganho de peso de suínos alimentados com rações contendo 300 ou 450 ppm de zinco na forma de Zn-polissacarídeo (Zn-PS) foi similar àqueles que receberam dieta contendo 2000 ppm de zinco como ZnO, além disto, suínos alimentados com a dieta contendo ZnO absorveram, excretaram e retiveram maior quantidade de zinco que aqueles alimentados com níveis crescentes de Zn-PS (BUFF et al., 2005). Houve redução nas excreções da ordem de 56% para o cobre e de 57% para o zinco advindo de fonte orgânica, quando comparado com fontes inorgânicas para suínos em crescimento e terminação (Lima, 1998).

Creech et al (2004) ao comparar uma dieta controle com níveis normais de minerais inorgânicos (Zn, Cu, Fe, Mn, Se), a uma dieta com minerais inorgânicos ou quelatados, em quantidade reduzida, não encontraram diferença significativa no

desempenho de animais na fase de creche e crescimento. A concentração plasmática de Zn e atividade da fosfatase alcalina foram maiores para suínos que receberam dieta controle, mas a concentração de hemoglobina foi menor em animais alimentados com dieta contendo níveis reduzidos de minerais inorgânicos quando comparados àqueles alimentados com dieta contendo níveis reduzidos de minerais quelatados na fase de creche. A concentração fecal de cobre, zinco e manganês foram menores em animais que receberam as dietas com níveis reduzidos de minerais, quando comparado ao grupo controle, durante todo o experimento.

As principais características de um mineral quelatado seriam possuir elevada biodisponibilidade e grande capacidade de transpor a parede intestinal, atingindo a circulação; baixa toxicidade; facilidade de ligação nos locais e nas moléculas específicas onde exercem suas funções; capacidade de transpor eficientemente as barreiras placentárias, tornando-se disponível ao feto; ativar os microorganismos da microbiota intestinal, melhorando o aproveitamento dos ingredientes da dieta; liberar as moléculas orgânicas ligadas ao metal nos processos metabólicos no interior da célula; ativar e aumentar a secreção de enzimas digestivas (pancreáticas, da mucosa gástrica ou entérica); regular a absorção mais eficiente dos nutrientes da dieta (Power & Horgan, 2000; Acda & Chae, 2002).

O uso prático de minerais orgânicos dependerá das respostas de desempenho, estado de saúde e impacto ambiental (Acda & Chae, 2002). O principal objetivo do uso de minerais quelatados em substituição as formas inorgânicas, é o de melhorar o desempenho e também diminuir a excreção. Contudo, os resultados encontrados nos estudos com as fontes orgânicas e inorgânicas de minerais ainda são inconsistentes, tornando-se necessário, portanto, a realização de mais pesquisas sobre o assunto.

O Capítulo 2, denominado **FONTES DE MINERAIS ORGÂNICAS E INORGÂNICAS PARA LEITÕES DESMAMADOS**, apresenta-se de acordo com as normas editoriais da Revista *ACTA SCIENTIARUM – Animal Science*, e teve como objetivo comparar os efeitos de fontes orgânicas e inorgânicas de micro minerais (Zn, Cu, Fe, Mn e Se), sobre o desempenho, deposição tecidual e parâmetros sanguíneos de leitões desmamados.

O Capítulo 3, denominado **ZINCO E COBRE DE FONTES ORGÂNICAS E INORGÂNICAS COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS**, apresenta-se de acordo com as normas editoriais da Revista *ACTA SCIENTIARUM – Animal Science*, e teve como objetivo comparar os efeitos de fontes orgânicas e inorgânicas de micro minerais (Zn e Cu), sobre o desempenho e incidência de diarreia em leitões desmamados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACDA, S.P.; CHAE, B.J. A review on the applications of organic trace minerals in pig nutrition. **PaKistan Journal of Nutrition**, v.1, n.1, p.25-30, 2002.

ALBION RESERCH NOTES. O que é realmente um mineral aminoácido quelato?, São Paulo, v.9, n.2, abril, 2001.

AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.B.; LEWIS, A.J. **Bioavailability of Nutrients for Animals**. Academic Press, New York, p. 367-398, 1955.

APGAR, G.A.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; NOTTER, D.R. Evaluation of copper sulfate and a copper lysine complex as growth promoters for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2640-2646, 1995.

ARANTES, V.M.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; MALHEIROS, E.B.; BARROS, V.M.; PINTO, E.S.; BUDINO, F.E.L.; FRAGA, A.L.; RUIZ, U.S.; HUAYNATE, A.R. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados: Desempenho, incidência de diarreia, isolamento de *E.coli* e análise econômica. **B. Indústria Animal**, Nova Odessa, v.62, n.3, p.189-201, 2005.

ASSOCIATION OF AMERICAM FEED CONTROL OFFICIALS INCORPORATED – AAFCO. **Official guidelines for contaminant levels permitted in mineral feed ingredients**. Indiana, 2001. v.19, 352p.

BERTOL , T.A.; BRITO, B.G. Efeito de óxido de zinco x sulfato de cobre com ou sem restrição alimentar, sobre desempenho e ocorrência de diarreia em leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.2, p.279-288, 1995.

BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. Uso de minerais sob forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, julho/agosto, 2006.

BUFF, C.E.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R.; BROMMELSIEK, W.A.; VEUM, T.L. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2380-2386, 2005.

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

CARLSON, M.S.; PETTIGREW, J. Mineral emissions: Next environmental challenge for animal agriculture. **Trace Mineral Focus: Information about trace mineral nutrition from Zimpro Corporation**, Eden Praire, MN September, 1999.

CARLSON, M.S.; BOREN, C.A.; WU, C.; HUNTINGTON, C.E.; BOLLINGER, D.W.; VEUM, T.L. Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as a polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma and excretion of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1359-1366, 2004.

CASE, C.L.; CARLSON, M.S. Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1917-1924, 2002.

CHAPPUIS, P. **Les oligo-éléments en médecine et biologie**. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 1991.

CHENG, J.; KORNEGAY, E.T.; SCHELL, T.C. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulphate and zinc-lysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1064-1074, 1998.

COFFEY, R.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2880-2886, 1994.

CREECH, B.L.; SPEARS, J.W.; FLOWERS, W.L.; HILL, G.M.; LLOYD, K.E.; ARMSTRONG, T.A.; ENGLE, T.E. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2140–2147, 2004.

DOVE, C. R.; HAYDON, K. D. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.805 – 810, 1992.

EL-SHOBAKI, F.; RUMMER, W. Binding of copper to mucosal transferring and inhibition of intestinal iron absorption in rats. **Research in Experimental Medicine**. V,174, p.187-195, 1979.

EMBRAPA GADO DE CORTE. Elementos essenciais quelatados. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br>. Acesso em: 3 fev. 2005.

EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Zinc stores in chicken delay the onset of zinc deficiency symptoms. **Poultry Science**, v.74, n.6, p.1011-1021, 1995.

ETHERIDGE, R.D.; SEERLEY, R.W.; WYATT, R.D. The effect of diet on performance, digestibility, blood composition and intestinal microflora of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v.58, n.6, p.1396 – 1402, 1984.

GEORGIEVSKII, V.I. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, p.475, 1982.

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

HAHN, J.D., BAKER, D.H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. **Journal of Animal Science**, v.7, p.3020-3024, 1993.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C..**Free radicals in Biology and Medicine**. Oxford: Clarendon press, 1989. 543p.

HEUGTEN, E.; SPEARS, J.W. Immune responses and growth of stressed weanling pigs fed diets supplemented with organic or inorganic forms of chromium. **Journal of Animal Science**, v.75, p.409-416, 1997.

HEUGTEN, E.; SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B.; WARD, J.D.; QURESHI, M.A. Effects of organic forms of zinc on growth performance, tissue zinc distribution, and immune response of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2063-2071, 2003.

HOLLIS, G.R.; CARTER, S.D.; CLINE, T.R.; CRENSHAW, T.D.; CROMWELL, G.L.; HILL, G.M.; KIM, S.W.; LEWIS, A.J.; MAHAN, D.C.; MILLAR, P.S.; STEIN, H.H.; VEUM, T.L. Effects of replacing pharmacological levels of dietary zinc oxide with copper dietary levels of various organic zinc sources for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2123-2129, 2005.

HOOVER, S.L.; CARLSON, M.S.; HILL, G.M.; LINK, J.E.; WARD, T.L.; FAKLER, T.M. Evaluation of excretion and retention of zinc from inorganic and organic sources in diets fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, suppl.1, p.2009, 1997.

JONGBLOED, A.W.; LENIS, N.P. Environmental concerns about animal manure. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2641-2648, 1998.

JONDREVILLE, C. & REVY, P.S. Utilisation de sources organiques d'oligo éléments dans l'alimentation du porc. Disponível em: http://www.dsm.com/en_us/html/dnpus/an_enc_03.htm. Acesso em set. 2002.

KIM, Y.Y.; MAHAN, D.C. Effect of Dietary selenium source, level, and pig hair color on various selenium indices. **Journal of Animal Science**. v.79, p. 949-955, 2001a.

KIM, Y.Y.; MAHAN, D.C. Prolonged feeding of high dietary of organic and inorganic selenium to gilts from 25kg body weight through one parity. **Journal of Animal Science**. v. 79, p.956-966, 2001b.

KONZEN, E.A. Manejo e utilização dos dejetos de suínos. **Circular técnica**, EMBRAPA CNPSA Concórdia, n.6, 1983. 32p.

KONZEN, E.A. Manejo e utilização de dejetos de suínos. **Pork World - A revista do suinocultor**. Ano 1, n.5, março/abril, p.52-57, 2002.

KRATZER, F.H.; VOHRA, P. Chelates in nutrition. Boca Raton: CRC Press, 1986. 169p.

KUSS, F. Agentes oxidantes e antioxidantes. Bioquímica do tecido animal, seminário programa de pós-graduação de Ciências Veterinárias – UFRGS, 2005.
www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad/BTA/ag_oxid_antioxid.pdf

LAVORENTI, A. Equilíbrio dos Complexos e Quelatos. ESALQ – depto ciências exatas, 2002. Disponível em: <http://ce.esalq.usp.br/arquimedes/atividade08.pdf>. Acesso em março de 2007.

LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J.; LEE, J.K.; ACDA, S.P. Evaluation of metal-amino chelated and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v.14, p.1734-1740, 2001.

LEESON, S.A.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4^a. Edition Guelf: University Books, 2001, p.591

LIMA, G.J.M.M. Efeito da Fonte e dos níveis de cobre e zinco sobre o desempenho, composição de carcaça e excreção desses minerais nas fezes de suínos em crescimento e terminação. **Boletim informativo de pesquisa**. Concórdia: Embrapa, 19 de outubro de 1998.

MAHAN, D.C. Mineral nutrition of the sow: a review. **Journal of Animal Science**, v.68, p.573-582, 1990.

MAHAN, D.C.; KIM, Y.Y. Effect of Inorganic or Organic Selenium at Two Dietary Levels on Reproductive Performance and Tissue Selenium Concentration in First-Parity Gilts and Their Progeny. **Journal of Animal Science**. v.76, p.2711-2718, 1996.

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effects of Dietary Levels of Selenium-Enriched Yeast and Sodium Selenite as Selenium Source Fed to Growing-Finishing Pigs on Performance, Tissue Selenium, Serum Glutathione Peroxidase Activity, Carcass Characteristics, and Loin Quality. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2172-2179, 1999.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego, Califórnia: Ed Academic Press Inc., 1992. Cap.8, p.176 – 202: Copper and molybdenum.

MENIN, A.; BRANCO, G.; FERRAZ, S.; VAZ, E.K. Avaliação in vitro do papel do zinco no mecanismo de adesão da *Escherichia coli* em suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.34, n.2, p.149 – 152, 2006.

MURPHY, J.; LANGE, L. Nutritional Strategies to minimize nutrient output. In: LONDON SWINE CONFERENCE – BUILDING BLOCKS FOR THE FUTURE, 2004, p. 57-71, 1-2 April, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 20.ed. Washington: National University Press, 1998, 189p.

OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concórdia, Embrapa – CNPSA, 1993, 188p.

POWER, R.; HORGAN, K. Biological chemistry and absorptiom of inorganic and organic trace metals. **Biotechnology in the feed industry**. Nottingham University Press, Nottingham U.K.2000, p.277-291.

REVV, P.S.; JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J.Y.; GUINOTTE, F.; NYS, Y. Bioavailability of two sources of zinc in weanling pigs. **Animal Research**, v.51, p.315-326, 2002.

SCHELL, T.C.; KORNEGAY, D.H. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological level of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine or ZnSO₄. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1584-1593, 1996.

SECHINATO, S.A. **Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras**. 2003. 59f. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SEGANFREDO, M.A. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Caderno de Ciências & Tecnologia**, Brasília, v.16, n.3, p.129-141, set/dez, 1999.

SIMIONATTO, S.; VAZ, E.K.; MICHELON, A.; SEIXAS, F.K.; DELLAGOSTIN, O.A. Desenvolvimento e avaliação de novas estratégias de imunização contra colibacilose suína. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.25, n.2, p.84-90, abr./jun., 2005.

SPEARS, J.W. Optimizing mineral levels and sources for farm animals. In: KORNEGAY, E.T. **Nutrient Management of Food animals to enhance and protect the environment**. Boca Raton: CRC Press Inc., 1996. p.259–275.

STANSBURY, W.F.; TRIBBLE, L.F.; ORR, D.E. Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1318-1322, 1990.

STARCHER, B.C. Studies on the mechanism of copper absorption in the chick. **Journal of nutrition**, v.79, p. 321-326, 1969.

SUSAKI, H.; MATSUI, T.; ASHIDA, K.Y.; FUJITA, S.; NAKAJIMA, T.; YANO, H. Availability of a zinc amino acid chelate for growing pigs. **Animal Science Journal**, v.70, n.3, p.124-128, 1999.

SWINKELS, J.W.G.M.; KORNEGAY, E.T.; ZHOU, W.; LINDERMAN, M.D.; WEBB, K.E.; VERSTEGEN, M.W.A. Effectiveness of a organic amino acid chelate and zinc sulfate in restoring serum and soft tissue zinc concentrations when fed to zinc-depleted pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p. 2420-2430, 1996.

VEUM, T.L.; CARLSON, M.S.; WU, C.W.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and

reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1062-1070, 2004.

VIEIRA, S.L. Minerais Quelatados na Nutrição Animal. **Colégio Brasileiro de Nutrição Animal**, III Simpósio de Nutrição de Aves e Suínos, Cascavel – Pr, p. 153 – 172, 2005.

VOHRA, P.; GRAY, G.A.; KATZER. Phytic acid-metal complexes. **Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine**. v.120, p. 447-449, 1965.

WARD, T.L.; ASCHE, G.L.; LOUIS, G.F.; POLLMANN, D.S. Zinc-methionine improves growth performance of starter pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, suppl.1, p.182 (Abstr.), 1996.

WARD, T.L.; ASCHE, G.L.; POLLMANN, S. Organic trace minerals examined in starter diets. **Feedstuffs**, may 26, p.13-16, 1997.

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

WEDEKIND, K.J.; LEWIS, A.J.; GIESEMANN, M.A.; MILLER, P.S. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2681-2689, 1994.

WOODWORTH, J.C.; TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; SAWYER, J.T.; FAKLER, T.M. The interactive effects of zinc source and feed grade antibiotic on weanling pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v.77, suppl.1, p.177 (abstr.), 1999

ZHOU, W.; KORNEGAY, E.T.; van LAARP, H.; SWINKELSS, J.W.G.M.; WONG, E.A.; LINDEMANN, M.D. The role of feed consumption and feed efficiency in copper-stimulated growth. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2385-2394, 1994a.

ZHOU, W.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; SWINKELS, J.M.G.M.; WELTEN, M.K.; WONG, E.A. Stimulation of growth by intravenous injection of copper in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, n. 9, p. 2395 – 2403, 1994b.

CAPÍTULO 2

FONTES DE MINERAIS ORGÂNICAS E INORGÂNICAS PARA LEITÕES DESMAMADOS

RESUMO

Foram utilizados 54 leitões de genética comercial, desmamados com idade média de 24 dias e peso médio de 7,35 kg, num delineamento experimental de blocos ao acaso com dois tratamentos, nove repetições e três animais por parcela. Os tratamentos foram rações suplementadas com minerais de fontes orgânicas e inorgânicas (Cu, Zn, Fe, Mn e Se) nas fases pré- inicial, inicial I e inicial II. Foram avaliados os dados médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar nos períodos de 24 a 28, 24 a 50 e 24 a 57 dias de idade, bem como a incidência de diarreia nos primeiros 14 dias do período experimental. Após a última pesagem foi coletada uma amostra de sangue de cada animal para avaliação dos parâmetros hematológicos e em seguida os leitões foram abatidos para avaliação da deposição de minerais em tecidos e órgãos. As fontes orgânicas de minerais nas rações fornecidas dos 24 aos 57 dias de idade dos melhoraram o ganho diário de peso ($P = 0,06$), a conversão alimentar ($P = 0,05$) e aumentaram o número de hemácias ($P = 0,10$), contudo, não influenciaram a incidência de diarreia ou a deposição de minerais no músculo masseter, fígado, coração, baço e rim. Portanto, o uso de suplemento de minerais de fontes orgânicas pode ser recomendado nas rações por ter sido mais eficiente para leitões na fase de creche.

Palavras chave: micro mineral, mineral quelatado, suínos.

ORGANIC AND INORGANIC MINERAL SOURCES FOR WEANLING PIGLETS

ABSTRACT

This experiment used 54 piglets from a commercial line, which were weaned at the mean age of 24 days and mean weight of 7.35 kg, in a randomized block design having two treatments, nine replicates and three animals per replicate. The treatments consisted of rations supplemented with either organic or inorganic mineral sources (Cu, Zn, Fe, Mn and Se) during the pre-initial, initial I and initial II phases. Daily ration intake, daily weight gain and feed conversion were computed for three periods: 24-28, 24-50 and 24-57 days of age. Also diarrhea incidence during the first 14 days of the experimental period was evaluated. After the last weighing a blood sample was collected from each animal to evaluate hematological parameters, and then all piglets were slaughtered to evaluate mineral deposition in tissues and organs. The organic mineral sources fed from 24 to 57 days of age improved daily weight gain ($P = 0.06$) and feed conversion ($P = 0.05$) and also raised red blood cell count ($P = 0.10$); however, no evidence was found of any effect on diarrhea incidence or on mineral deposition in the masseter muscle, liver, heart, spleen or kidneys. Therefore, organic mineral supplements can be recommended, as they proved more effective than inorganic sources for nursery piglets.

Keywords: chelated mineral, micromineral, swine.

INTRODUÇÃO

A evolução genética e das técnicas de criação, da ambiência e da sanidade animal, aliadas aos maiores conhecimentos adquiridos na área nutricional, tem possibilitado melhores desempenhos produtivo e reprodutivo dos suínos permitindo aos nutricionistas formularem dietas cada vez mais específicas, de modo a atender as exigências dos animais em cada uma de suas fases do ciclo de produção.

Por outro lado, as variações na biodisponibilidade de minerais nas fontes utilizadas, as ações de sinergismo ou antagonismo existentes entre minerais e problemas ambientais cada vez mais crescentes com o uso desses elementos nas rações de suínos, tem alertado pesquisadores a buscarem alternativas que resultem em menor excreção pelos animais.

A formulação de dietas com níveis de micro minerais (Cu, Zn, Fe, Mn e Se) que excedem as recomendações do NRC (1998), têm sido muito utilizadas nas granjas de suínos. O excesso empregado, entretanto, acarreta maior excreção destes elementos devido ao mecanismo homeostático dos tecidos.

Dentre as alternativas para reduzir a impacto ambiental, provocada pela produção suinícola estão a adoção de estratégias nutricionais e a mais promissora delas visa dois aspectos principais: minimizar a suplementação e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes (Murphy & Lange, 2004). Os minerais em excesso nas rações não são totalmente aproveitados pelo organismo do animal, sendo excretados nas fezes e urina e, conseqüentemente, acabam por poluir o ambiente. Desta forma, existe uma crescente preocupação com o poder poluente dos dejetos, de modo que pesquisas têm sido direcionadas para a avaliação de fontes orgânicas de minerais (Revy et al. 2002).

Ao compararem uma dieta controle com níveis normais de minerais inorgânicos (Zn, Cu, Fe, Mn, Se), com dietas contendo minerais inorgânicos ou quelatados em quantidades reduzidas, Creech et al (2004) não encontraram diferença significativa no desempenho dos animais nas fases de creche e de crescimento. A concentração plasmática de zinco e a atividade da fosfatase alcalina foram maiores nos suínos que receberam a dieta controle. A concentração de hemoglobina, contudo, foi menor nos leitões na fase de creche alimentados com dieta contendo níveis reduzidos de minerais

inorgânicos comparado àqueles alimentados com dieta contendo níveis reduzidos de minerais quelatados. As concentrações fecais de cobre, zinco e manganês foram menores em animais que receberam as dietas com níveis reduzidos de minerais, quando comparado ao grupo controle, durante todo o experimento.

O objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos de fontes orgânicas e inorgânicas de micro minerais (Cu, Zn, Fe, Mn e Se) sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e deposição de minerais em tecidos e órgãos de leitões desmamados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados 54 leitões de genética comercial, desmamados com idade média de 24 dias e peso médio de $7,35 \text{ kg} \pm 0,88$. Os animais foram alojados em salas de creche, contendo gaiolas metálicas suspensas com piso ripado medindo $1,00 \times 1,75\text{m}$ (três animais/baia), equipadas com bebedouro tipo chupeta, comedouro e campânula para aquecimento.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com dois tratamentos, nove repetições e três animais por parcela. Os critérios para a formação dos blocos foram peso, sexo e a leitegada.

Os tratamentos avaliados foram rações com suplementação de fontes inorgânicas ou orgânicas de microminerais (Cu, Zn, Fe, Mn e Se). Os suplementos de microminerais foram elaborados por uma empresa comercial para fins de pesquisa, com níveis de garantia que no mínimo atendiam às recomendações nutricionais propostas pelo NRC (1998) para leitões desmamados (Tabela 1).

Adotou-se o programa de alimentação por fases: ração pré-inicial nos primeiros 14 dias; inicial I do 14^o ao 26^o dia e inicial II do 26^o ao 33^o dia do período experimental (Tabela 2). Quando os leitões apresentaram idade média entre 24 a 38 dias, 38 a 50 dias e 50 a 57 dias, respectivamente, nenhuma das rações foram suplementadas com promotores de crescimento ou antibióticos. As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais propostas pelo NRC (1998), para cada uma das fases estudadas e fornecidas à vontade.

Foram avaliados os dados médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar nos períodos de 0-14, 0-26 e 0-33 dias pós-desmame, bem como a incidência de diarreia nos primeiros 14 dias do período experimental. A ocorrência de diarreia nos leitões foi avaliada diariamente por um único observador pela manhã, considerando como diarreia quando visualmente as fezes apresentavam consistência fluída.

Após a última pesagem foi coletada uma amostra de sangue de cada animal para avaliação dos parâmetros hematológicos. Nove animais de cada tratamento foram abatidos após terem sido definidos por sorteio em cada um dos blocos (um por baia),

para coleta de amostras de tecidos e órgãos para avaliação das concentrações de Fe, Mn, Zn e Cu no fígado, coração, baço, rim e músculo (Masseter).

A colheita de sangue foi realizada na veia cava com auxílio de seringas (5ml) e agulhas 10 x 30, sendo o volume coletado (5 ml) imediatamente misturado com anticoagulante (heparina sódica 14,3 UI/ml).

A porcentagem de hematócrito (Htc) foi determinada pelo método do microhematócrito, segundo Goldenfarb et al. (1971). Posteriormente a essas análises, foram calculados os índices hematimétricos, volume corpuscular médio $VCM = [(Htc/eritrócitos) \times 10]$, Hemoglobina corpuscular média $HCM = [(hemoglobina \times 10)/eritrócito]$ e concentração de hemoglobina corpuscular média $CHCM = [(HB/Htc) \times 100]$ (Feldman, 2000).

As contagens do número de eritrócitos e leucócitos foram realizadas pelo método do hemotocitômetro em câmara de Neubauer, utilizando como diluente a solução azul de toluidina a 0,01% em pipeta de Thoma. A taxa de hemoglobina (hb) foi determinada pelo método da cianometahemoglobina utilizando-se o kit comercial Analisa Dignóstica[®], para determinação colorimétrica, segundo Collier (1994). A contagem de plaquetas foi realizada segundo metodologia proposta por Embert & Coles, (1984).

As concentrações de microminerais nos tecidos e órgãos foram determinadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama, utilizando aparelho VARIAN – Atomic Absorption Spectrophotometer.

Os dados de desempenho e hematológicos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o auxílio do procedimento GLM do programa SAS (1998), sendo as médias comparadas pelo teste F.

Os resultados referentes à concentração de minerais foram analisadas por meio do procedimento MIXED do SAS (2003), após prévia transformação logarítmica. O modelo inclui os efeitos fixos de tratamento, tecido e interação tratamento x tecido; e os efeitos aleatórios de bloco, interação bloco x tratamento e resíduo. As médias estimadas e seus erros-padrão foram revertidos à escala original.

Tabela 1. Níveis de garantia (mg/kg) dos suplementos minerais adicionados às rações*. *Requirement levels (mg/kg) of mineral supplements added to rations**

Mineral	Suplemento inorgânico	Suplemento orgânico
Zn	16.000 (sulfato de Zn) <i>Zn sulfate</i>	16.000 (carboquelato de Zn) <i>Zn organic</i>
Cu	1.000 (sulfato de Cu monohidratado) <i>monohydrated Zn sulfate</i>	1.0 (carboquelato de Cu) <i>Cu organic</i>
Mn	4.000 (sulfato de Mn) <i>Mn sulfate</i>	4.000 (carboquelato de Mn) <i>Mn organic</i>
I	28 (iodato de Ca) <i>Ca iodate</i>	28 (iodato de Ca) <i>Ca iodate</i>
Se	500 (selenito de Na) <i>Na selenite</i>	50 (carboquelato de Se) <i>Se organic</i>
Fe	16.000 (sulfato de Fe) <i>Fé sulfate</i>	16.000 (carboquelato de Fe) <i>Fé organic</i>

* Níveis de suplementação (mg/kg de ração): Zn - 80,00; Cu - 5,00; Mn - 20,00; I - 0,14; Se - 0,25; Fe - 80,00. *Supplement levels (mg/kg of ration): Zn – 80,00; Cu – 5,00; Mn – 20,00; i – 0,14; Se – 0,25; Fé – 80,00.*

Tabela 2. Composição percentual e nutricional das rações fornecidas aos leitões durante a fase de creche. *Diets nutritional composition supplied during nursery phase.*

Ingredientes (%) <i>Ingredients</i>	Pré-inicial	Inicial I	Inicial II
	(0-14 dias)	(14-26 dias)	(26-33dias)
Milho <i>Corn</i>	51,300	61,320	67,450
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	27,000	28,680	27,210
Soja extrusada <i>Extruded soybean</i>	4,320	0,250	0,000
Soro leite <i>Whey</i>	8,180	4,110	0,000
Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	3,000	0,000	0,000
Células sanguíneas <i>Blood cels</i>	0,450	0,090	0,330
Levedura seca <i>Dry yeast</i>	0,750	0,630	0,450
Açúcar <i>Sugar</i>	1,460	0,850	0,000
Calcário <i>Limestone</i>	1,230	1,110	1,610
Fosfato bicalcico <i>Dicalcium phosfate</i>	0,910	1,410	1,350
Edulcorante ¹ <i>Sweetness</i>	0,015	0,015	0,015
BHT <i>BHT</i>	0,015	0,015	0,015
Sal <i>Common salt</i>	0,280	0,430	0,570
L-lisina- HCl <i>L-lisyne HCl</i>	0,150	0,190	0,130
DL-metionina <i>DL-metionine</i>	0,050	0,050	0,040
L-treonina <i>L-treonine</i>	0,070	0,050	0,030
L-triptofano <i>L-tryptophane</i>	0,020	0,000	0,000
Suplemento Mineral ² <i>Premix mineral</i>	0,500	0,500	0,500
Suplemento Vitamínico ³ <i>Premix vitaminic</i>	0,300	0,300	0,300
TOTAL <i>Total</i>	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados <i>Calculated values</i>			
Energia Metabolizavel (kcal/kg)	3291	3252	3166
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	21,82	18,78	18,93
Lisina total (%) <i>Total lysine</i>	1,39	1,15	1,11
Metionina total (%) <i>Total metionine</i>	0,39	0,32	0,31
Treonina total (%) <i>Total treonine</i>	0,92	0,76	0,74
Triptofano Total (%) <i>Total triptophan</i>	0,27	0,22	0,22
Calcio (%) <i>Calcium</i>	0,99	0,82	0,72
P disp. (%) <i>available phosphorus</i>	0,43	0,37	0,35

¹ Sucran, produto comercial da Metachen. *Metachen comercial product.*

²Suplemento contendo fontes orgânicas ou inorgânicas de minerais, suprindo as seguintes quantidades/kg de ração: 5 mg de cobre; 80 mg de zinco; 80 mg de ferro; 20 mg de manganês , 0,25 mg de selênio e 0,14mg de I. *Supplement comprising organic and inorganic sources of minerals, supplying the following amount/kg of diet: 5mg of Cu; 80mg of Zn; 80mg of Fé; 20mg of Mn; 0,25mg of Se and 0,14mg of I.*

³Suplemento vitamínico suprindo as seguintes quantidades/kg de ração: 6.000 UI vit. A; 1.320UI vit D3; 12 mg vit. E; 1,47 mg vit. K3; 0,9 mg vit. B1; 3 mg vit. B2; 1,8 mg vit. B6; 12 mcg vit. B12; 0,3 mg ác. fólico; 9,3mg ác. pantotênico; 18 mg niacina; 0,09mg biotina; 240 mg de colina. *Vitamin premix provided per kg of diet: 6.000UI vit. A; 1.320UI vit D3; 12mg vit.K3; 0,9mg vit B1; 3mg vit B2; 1,8mg vit B6; 12mcg vit B12; 0,3mg folic acid; 9,3mg panthotenic acid; 18mg niacin; 0,09mg biotin; 240mg cholin.*

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar dos leitões, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas (Or) ou inorgânicas (In) de minerais, nos períodos de 24 a 38, 24 a 50 e 24 a 57 dias de idade. *Average values of daily feed intake (CDR), daily weight gain (GDP) and feed conversion (CA) of piglets fed diets comprising organic or inorganic source of mineral, from 24 to 28, 24 to 50 and 24 to 57 days of age.*

Idade Age	Variáveis Variables	Fonte Source		E. P. ³ SEM
		Orgânico Organic	Inorgânico Inorganic	
(24 – 38) dias	CDR (g) ¹	485 ^a	485 ^a	9
	GDP (g) ¹	363 ^a	351 ^a	5
	CA ¹	1,36 ^a	1,38 ^a	0,02
(24 – 50) dias	CDR (g) ¹	747 ^a	734 ^a	14
	GDP (g) ¹	461 ^a	444 ^a	10
	CA ¹	1,62 ^a	1,68 ^a	0,02
(24 – 57) dias	CDR (g) ¹	871 ^a	845 ^a	17
	GDP (g) ¹	503 ^b	474 ^a	10
	CA ²	1,73 ^b	1,79 ^a	0,01

¹ Letras distintas na linha, diferem entre si (p=0,06); ² Letras distintas na linha, diferem entre si (p=0,05).

³ Erro padrão das médias *Different letter in the same line differ among themselves (P=0.06)*. *Different letter in the same line differ among themselves (P=0.05)*. ³ Standard error of means.

Nos períodos de 24 a 38 e de 24 a 50 dias de idade os resultados de desempenho não diferiram com o uso das fontes orgânicas ou inorgânicas de minerais. As duas primeiras semanas pós-desmame são consideradas críticas em virtude do estresse ao desmame e das limitações fisiológicas e imunológicas dos leitões, o que predispõem a uma queda no desempenho e aparecimento de diarreias (Bertol, 1997) não foi verificada, contudo, incidência de diarreia nos animais, provavelmente devido ao baixo nível de contaminação ambiental, pois as instalações antes do início do experimento foram limpas, desinfetadas e passaram por um período de vazio sanitário prolongado, aliado a um adequado peso no desmame aos 24 dias de idade.

No período acumulado de 24 a 57 dias de idade, o ganho diário de peso ($P=0,06$) e a conversão alimentar ($P=0,05$) foram melhores para os animais alimentados com rações contendo minerais de fontes orgânicas, evidenciando uma tendência demonstrada nos períodos de 24 a 38 dias e de 24 a 50 dias de idade.

Vários trabalhos foram realizados comparando fontes inorgânicas e orgânicas de um único mineral em níveis nutricionais para suínos, especialmente zinco (Cheng et al, 1998; Revy et al., 2002; Heugten et al, 2003), manganês (Kats et al., 1994) e selênio (Mahan e Kin, 1996; Mahan et al., 1999), não demonstrando diferenças nos parâmetros de desempenho dos animais, condição distinta do presente experimento em que, com exceção do iodo, os demais microminerais presentes nos suplementos eram oriundos de fontes orgânicas ou inorgânicas.

Contudo, Creech et al. (2004) ao compararem uma dieta controle com níveis normais de minerais inorgânicos (Zn, Cu, Fe, Mn, Se), a dietas com minerais inorgânicos ou quelatados, em quantidades reduzidas, não encontraram diferenças significativas no desempenho dos animais nas fases de creche e de crescimento.

Lee et al. (2001) compararam fontes inorgânicas de cobre (CuSO_4) e Zn (ZnSO_4), com fontes orgânicas (cobre e zinco complexo aminoácido e cobre e zinco quelato aminoácido) em rações de leitões. Não verificaram diferenças significativas no consumo de ração e ganho de peso no período de 24 a 38 dias de idade, entretanto, a conversão alimentar foi melhor ($P=0,05$) nos animais que receberam 170 ppm de cobre e 120 ppm de zinco nas formas de quelatos ou complexos. No período total do experimento os leitões alimentados com rações contendo 170 de cobre e 120 ppm de zinco como quelato ou complexo aminoácido ou 85 e 60 ppm de cobre e de zinco, como complexo aminoácido, apresentaram melhor conversão alimentar, concluindo que os minerais de fontes orgânicas podem ser usados em níveis de 85 ppm de cobre e 60 ppm de zinco com resultados de desempenho semelhante àqueles que receberam rações com 170ppm de cobre e 120 ppm de zinco na forma de sulfato.

Os erros padrões mais elevados das variáveis, consumo diário de ração e ganho diário de peso verificados nos períodos acumulados de 24 a 50 dias e de 24 a 57 dias de idade, em relação aos primeiros 14 dias do experimento, contrariando o esperado, sugere uma provável condição de estresse que os animais tenham passado. Ao longo do

experimento, contudo, as diferenças numéricas no ganho de peso e na conversão alimentar foram se acentuando e evidenciando-se mais favoráveis para os animais alimentados com a combinação de fontes orgânicas de microminerais, indicando que a associação de fontes orgânicas promove melhores condições para os leitões superarem eventuais desafios ambientais.

Os resultados dos parâmetros sanguíneos dos leitões são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas ou inorgânicas de minerais*. *Blood parameters of piglets fed rations with organic or inorganic source of minerals.*

Parâmetro <i>Parameter</i>	Fontes <i>Source</i>		EP ¹ <i>SEM</i>
	Orgânicas <i>Organics</i>	Inorgânicas <i>Inorganics</i>	
Hematócrito (%) <i>Haematocrit (%)</i>	36,91 ^a	36,00 ^a	0,54
Hemoglobina (g/100ml) <i>Haemoglobin (g/100ml)</i>	11,60 ^a	11,40 ^a	0,16
Eritrócitos (10 ⁶ /mm ³) <i>Eritrocit (10⁶/mm³)</i>	6,70 ^a	6,51 ^b	0,07
Leucócitos (10 ³ /mm ³) <i>Leucocit (10³/mm³)</i>	13,24 ^a	13,21 ^a	0,82
Plaquetas (10 ³ /mm ³) <i>Plachets</i>	395,82 ^a	381,64 ^a	28,35
H.C.M. ² (pg) <i>MHC</i>	17,43 ^a	17,52 ^a	0,21
V.C.M. ³ (μ3) <i>MVC</i>	55,30 ^a	55,30 ^a	0,66
C.H.C.M. ⁴ (%) <i>MCHC</i>	31,44 ^a	31,69 ^a	0,10

Médias seguidas de letras distintas na linha, diferem estatisticamente entre si (p=0,10). ¹ Erro padrão das médias. ² Hemoglobina corpuscular média. ³ Volume corpuscular médio. ⁴ Concentração hemoglobina corpuscular média. *Average followed by different letters in the same line differ among themselves (p=0,10). ¹ Standard error of means. ² Mean of haemoglobin corpuscle. ³ Mean volum corpuscle. ⁴ Mean of corpuscle haemoglobin concentration*

Animais suplementados com fontes orgânicas de minerais apresentaram maior número de eritrócitos (p=0,10), sendo que para os demais parâmetros não mostraram diferenças estatísticas entre os tratamentos. Independente do tratamento, os valores dos parâmetros sanguíneos determinados encontram-se dentro da faixa de normalidade para leitões, segundo Feldman et al. (2000).

Os eritrócitos são importantes constituintes sangüíneos e uma de suas principais funções é a participação no transporte de o oxigênio e dióxido de carbono. O oxigênio é importante nos processos de oxidação e produção de energia possam ocorrer de maneira eficiente nos tecidos. A hemoglobina é o principal constituinte dos eritrócitos, e apesar do resultado isolado da hemoglobina não ter sido estatisticamente diferente, foi numericamente inferior para os animais alimentados com as dietas com fontes de minerais inorgânicos, o que sugere maior utilização dos minerais de fontes orgânicas, especialmente do ferro e do cobre que participam diretamente na constituição e na síntese de hemoglobina.

Rupic et al. (1998) relataram que fonte inorgânica de zinco elevou alguns dos parâmetros sanguíneos, como eritrócitos, hemoglobina e volume de plaquetas, enquanto que o zinco orgânico elevou o volume corpuscular médio (VCM). Estes resultados sugerem diferentes rotas metabólicas que as fontes orgânicas e inorgânicas de minerais podem seguir no organismo animal.

Larsen e Tollersrud (1981), trabalhando com suínos alimentados com dietas suplementadas com vitamina E com ou sem selênio, comparadas a dietas deficientes nesses elementos, verificaram grande variação nos resultados, entretanto, as suplementações tanto da vitamina E quanto do Se aumentaram a produção de linfócitos.

As concentrações de minerais avaliada no tecido muscular e nos órgãos dos leitões são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Concentrações de minerais no fígado, coração, baço, rim e músculo de leitões alimentados com rações contendo fontes orgânicas ou inorgânicas de minerais. *Concentrations of minerals in the liver, heart, spleen, kidneys and muscle of piglets on diet with organic or inorganic source of minerals.*

Tecido/órgão <i>Tissue/organ</i>	Fonte <i>source</i>	Ferro <i>Iron</i> (ppm)	Manganês <i>Manganese</i> (ppm)	Zinco <i>Zinc</i> (ppm)	Cobre <i>Copper</i> (ppm)
Fígado <i>Liver</i>	Orgânico <i>organic</i>	214,22 ^a	6,44 ^a	68,44 ^a	7,00 ^a
	Inorgânico <i>inorganic</i>	252,00 ^a	6,44 ^a	71,11 ^a	7,22 ^a
Coração <i>Heart</i>	Orgânico <i>organic</i>	83,11 ^a	3,33 ^a	18,22 ^a	2,89 ^a
	Inorgânico <i>Inorganic</i>	90,67 ^a	2,89 ^a	18,22 ^a	3,00 ^a
Baço <i>Spleen</i>	Orgânico <i>organic</i>	323,56 ^a	3,33 ^a	25,11 ^a	1,22 ^a
	Inorgânico <i>inorganic</i>	405,33 ^a	4,00 ^a	26,89 ^a	1,11 ^a
Rim <i>Kidney</i>	Orgânico <i>organic</i>	99,56 ^a	4,22 ^a	31,78 ^a	10,89 ^a
	Inorgânico <i>inorganic</i>	114,67 ^a	4,89 ^a	32,22 ^a	11,44 ^a
Masseter <i>Masseter</i>	Orgânico <i>organic</i>	44,89 ^a	3,56 ^a	23,78 ^a	1,44 ^a
	Inorgânico <i>inorganic</i>	46,67 ^a	3,33 ^a	23,56 ^a	1,22 ^a
EP ¹ SEM		1,09	1,13	1,05	1,13

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para um mesmo tecido ou órgão, não diferem entre si ($P > 0,10$).

¹ Erro padrão das médias. . *Average followed by same letters in the same line not differ among themselves ($p > 0,10$).*¹
Standard error of means.

Não houve efeito ($P=0,10$) das fontes suplementares de microminerais, sobre as concentrações de minerais nos tecidos e órgãos dos leitões. Os teores analisados de ferro e zinco no fígado, cobre e zinco no coração e zinco no baço e rim, foram semelhantes aos determinados por Luo & Dove (1996) quando por kg de ração: 15mg de cobre, 150mg de ferro, 200mg de zinco, 10mg de manganês, 0,15 mg de iodo e 0,3 mg de selênio. Valores maiores de deposição de cobre no fígado e baço e de ferro no fígado de leitões após o desmame, foram verificados por Berto et al (1997), entretanto, o suplemento usado garantia níveis superiores de cobre (80ppm) e de ferro (300ppm) na ração.

Ao compararem duas fontes de zinco em diferentes níveis na ração de leitões desmamados, Revy et al. (2002) verificaram que a concentração plasmática do mineral elevou com o aumento do nível de inclusão. A deposição no osso e fígado somente foi maior quando incluído em níveis de 20 ou 30 ppm, sendo que a fonte não influenciou a concentração de zinco nos tecidos. Aumento nos teores de zinco no metacarpo e nas vértebras coccígeas de suínos também foi relatado por Wedikind et al. (1994), com a suplementação dietética de zinco ($ZnSO_4$) até 45 a 50 ppm, níveis menores que o usado no presente experimento. Por outro lado, Case e Carlson, (2002) observaram aumento nos teores de zinco no fígado e nos rins de suínos alimentados com ração contendo 3000 ppm de zinco como óxido de zinco, porém, o mesmo não ocorreu com a adição de 500 ppm.

Estudos comparando fontes orgânicas e inorgânicas, com níveis de cobre variando de 25 a 200 ppm, demonstrou maior absorção e retenção de cobre em leitões alimentados com fonte orgânica (Coffey et al., 1994; Veum et al., 2004) e o menor nível estudado no experimento, foi superior ao obtido no presente trabalho.

Os resultados das pesquisas sobre deposição mineral nos tecidos e órgãos de suínos são bastante variáveis e relacionados com a natureza das fontes utilizadas, composição em matérias primas e com os níveis de inclusão de minerais nas rações. Os microminerais foram adicionados nas rações em níveis nutricionais recomendados pelo NRC (1998) para leitões de 10 a 20kg, a exceção do manganês, o que contribuiu para a semelhança de resultados entre as fontes estudadas.

CONCLUSÕES

O suplemento de minerais na forma de quelatos pode ser recomendado nas rações por ter sido mais eficiente para leitões na fase de creche, com reflexos positivos nos parâmetros de desempenho e hematológicos, sem alterar a taxa de deposição nos tecidos e órgãos e incidência de diarreia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTO, A.B.; CURI, P.R.; WATANABE, L.G. Efeitos da adição de cobre e zinco nas rações sobre a deposição de minerais no fígado, baço e rins de leitões. REUNIÃO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.75-77

BERTOL, T.M. Alimentação dos Leitões no Aleitamento e Creche. Suinocultura Intensiva para Técnicos de Nível Médio. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Suínos e Aves**, p. 93 –106, 27 e 28/08, 1997.

CASE, C.L.; CARLSON, M.S.. Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1917 – 1924, 2002.

CHENG, J.; KORNEGAY, E.T.; SCHELL, T.C. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc form zinc sulphate and zinc-lysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1064-1074, 1998.

COFFEY, R.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2880-2886, 1994.

COLES, E.H. **Patologia Clínica Veterinária**, 3ª. Edição, Editora Manole, p.566.

COLLIER, H.B. The standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, Vancouver, v.50, p.550-552, 1994.

CREECH, B.L.; SPEARS, J.W.; FLOWERS, W.L.; HILL, G.M.; LLOYD, K.E.; ARMSTRONG, T.A.; ENGLE, T.E. Effect of dietary trace mineral concentration and source (inorganic vs. chelated) on performance, mineral status, and fecal mineral excretion in pigs from weaning through finishing. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2140–2147, 2004.

FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N. **Schalman's Veterinary Hematology**, 5a. ed., 2000, p.1344.

FERREIRA, J.M.N. **Patologia Clínica Veterinária**. Belo Horizonte: Raleco e Brasil, 1977, 293p.

GOLDENFARB, P.B., BOWYER, F.P., HALL, E. et al. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, New York, v.56, p.35-39, 1971.

HEUGTEN, E.; SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B.; WARD, J.D.; QURESHI, M.A. Effects of organic forms of zinc on growth performance, tissue zinc distribution, and immune response of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2063-2071, 2003.

KATS, L.J.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; FRIESSEN, K.G.; OWEN, K.Q.; RICHERT, B.T.; DRITZ, S.S. Effect of chelated manganese on growth performance and carcass of finishing pigs. **Kansas Swine Day**, 165. Garden City, KS, 1994.

LARSEN, J.; TOLLERSRUD, S. Effect of dietary Vitamin E and selenium on the phytohaemagglutinin response of pig Lymphocytes. **Research in Veterinary Science**, v.31, p.301-305, 1981.

LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J.; LEE, J.K.; ACDA, S.P. Evaluation of metal-amino chelated and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v.14, p.1734-1740, 2001.

LUO, G. X.; DOVE, C. R. Effect of dietary copper and fat on nutrient utilization, digestive enzyme activities, and tissue mineral levels in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p 1888-1896, 1996.

MAHAN, D.C.; KIM, Y.Y. Effect of Inorganic or Organic Selenium at Two Dietary Levels on Reproductive Performance and Tissue Selenium Concentration in First-Parity Gilts and Their Progeny. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2711-2718, 1996.

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effects of Dietary Levels of Selenium-Enriched Yeast and Sodium Selenite as Sources Fed to Growing-Finishing Pigs on Performance, Tissue Selenium, Serum Glutathione Peroxidase Activity, Carcass Characteristics, and Loin Quality. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2172-2179, 1999.

MURPHY, J.; LANGE, L. Nutritional Strategies to minimize nutrient output. In: **LONDON SWINE CONFERENCE – BUILDING BLOCKS FOR THE FUTURE**, 2004, p. 57-71, 1-2 April, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of swine**. 10ed. Washington: National Academic Press, 1998. 189p.

REVVY, P.S.; JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J.Y.; GUINOTTE, F.; NYS, Y. Bioavailability of two sources of zinc in weanling pigs. **Animal Research**, v.51, p.315-326, 2002.

RUPIC, V.; IVANDIJA, L.; LUTEROTTI, S.; DOMINIS-KRAMARIC, M.; BOZAC, R. Plasma proteins and haematological parameters in fattening pigs fed different sources of dietary zinc. **Acta Veterinaria Hungarica**, v.46, p.111-123, 1998.

SAS Institute Inc., SAS/STAT. **User's guide**, version 6.11, 4.ed., v. 2. Cary: Sas Institute Inc., 2003.

VEUM, T.L.; CARLSON, M.S.; WU, C.W.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1062-1070, 2004.

WEDEKIND, K.J.; LEWIS, A.J.; GIESEMANN, M.A.; MILLER, P.S. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**. v. 72, p. 2681-2689, 1994.

CAPÍTULO 3

ZINCO E COBRE DE FONTES ORGÂNICAS E INORGÂNICAS COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO PARA LEITÕES DESMAMADOS

RESUMO

Foram conduzidos dois ensaios experimentais para avaliar diferentes níveis de zinco e cobre de fontes orgânicas e inorgânicas. Em cada ensaio foram utilizados 90 leitões machos e fêmeas de genética comercial, desmamados com idade média de 21 dias, num delineamento experimental de blocos ao acaso com 6 repetições e 3 animais por parcela. Todas as rações do ensaio 1 e 2 foram suplementadas com 80 ppm de zinco e 10 ppm de cobre na forma de sulfato respectivamente. Os tratamentos do ensaio 1 foram: rações com níveis de 0, 300, 600 e 900 ppm de zinco na forma orgânica ou 2400 ppm de zinco como ZnO. Os tratamentos do ensaio 2 foram: rações com níveis de 0, 50, 100 e 150 ppm de cobre na forma orgânica ou 240 ppm de cobre como CuSO₄ H₂O. . Foram avaliados o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e incidência de diarreia (ID). Observou-se efeito linear dos níveis crescentes de zinco de fonte orgânica no CDR (P= 0.01) e GDP (P= 0.01) para o período de 21 aos 36 dias, no CDR (P=0.01) e GDP (P=0.05) de 21 aos 42 dias e no CDR (P=0.07) de 21 aos 56 dias de idade. O GDP de 21 a 56 dias, CDR e GDP de 21 a 63 dias de idade, dos animais que receberam rações com 900 ppm de zinco de fonte orgânica não foram diferentes dos leitões alimentados com rações contendo 2400 ppm de zinco como ZnO. A menor ID ocorreu no tratamento com 2400 ppm de Zn inorgânico. O cobre na forma orgânica ou no nível de 240 ppm nas rações na forma de sulfato aumentaram (P=0,05) o CDR e o GDP dos animais. Observou-se efeito quadrático dos níveis de cobre de fonte orgânica no CDR (P=0,05) nos períodos 21 a 52 e 21 a 61 dias de idade. O maior nível de zinco de fonte orgânica não diminuiu a incidência de diarreia, enquanto 50 ppm de cobre na forma orgânica demonstrou ser suficiente para promover melhora no desempenho de leitões.

Palavras Chave: minerais quelatados, desempenho, diarreia.

ORGANIC AND INORGANIC SOURCE OF ZINC AND COOPER SUCH GROWTH PROMOTER FOR WEANLING PIGLETS

ABSTRACT

Two assays were conducted to evaluate the effect of different levels of zinc and copper from organic and inorganic sources. Each assay used 90 male and female piglets from a commercial line, with mean weaning age of 21 days, in a randomized block design having six replicates and three animals per replicate. All rations in assays 1 and 2 were supplemented with either 80 ppm zinc or 10 ppm copper, respectively, as sulfate. The treatments in assay 1 consisted of additional supplementation with either 0, 300, 600 or 900 ppm zinc in organic form or 2,400 ppm zinc as ZnO. The treatments in assay 2 consisted of additional supplementation with 0, 50, 100 or 150 ppm copper in organic form or 240 ppm copper as CuSO₄ H₂O. The daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG), feed conversion (FC) and diarrhea incidence (DI) were evaluated. A linear effect of organic zinc was observed for DFI (P= 0.01) and DWG (P= 0.01), from 21 to 36 days of age; for DFI (P=0.01) and DWG (P=0.05), from 21 to 42 days; and for DFI (P=0.07), from 21 to 56 days. No difference was observed between 900 ppm zinc in organic form and 2,400 ppm Zn as ZnO, for DWG from 21 to 56 days and for DFI and DWG from 21 to 63 days de idade. The lowest DI occurred in the animals fed 2,400 ppm inorganic zinc. Addition of copper in organic form or at the 240 ppm level in sulfate form increased (P=0.05) DFI and DWG. A quadratic effect P=0,05) of organic copper was observed for DFI from 21to 52 days and from 21 to 61 days. The highest level of organic zinc did not reduce DI, whereas 50 ppm of organic copper proved sufficient for improving piglet performance.

Keywords: chelated minerals, diarrhea, performance.

INTRODUÇÃO

O desmame de leitões em condições comerciais no Brasil é feito, em média, aos 21 dias de idade, período no qual suas funções fisiológicas ainda não estão adequadamente desenvolvidas, apresentando produção insuficiente de ácido clorídrico e enzimas para digestão dos componentes presentes nas rações. O período entre o sétimo e o décimo quarto dia pós-desmame é o mais crítico, pois além do comprometimento no desempenho é comum o surgimento de diarreias.

O emprego do zinco inorgânico na forma de óxido tem sido muito difundido na suinocultura como promotor de crescimento, devido ao baixo custo e eficiência no controle de diarreia pós-desmame (Poulsen, 1995). A exigência nutricional de zinco para leitões é de 80 a 100 ppm (NRC, 1998) e os níveis normalmente utilizados como promotor de crescimento são elevados, variando de 2000 a 3000 ppm (Hahn & Baker, 1993; Carlson et al, 1999; Hill et al, 2001; Case & Carlson, 2002; Carlson et al, 2004; Hollis et al, 2005; Buff et al, 2005).

O cobre também é adicionado em rações de suínos como agente promotor de crescimento, especialmente na forma de sulfato, em particular de leitões recém-desmamados (Dove & Hydon, 1992; Coffey et al., 1994; Smith et al., 1997; Veum et al., 2004) em níveis que variam de 100 a 250 ppm, sendo que a recomendação nutricional é de 5 a 6 ppm (NRC, 1998)

Nos últimos anos, a preocupação com o impacto ambiental decorrente do excesso de minerais depositados no solo, advindos dos dejetos animais, tem sido comum entre os pesquisadores. A utilização dos minerais nas formas orgânicas tem sido uma opção na substituição das formas inorgânicas, diminuindo a eliminação no meio ambiente, devido a maior biodisponibilidade (Hahn & Baker, 1993).

Pesquisas referentes a este assunto têm mostrado grande variação nos resultados. Lee et al. (2001) verificaram maior ganho de peso em suínos alimentados com ração contendo 120 ppm de zinco na forma de metionina, em relação àqueles que receberam a mesma suplementação de zinco na forma de sulfato na ração.

O ganho de peso de leitões alimentados com rações contendo 300 ou 450 ppm de Zn de fonte orgânica (Zn-polissacarídeo) foi similar ao daqueles alimentados com dieta contendo 2000 ppm de Zn como ZnO, além disso, os animais que receberam ZnO absorveram e excretaram maior quantidade de Zn que aqueles alimentados com níveis crescentes de Zn-polissacarídeo (Buff et al., 2005).

Veum et al. (2004) demonstraram que leitões alimentados com dietas contendo 50 ou 100 ppm de Cu de fonte orgânica (Cu-proteinado) apresentaram consumo de ração e ganho diário de peso superiores, além de apresentarem maior absorção e retenção de Cu, quando comparados aos leitões alimentados com dietas contendo 250 ppm de Cu na forma de sulfato.

De acordo com Ward et al. (1997), a recomendação prática para o uso de minerais de fontes orgânicas, como promotores de crescimento na ração inicial de suínos, seria de 100 ppm de cobre como cobre-lysina em substituição ao sulfato de cobre e de 250 ppm de zinco como zinco-metionina, em substituição ao óxido de zinco

Deste modo, objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos de níveis crescentes de zinco ou cobre de fontes orgânicas nas rações, comparados às fontes inorgânicas, sobre o desempenho e incidência de diarreia em leitões desmamados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois ensaios experimentais na Universidade Estadual Paulista, nas instalações de creche do Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu.

Em cada ensaio, foram utilizados 90 leitões de genética comercial (machos castrados e fêmeas), desmamados com idade média de 21 dias e com pesos iniciais médios de $5,36 \text{ kg} \pm 0,34$ e $5,68 \text{ kg} \pm 0,31$ nos ensaios I e II, respectivamente. Os leitões foram alojados em galpão de creche construído em alvenaria, com pé direito de 3,5 m e equipado com cortinas nas laterais. As baias eram metálicas suspensas, com área de $1,70 \text{ m}^2$ e equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica, sendo a parte anterior do piso, sob o comedouro e a campânula, de concreto compacto, e a parte posterior composta por piso ripado plástico. Sob as baias foi mantida uma lâmina d'água, que era esgotada uma a duas vezes por semana, dependendo do volume de dejetos produzido.

Os cinco tratamentos (T) avaliados no ensaio I foram: T1 - ração basal contendo 120 ppm de zinco na forma de ZnSO_4 (R1) sendo a ração basal; T2 – R1 suplementada com 300 ppm de zinco de fonte orgânica; T3 - R1 suplementada com 600 ppm de zinco de fonte orgânica; T4 - R1 suplementada com 900 ppm de zinco de fonte orgânica e T5 – R1 suplementada com 2400 ppm de zinco na forma de ZnO .

No ensaio II os tratamentos (T) testados foram: T1 - ração basal contendo 10 ppm de cobre na forma de $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (R1); T2 – R1 suplementada com 50 ppm de cobre de fonte orgânica; T3 - R1 suplementada com 100 ppm de cobre de fonte orgânica; T4 - R1 suplementada com 150 ppm de cobre de fonte orgânica e T5 – R1 suplementada com 240 ppm de cobre na forma de $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

As fontes orgânicas de minerais avaliadas nos dois ensaios foram produzidas para fins de pesquisa pela empresa Tortuga Companhia Zootécnica Agrária.

As rações experimentais no ensaio I foram fornecidas nas fases pré-inicial (21 aos 36 dias de idade) e inicial I (36 aos 56 dias de idade). Na última semana do período experimental (56 aos 63 dias de idade) todos os leitões receberam uma mesma ração inicial II. No ensaio II os tratamentos foram aplicados nas rações das fases pré-inicial

(21 aos 38 dias), inicial I (38 aos 52 dias) e inicial II (52 aos 61 dias de idade dos leitões). A composição percentual e nutricional das rações experimentais utilizadas nos dois ensaios está apresentada na Tabelas 9. Os valores nutricionais das dietas de ambos ensaios estão apresentados na tabela 10.

Foram avaliados o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA). No primeiro experimento, as pesagens dos leitões e o cálculo de ração consumida foram realizadas no início, 15º, 21º, 35º e 42º dia e no segundo experimento no início, 17º, 31º e 40º dia. Em ambos ensaios nos primeiros 15 dias, foram avaliados a incidência de diarreia nos leitões por um único observador no período da manhã. Considerou-se como diarreia quando visualmente as fezes apresentavam consistência fluída.

Os valores de incidência de diarreia, calculados como percentual médio dos animais com diarreia na baia, foram submetidos à transformação angular: $p' = \arcsen \left[\sqrt{(p/100)} \right]$, para posterior análise de variância.

A análise estatística dos dados de desempenho e incidência de diarreia foi feita pelo método de análise de variância (ANOVA), com o auxílio do procedimento GLM do programa SAS (1998), sendo os efeitos dos níveis de minerais de fontes orgânicas estudados pela análise de regressão. Para comparação dos resultados obtidos entre o tratamento com o maior nível de mineral de fonte inorgânica com cada um dos demais, foi utilizado o teste de Dunnett-Hsu.

Tabela 9. Composição percentual e nutricional das rações Pré-inicial, Inicial I e Inicial II fornecidas aos leitões durante a fase de creche, nos ensaios 1 e 2. *Table 9. Composition of the diets pré-initial, initial I and initial II supplied during nursery phase in assays 1 and 2.*

Ingredientes (%) <i>Ingredient</i>	Pré-inicial ^{1,2} <i>Pre-initial</i>	Inicial I ^{1,2} <i>Initial I</i>	Inicial II ^{1,2} <i>Initial II</i>
Milho <i>Corn</i>	51,300	61,200	67,830
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	27,000	28,680	27,210
Soja extrusada <i>Extruded soybean</i>	4,320	0,250	0,000
Soro Leite <i>Whey</i>	8,180	4,110	0,000
Farinha de peixe <i>Fish meal</i>	3,000	0,000	0,000
Células sanguíneas <i>Blood cels</i>	0,450	0,090	0,330
Levedura seca de cana <i>Dry yeast</i>	0,750	0,630	0,450
Açúcar de cana <i>Sugar</i>	1,460	0,850	0,000
Calcário <i>Limestone</i>	1,230	1,230	1,230
Fosfato bicalcico <i>Dicalcium phophate</i>	0,910	1,410	1,350
Edulcorante ³ <i>Flavour</i>	0,015	0,015	0,015
Antioxidante BHT- <i>BHT -antioxidant</i>	0,015	0,015	0,015
Sal comum <i>Common salt</i>	0,280	0,430	0,570
L-lisina <i>L-lysine</i>	0,150	0,190	0,130
DL-metionina <i>DL-metionine</i>	0,050	0,050	0,040
L-treonina <i>L-treonine</i>	0,070	0,050	0,030
L-triptofano <i>L-triptofan</i>	0,020	0,000	0,000
Suplemento mineral ⁴ <i>Premix mineral</i>	0,500	0,500	0,500
Suplemento vitamínico ⁵ <i>Premix vitaminic</i>	0,300	0,300	0,300
TOTAL <i>Total</i>	100,000	100,000	100,000

¹ Rações pré-inicial e inicial I e II suplementadas com 120 ppm de Zn como ZnSO₄. Nos demais tratamentos, as fontes de Zn foram incluídas nas rações em substituição ao milho em níveis de 0,400; 0,804 ou 1,206% (fonte orgânica) ou 0,332% (ZnO).¹ *Pré-initial and initial I and II rations supplemented with 120 ppm of Zn as ZnSO₄. In other treatments, Zn sources were included in the rations substituting corn at levels of 0.400; 0.804 or 1.206% (organic source) or 0.332% (ZnO).*

² Rações pré-inicial, inicial I e II suplementadas com 10 ppm de Cu como CuSO₄ H₂O. Nos demais tratamentos, as fontes de Cu foram incluídas nas rações em substituição ao milho em níveis de 0,068; 0,137 ou 0,201% (fonte orgânica) ou 0,069% (CuSO₄ H₂O).² *Pré-initial and initial I and II rations supplemented with 10 ppm of Cu as CuSO₄H₂O. In other treatments, Cu sources were included in the rations substituting corn at levels of 0.068; 0.137 or 0.201 % (organic source) or 0.332% (CuSO₄H₂O).*

³ Sucram – produto comercial da Metachen -²commercial product of Metachen

⁴ Suplemento mineral contendo fontes inorgânicas de minerais, suprimindo as seguintes quantidades/kg de ração: 5 mg de cobre; 80 mg de zinco; 80 mg de ferro; 20 mg de manganês; 0,25 mg de selênio e 0,14 mg de iodo. ³ *Premix mineral comprising organic and inorganic sources of minerals supplying the following content/kg of rations: 5 mg copper; 80 mg zinc; 80 mg iron; 20 mg manganese; 0.25 mg selenium and 0.14 mg iodine.*

⁵ Suplemento vitamínico, suprimindo as seguintes quantidades/kg de ração: 6.000 UI vit. A; 1.320 UI vit D3; 12 mg vit. E; 1,47 mg vit. K3; 0,9 mg vit. B1; 3 mg vit. B2; 1,8 mg vit. B6; 12 mcg vit. B12; 0,30 mg ác. fólico; 9,3 mg ác. pantotênico; 18 mg niacina; 0,09 mg biotina; 240 mg de colina. ⁴ *Premix vitamin supplying the following contents/kg of rations: 6.000 UI Vit.A; 1.320 UI vit.D3; 12 mg vit.E; 1.47 mg vit.K3; 0.9 mg vit.B1; 3 mg vit.B2; 1.8 mg vit.B6; 12 mcg vit.B12; 0.30 mg folic acid; 9.3 mg pantotenic acid; 0.09 mg biotin; 240 mg coline.*

Tabela 10. Valores nutricionais das dietas fornecidas nos ensaios I e II. *Nutritional values of the diets supplied in the assays I and II.*

Valores Calculados <i>Calculated values</i>	Pré-inicial <i>Pre-initial</i>	Inicial I <i>Initial I</i>	Inicial II <i>Initial II</i>
EM (kcal/kg) <i>ME</i>	3291	3252	3166
PB (%) <i>Crude protein</i>	21,82	18,78	18,93
Lisina total (%) <i>Total lysine</i>	1,39	1,15	1,11
Metionina total (%) <i>Total methionine</i>	0,39	0,32	0,31
Treonina total (%) <i>Total treonine</i>	0,92	0,76	0,74
Triptofano Total (%) <i>Total triptophan</i>	0,27	0,22	0,22
Ca (%) <i>Calcium</i>	0,99	0,82	0,72
P disponível (%) <i>available phosphorus</i>	0,43	0,37	0,35

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar e incidência de diarreia nos leitões no ensaio I são apresentados na tabela 11.

Tabela 11. Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e incidência de diarreia (ID) em leitões alimentados com fonte orgânica ou inorgânica de zinco como promotor de crescimento. *Average values of daily feed intake (CDR), daily weight gain (GDP), feed conversion (CA) and diarrhea incidence (ID) for weanling piglets fed organic or inorganic source of zinc as growing promoter.*

(Idade) (Age) dias days	Varáveis variables	Fonte orgânica (ppm de Zn) <i>Organic source</i>				ZnO (Zn ppm)	Regressão ⁴	E.P. ⁵ SEM
		0	300	600	900	2400		
(21 a 36)	CDR (g)	209 ^b	235 ^b	233 ^b	278 ^b	331 ^a	L ¹	13
	GDP (g)	141 ^b	142 ^b	159 ^b	190 ^b	235 ^a	L ¹	13
	CA	1,59 ^a	1,69 ^a	1,46 ^a	1,47 ^a	1,42 ^a	-	0,11
(21 a 42)	CDR (g)	306 ^b	334 ^b	334 ^b	382 ^b	451 ^a	L ¹	16
	GDP (g)	217 ^b	223 ^b	236 ^b	261 ^b	310 ^a	L ²	12
	CA	1,43 ^a	1,50 ^a	1,41 ^a	1,46 ^a	1,45 ^a	-	0,04
(21 a 56)	CDR (g)	502 ^b	571 ^b	544 ^b	596 ^b	699 ^a	L ³	29
	GDP (g)	288 ^b	313 ^b	313 ^b	330 ^a	394 ^a	-	18
	CA	1,76 ^a	1,82 ^a	1,74 ^a	1,81 ^a	1,78 ^a	-	0,04
(21 a 63)	CDR (g)	628 ^b	692 ^b	669 ^b	713 ^a	800 ^a	-	29
	GDP (g)	359 ^b	378 ^b	390 ^a	396 ^a	457 ^a	-	19
	CA	1,76 ^a	1,83 ^a	1,72 ^a	1,80 ^a	1,75 ^a	-	0,03
(21 a 36)	ID (%)	28,15 ^b	25,18 ^b	21,48 ^b	21,85 ^b	0,00 ^a	-	6,22

^{a,b} Médias de cada nível de zinco quelato seguidas de letras distintas na linha, diferem em relação ao tratamento com o óxido de zinco pelo teste de Dunnett-Hsu (P=0.05); L¹ – efeito linear (P=0,01); L² – efeito linear (P=0,05); L³ – efeito linear (P=0,07); ⁴ Efeito da regressão para níveis de fonte orgânica; ⁵ Erro padrão das médias. ^{A,b} Average of each level of chelate zinc followed by different letters on the line, differ related to zinc oxide treatment by Dunnett-Hsu (P=0,05); L¹-linear effect (P=0,01); L²-linear effect (P=0,05); L³-linear effect (P=0,07) ⁴ Effect of regression for levels of organic source; ⁵ Standard error of means.

Os níveis crescentes de zinco de fonte orgânica determinaram aumento linear no consumo diário de ração ($Y = 0,2048810 + 0,000050X$; $R^2 = 0,80$; $P=0,01$) e ganho diário de peso ($Y = 0,132970 + 0,000037X$; $R^2 = 0,70$; $P=0,01$) para o período acumulado de 21 a 36 dias de idade, no consumo diário de ração ($Y = 0,301429 + 0,000056$; $R^2 = 0,77$; $P=0,01$) e ganho diário de peso ($Y = 0,21112 + 0,000034 X$; $R^2 = 0,92$; $P=0,05$) de 21 aos 42 dias de idade e no consumo diário de ração ($Y = 0,507647 + 0,000068X$; $R^2 = 0,67$; $P=0,07$) de 21 a 56 dias de idade. Estes resultados demonstram respostas positivas no desempenho com a elevação dos níveis de zinco, e também que níveis superiores de zinco de fonte orgânica poderiam ter sido testados para avaliar em que nível as respostas de desempenho seriam maximizadas. Hollis et al. (2005) não observaram os mesmos benefícios quando usaram níveis de 150, 300 e 500 ppm de zinco como Zn- metionina nas dietas de leitões.

Nos períodos acumulados de 21 a 36 e de 21 a 42 dias de idade a suplementação de 2400 ppm de zinco inorgânico determinou maiores ($P=0,05$), consumo diário de ração e ganho diário de peso, e no período acumulado de 21 a 56 dias determinou maior consumo diário de ração (Tabela 11) em relação a qualquer um dos tratamentos com zinco de fonte orgânica. Os benefícios no desempenho de leitões desmamados com a inclusão de níveis farmacológicos de ZnO, têm sido relatados por vários pesquisadores (HAHN; BAKER, 1993; POULSEN, 1995; HILL et al.,1996; SMITH et al., 1997; HILL et al., 2000; HILL et al., 2001).

Schell & Kornegay (1996) avaliando diferentes níveis de zinco (1000, 2000 e 3000 ppm) como Zn-metionina, Zn-lysina, ZnO e ZnSO₄ nas rações verificaram nas duas primeiras semanas de experimento, menor ganho diário de peso ($P<0,05$) nos leitões que receberam ZnSO₄ em relação àqueles que receberam ZnO e Zn-metionina e resultado intermediário para os animais alimentados com rações contendo Zn-lysina. Não encontraram, porém, no período total do experimento diferenças no desempenho dos animais. A biodisponibilidade de zinco foi menor para ZnO quando comparada ao ZnSO₄, e intermediárias para Zn-lysina e Zn-metionina.

O ganho diário de peso dos 21 aos 56 dias, consumo diário de ração e ganho diário de peso dos 21 aos 63 dias de idade, daqueles animais que receberam rações com 900 ppm de zinco de fonte orgânica, não diferiu dos leitões alimentados com rações

contendo 2400 ppm de zinco como ZnO (tabela 11), demonstrando melhores condições de recuperação do estresse pós desmame daqueles leitões alimentados com rações contendo maior nível de zinco orgânico.

Ward et al. (1996) verificaram, em experimento com leitões desmamados, que a suplementação de 250 ppm de zinco orgânico (Zn metionina) resultou em resposta equivalente de desempenho quando comparado a dietas contendo 2000 ppm de zinco como ZnO. Case & Carlson (2002) demonstraram que suínos alimentados com 500 ppm de Zn na forma de complexo Zn-polissacarídeo tiveram resultados similares de desempenho comparado a 3000 ppm de zinco como ZnO, porém, os leitões que receberam mineral de fonte orgânica apresentaram menor excreção de Zn nas fezes.

Os resultados obtidos concordam em parte com aqueles verificados por Hollis et al. (2005) que comparam diferentes níveis de zinco de fonte orgânica (125, 250 ou 500 ppm) com 125 ppm de Zn na forma inorgânica e 2500 ppm de zinco como ZnO nas rações. Observaram que no período total do experimento (28 dias) o zinco na forma de óxido promoveu maior consumo diário de ração e ganho diário de peso, comparado com os tratamentos com zinco de fonte orgânica. Porém, as médias de consumo diário de ração e de ganho diário de peso dos animais que receberam fonte orgânica de zinco nas rações foram superiores a dos leitões suplementados com 125 ppm de zinco de fonte inorgânica.

Não houve efeito dos níveis de suplementação de zinco na forma orgânica e do tipo de fonte de zinco utilizada, sobre a conversão alimentar dos leitões em nenhum dos períodos estudados (tabela 11). Estes resultados se assemelham aos obtidos por Case & Carlson (2002) quando compararam níveis de zinco na forma de ZnO (150, 500 ou 3000 ppm de Zn) com 500 ppm de zinco nas formas de complexo Zn-aminoácido e complexo Zn-polissacarídeo nas rações. Diferem dos obtidos por Schelle & Kornegay (1996) que observaram melhor eficiência alimentar dos leitões que receberam dietas com níveis de zinco (3000, 2000 ou 1000 ppm) provenientes de fontes orgânicas (Zn-lysina) comparados àqueles que receberam dietas contendo fontes inorgânicas (ZnO ou ZnSO₄).

A incidência de diarreia nos 15 primeiros dias de experimento foi menor (P=0,05) nos animais que receberam 2400 ppm de zinco na ração como ZnO,

comparado com os que receberam zinco de fonte orgânica (tabela 11). Os níveis crescentes de zinco de fonte orgânica não foram suficientes para o controle eficiente da diarreia, provavelmente pelo alto nível de farelo de soja utilizado na dieta para esta fase, podendo ter contribuído para os resultados inferiores de desempenho, principalmente durante as três primeiras semanas do experimento. Hahn & Baker (1993) demonstraram melhoria no desempenho e redução na incidência de diarreia, logo após o desmame dos leitões que consumiram altos níveis de ZnO (1000 a 5000 ppm de Zn na ração). Por outro lado, Fryer et al, (1992) não encontraram diferenças estatísticas significativas no desempenho nem na incidência de diarreia quando altos níveis de Zn foram adicionados nas rações, provavelmente devido ao baixo desafio ambiental ao qual os leitões foram expostos.

O mecanismo de controle de diarreia pelo zinco não está bem esclarecido, porém, a solubilidade do zinco nas formas orgânicas e inorgânicas e seu efeito na microflora intestinal podem estar envolvidos (Poulsen, 1995; Cromwell, 2001). Carlson et al. (1999) relacionaram o efeito benéfico de doses farmacológicas de zinco como ZnO, a elevação na concentração de metalotioneína na mucosa intestinal, e ao aumento na síntese protéica e na proliferação celular, melhorando a condição intestinal. Além disso, o zinco atuaria também inibindo o transporte ativo de succinato para a célula de *E. coli*, ou impedindo a atividade do sistema oxidase, inibindo a atividade da cadeia respiratória da bactéria ou mesmo impedindo a aderência das bactérias na mucosa intestinal (Arantes et al. 2005, Menin et al. 2006).

Os valores médios de consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar e de incidência de diarreia dos leitões do ensaio II, são mostrados na tabela 12.

Tabela 12. Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e incidência de diarreia (ID) em leitões alimentados com fonte orgânica ou inorgânica de cobre como promotor de crescimento. *Average values of daily feed intake (CDR), daily weight gain (GDP), feed conversion (CA) and diarrhea incidence (ID) in weanling piglets fed on organic or inorganic source of copper as growing promoter.*

(Idade) dias	Variáveis variables	Fonte orgânica (ppm de Cu) <i>organic source</i>				CuSO ₄ (ppm de Cu)	Regressão <i>regretion</i>	E.P. ⁴ SEM
		0	50	100	150	240		
(21 a 38)	CDR (g) ¹	334 ^b	374 ^a	370 ^a	369 ^a	398 ^a	-	19
	GDP (g) ¹	228 ^a	249 ^a	257 ^a	250 ^a	280 ^a	-	17
	CA ¹	1,47 ^a	1,51 ^a	1,45 ^a	1,49 ^a	1,43 ^a	-	0,04
(21 a 52)	CDR (g) ²	532 ^b	609 ^a	604 ^a	577 ^a	626 ^a	Q ³	24
	GDP (g) ²	313 ^b	355 ^a	355 ^a	347 ^a	375 ^a	-	15
	CA ¹	1,70 ^a	1,72 ^a	1,71 ^a	1,66 ^a	1,67 ^a	-	0,03
(21 a 61)	CDR (g) ²	684 ^b	777 ^a	775 ^a	756 ^a	803 ^a	Q ³	25
	GDP (g) ²	391 ^b	432 ^a	439 ^a	430 ^a	459 ^a	-	14
	CA ¹	1,75 ^a	1,80 ^a	1,77 ^a	1,75 ^a	1,76 ^a	-	0,03
(21 a 36)	ID (%) ¹	11,48 ^a	5,92 ^a	8,52 ^a	7,78 ^a	5,18 ^a	-	2,13

¹Médias de cada nível de cobre quelato seguidas de letras distintas na linha, diferem em relação ao tratamento com sulfato de cobre (240ppm de Cu) pelo teste de Dunnett-Hsu (P=0,10). ²Médias de cada nível de Cu quelato seguidas de letras distintas na linha, diferem em relação ao tratamento com sulfato de cobre (240ppm de Cu) pelo teste de Dunnett-Hsu (P=0,05). ³Efeito quadrático (p=0,05). ⁴ Erro Padrão das médias. ¹ Averages of each copper chelate level followed by different letters, differ related to the treatment with copper sulphate (240 ppm) by Dunnett-Hsu (P=0,10). ² Averages of each copper chelate level followed by different letters, differ related to the treatment with copper sulphate (240 ppm) by Dunnett-Hsu (P=0,05). ³ Quadratic effect (P=0,05). ⁴ Standard error of means.

Não foram observados efeitos da suplementação de cobre na forma orgânica ou inorgânica nas rações, sobre a conversão alimentar e incidência de diarreia dos leitões (Tabela 12), mas houve efeito quadrático dos níveis crescentes de cobre de fonte orgânica sobre o consumo diário de ração ($P=0,05$) nos períodos de 21 a 52 ($Y = 0,534700 + 0,001826X - 0,000010X^2$; $R^2 = 0,95$) e 21 a 61 ($Y = 0,688100 + 0,002110X - 0,000011X^2$; $R^2 = 0,95$) dias de idade (figuras 1 e 2). Os níveis de inclusão de cobre que resultaram em melhor consumo de ração pelos leitões nesses períodos foram de 87 e 94 ppm, respectivamente. Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Veum et al. (2004) que verificaram efeito quadrático dos níveis de suplementação de cobre de fonte orgânica (Cu- proteinado) nas rações, variando de 0 a 200ppm, no consumo de ração de leitões.

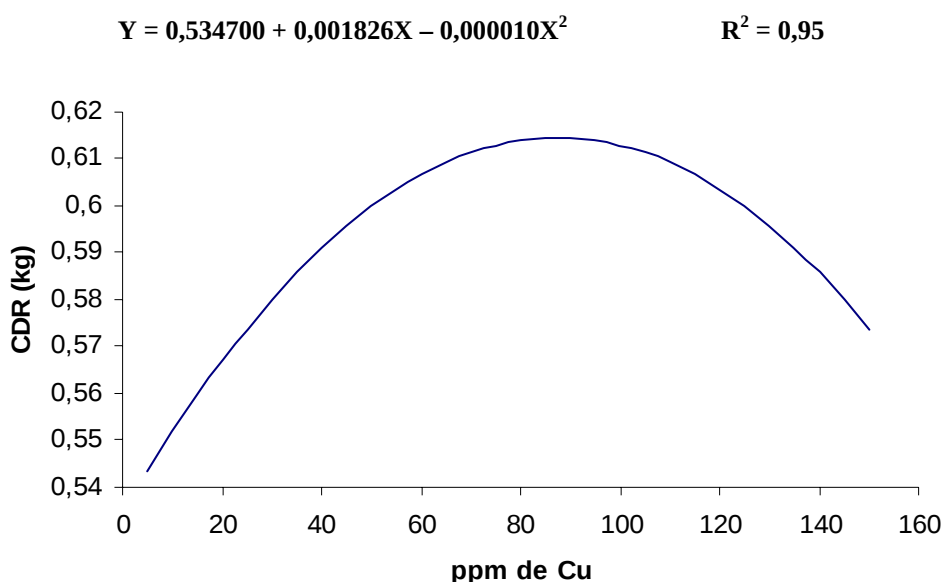


Figura 1. Efeito dos níveis crescentes de cobre de fonte orgânica nas rações, sobre o consumo diário de ração (CDR) de leitões de 21 a 52 dias de idade. *Effect of rising levels of organic copper on diets over daily feed intake (CDR), of piglets from 21 to 52 days of age.*

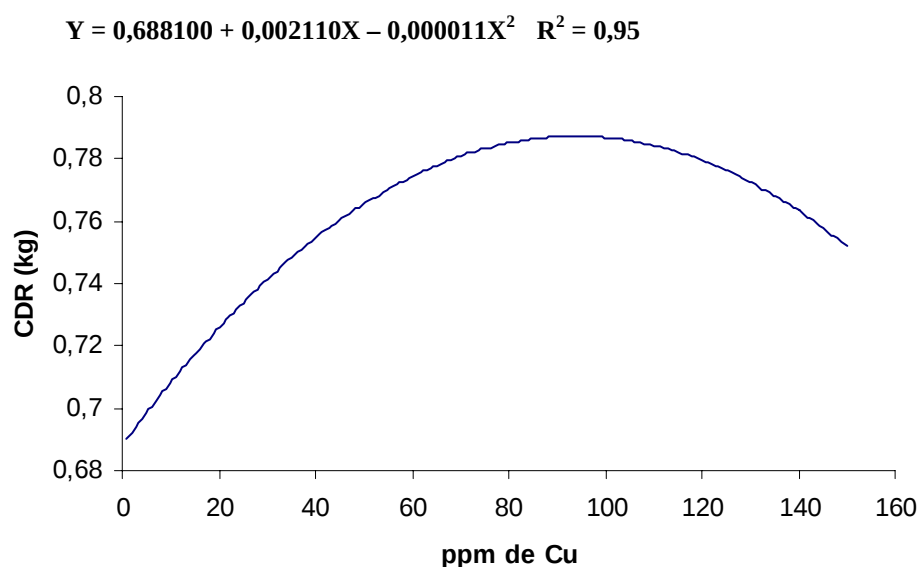


Figura 2. Efeito dos níveis crescentes de cobre de fonte orgânica nas rações, sobre o consumo diário de ração (CDR) de leitões de 21 a 61 dias de idade. *Effect of rising levels of organic copper on diets over daily feed intake (CDR), of piglets from 21 to 61 days of age.*

Os leitões alimentados com rações com 10 ppm de cobre na forma de CuSO_4 , apresentaram resultados inferiores de consumo diário de ração no período de 21 aos 38 dias ($P=0,10$) e de consumo diário de ração e ganho diário de peso nos períodos de 21 aos 52 e dos 21 aos 61 dias ($P=0,05$) de idade, comparado àqueles que receberam rações contendo 240ppm de cobre como CuSO_4 (Tabela 12), comprovando a ação favorável de altos níveis de cobre para leitões, também verificada por outros pesquisadores (Coffey et al., 1994; Luo & Dove, 1996; Smith et al., 1997).

Não foram verificadas diferenças entre as médias de consumo diário de ração e de ganho diário de peso dos leitões para que receberam cobre de fonte orgânica, em relação ao tratamento com 240ppm de cobre como sulfato (tabela 12), demonstrando a possibilidade da substituição do cobre inorgânico por níveis bastante inferiores de cobre orgânico nas dietas, sem prejuízos no desempenho dos leitões em qualquer um dos

períodos avaliados, sendo que o nível de 50 ppm de cobre na forma orgânica foi tão eficiente quanto 240 ppm de cobre como CuSO_4 . Segundo Veum et al. (2004) o crescimento de suínos desmamados alimentados com rações contendo 50 ou 100 ppm de Cu como Cu-propionato foi maior que daqueles alimentados com 250 ppm de Cu na forma de sulfato, com aumento na absorção e retenção de cobre.

Quando mesmos níveis de cobre na forma orgânica ou inorgânica foram avaliados como promotores de crescimento para suínos, vários autores têm demonstrado vantagens para as fontes orgânicas (Coffey et al., 1994; Zhou et al., 1994a; Apgar et al., 1995; Apgar e Kornegay, 1996; Close e Jaques, 1998). Por outro lado, Stansburry et al., (1990) não observaram diferenças no desempenho de leitões quando utilizaram diferentes fontes de Cu, em níveis de suplementação variando de 0 a 125 ppm de Cu na forma de CuSO_4 , de 62 e 125 ppm de Cu na forma de quelato (Cu-EDTA) e de 32, 62 e 125 ppm de Cu na forma de quelato (Cu-polissacarídeo).

Do mesmo modo, Lima e Myada (2003) não verificaram efeito promotor de crescimento em leitões, dos níveis e das fontes de cobre (citrato cúprico e CuSO_4) utilizados no experimento, justificando os resultados pelo baixo desafio ambiental a que foram expostos os animais e pela elevada digestibilidade das dietas fornecidas.

Os mecanismos de ação do Cu em níveis promotores de crescimento ainda não são bem conhecidos (Apgar et al., 1995; Hill et al., 2000), porém, um deles seria seu efeito antimicrobiano (Cromwell, 2001). Outro seria seu efeito metabólico, conforme sugerido por Zhou et al. (1994b) que aplicaram injeções intravenosas de histidinato de cobre em leitões desmamados em diferentes dosagens, observando respostas quadráticas no ganho diário de peso e na atividade mitogênica sanguínea, e respostas lineares na concentração de Cu no fígado, no cérebro, no sangue e na atividade da superóxido dismutase, com o aumento nas concentrações injetadas nos leitões.

Uma das importantes funções do cobre é na síntese e liberação de peptídeos reguladores do crescimento, e o aumento no crescimento pode estar relacionado com o aumento na ingestão voluntária do alimento, sendo este fator importante para o desenvolvimento dos suínos. Por outro lado, Radeck et al. (1992) avaliando a influência do uso de 250 ppm de Cu na forma de CuSO_4 na ração, demonstraram redução na atividade da glucose 6 fosfatase e da fosfatase alcalina no jejuno de leitões, não

afetando a atividade da ATPase, a profundidade de criptas, a altura das vilosidades ou o tamanho das células epiteliais.

Os resultados deste experimento não demonstraram respostas superiores de desempenho dos leitões que receberam fonte orgânica de cobre em relação àqueles que receberam fonte inorgânica, mas, evidenciou a possibilidade de sua substituição em níveis bastante inferiores pela fonte orgânica possibilitando a mesma eficiência produtiva e, provavelmente, a diminuição na excreção deste micromineral para o meio ambiente.

CONCLUSÕES

Durante o período total do ensaio, o maior nível de zinco de fonte orgânica proporcionou resultados de desempenho semelhantes aos obtidos com a adição de 2.400 ppm de zinco na forma de óxido, contudo, nenhum nível de zinco de fonte orgânica foi eficiente no controle da diarreia dos leitões.

As respostas de desempenho dos leitões que receberam fonte orgânica ou inorgânica de cobre foram semelhantes, mesmo quando a fonte orgânica foi usada em níveis bastante inferiores. Nível próximo de 90 ppm de cobre na forma orgânica deve ser usado nas rações para aumentar a ingestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APGAR, G.A.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMAN, M.D.; NOTTER, D.R. Evaluation of copper sulfate and copper lysine complex as growth promoter for weanling swine. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2640 – 2646, 1995.

APGAR, G.A.; KORNEGAY, E.T. Mineral balance of finishing pigs fed copper sulfate or a copper-lysine complex at growth-stimulating levels. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1594-1600, 1996.

ARANTES, V.M.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; MALHEIROS, E.B.; BARROS, V.M.; PINTO, E.S.; BUDINO, F.E.L.; FRAGA, A.L.; RUIZ, U.S.; HUAYNATE, A.R. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados: Desempenho, incidência de diarreia, isolamento de *E.coli* e análise econômica. **B. Indústria Animal**, Nova Odessa, v.62, n.3, p.189-201, 2005.

BUFF, C.E.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R.; BROMMELSIEK, W.A.; VEUM, T.L. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2380-2386, 2005.

CARLSON, M.S.; HILL, G.M; LINK, J.E. Early and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase-feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: effect on metallothionein and mineral concentration. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1199-1207, 1999.

CARLSON, M.S.; BOREN, C.A.; WU, C.; HUNTINGTON, C.E.; BOLLINGER, D.W.; VEUM, T.L. Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as a polysaccharide or proteinate complex on the growth performance, plasma and excretion of nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1359-1366, 2004.

CASE, C.L. & CARLSON, M.S. Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1917 – 1924, 2002

COFFEY, R.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2880 – 2886, 1994.

CROMWELL, G.L. Antimicrobial and promicrobial agents. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine Nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.401-426.

DOVE, C. R.; HAYDON, K. D. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.805-810, 1992.

FRYER, A.; MILLER, E.R.; KU, P.K.; ULLREY, D.E. Effect of elevated dietary zinc on growth performance of weanling swine. Michigan State University Rep. of Swine Res. 520:128, 1992.

HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacological levels of zinc. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3020-3024, 1993.

HILL, G.M.; CROMWELL, G.L.; CRENSHAW, T.D.; EWAN, R.C.; KNABE, D.A.; LEWIS, A.J.; MAHAN, D.C.; SHURSON, G.C.; SOUTHERN, L.L.; VEUM, T.L. Impact of pharmacological intakes of zinc and (or) copper on performance of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.74 (suppl.1), p.181 (abstr.), 1996.

HILL, G.M.; CROMWELL, G.L.; CRENSHAW, T.D.; DOVE, C.R.; EWAN, R.C.; KNABE, D.A.; LEWIS, A.J.; LIBAL, G.W.; MAHAN, D.C.; SHURSON, G.C.; SOUTHERN, L.L.; VEUM, T.L. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentration of zinc and copper to weanling pigs (regional study). **Journal of Animal Science**, v.78, p.1010-1016, 2000.

HILL, G.M.; MAHAN, D.C.; CARTER, S.D.; CROMWELL, G.L.; EWAN, R.C.; HARROLD, R.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S.; SHURSON, G.C.; DEUM, T.L.. Effect of pharmacological concentration of zinc oxide with or without the inclusion of an antibacterial agent on nursery pig performance. **Journal of Animal Science**, v.79, p.934-941, 2001.

HOLLIS, G.R.; CARTER, S.D.; CLINE, T.R.; CRENSHAW, T.D.; CROMWELL, G.L.; HILL, G.M.; KIM, S.W.; LEWIS, A.J.; MAHAN, D.C.; MILLAR, P.S.; STEIN, H.H.; VEUM, T.L. Effects of replacing pharmacological levels of dietary zinc oxide with copper dietary levels of various organic zinc sources for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2123-2129, 2005.

LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J.; LEE, J.K.; ACDA, S.P. Evaluation of metal-amino chelated and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v.14, p.1734-1740, 2001.

LIMA, I.A.V.; MIYADA, V.S. Cobre orgânico e inorgânico como promotores de crescimento de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1657-1662, 2003 (supl.1).

LUO, G. X.; DOVE, C. R. Effect of dietary copper and fat on nutrient utilization, digestive enzyme activities, and tissue mineral levels in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p 1888-1896, 1996.

MENIN, A.; BRANCO, G.; FERRAZ, S.; VAZ, E.K. Avaliação in vitro do papel do zinco no mecanismo de adesão da *Escherichia coli* em suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.34, n.2, p.149 – 152, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of swine**. 10ed. Washington: National Academic Press, 1998. 189p.

POULSEN, H.D. Zinc oxide for weanling piglets. **Acta Agric. Scand. Sect. A Anim. Sci.**, v.45, p.159-167, 1995.

RADECKI, S.V.; KU, P.K.; BENNINK, M.R.; YOKOYAMA, M.T.; MILLER, E.R. Effect of dietary copper on intestinal mucosa enzyme activity, morphology, and turnover rates in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.70, issues 5, p. 1424-1431, 1992.

REVVY, P.S.; JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J.Y.; NYS, Y. Le zinc dans l'alimentation du porc: oligoélément essentiel et risqué potential pour l'environnement. **INRA Prod. Anim.**, v.16, p.1-18, 2003.

SAS Institute Inc., SAS/STAT. **User's guide**, version 6.11, 4.ed., v. 2. Cary: Sas Institute Inc., 1996.

SCHELL, T.C.; KORNEGAY, D.H. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological level of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine or ZnSO₄. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1584-1593, 1996.

SMITH, J.W.; TOKASCH, M.D.; GOODBAND, R.D.; NELSEN, J.L.; RICHERT, B.T. Effects of the interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1861-1866, 1997.

STANSBURY, W.F.; TRIBBLE, L.F.; ORR, Jr. D.E. Effect of chelated copper sources on performance of nursery and growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p. 1318-1322, 1990.

VEUM, T.L.; CARLSON, M.S.; WU, C.W.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1062-1070, 2004.

WARD, T.L.; ASCHE, G.A.; LOUIS, G.F.; POLLMAN, D.S. Zinc-methionine improves growth performance of starter pigs., v.74 (suppl. 1), p.182 (abstr.), 1996.

WARD, T.L.; ASCHE, G.L.; POLLMANN, S. Organic trace minerals examined in starter diets. **Feedstuffs**, may 26, p.13-16, 1997.

WOODWORTH, J.C.; TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; SAWYER, J.T.; FAKLER, T.M. The interactive effects of zinc source and feed grade antibiotic on weanling pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v.77, suppl.1, p.177 (abstr.), 1999.

ZHOU, W.; KORNEGAY, E.T.; van LAARP, H.; SWINKELSS, J.W.G.M.; WONG, E.A.; LINDEMANN, M.D. The role of feed consumption and feed efficiency in copper-stimulated growth. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2385-2394, 1994a.

ZHOU, E.T.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMAN, M.D.; SWINKELS, J.W.G.M.; WELTEN, M.K.; WONG, E.A. Stimulation of growth by intravenous injection copper in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p.2395, 1994b.

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

Diversas pesquisas foram realizadas com minerais de fontes orgânicas em níveis nutricionais ou promotores de crescimento para leitões, com o objetivo de diminuir os níveis de inclusão nas rações com resultados semelhantes ou até mesmo melhores aos obtidos com as fontes inorgânicas tradicionais. As várias fontes de minerais na forma orgânica, contudo, justificam a realização de estudos específicos para avaliação de cada uma dessas fontes não somente sobre o desempenho e incidência de diarreia, bem como sobre a taxa de excreção de minerais e impactos ambiental.

A análise de regressão no ensaio 1 sugere que níveis superiores a 900 ppm de zinco de fonte orgânica devam ser avaliados, tendo em vista que na forma inorgânica os níveis de zinco usados na prática são da ordem de 2.400 a 3.000 ppm nas rações.