

# NÍVEIS DE ZINCO NA DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS SOBRE O PERFIL DE PARÂMETROS SANGÜÍNEOS

VÂNIA MARIA ARANTES,<sup>1</sup> MARIA CRISTINA THOMAZ,<sup>2</sup> RODOLFO NASCIMENTO KRONKA,<sup>2</sup> EUCLIDES BRAGA MALHEIROS,<sup>2</sup> VINICIUS MUNDIM DE BARROS,<sup>3</sup> EDUARDO SOUZA PINTO,<sup>3</sup> FÁBIO ENRIQUE LEMOS BUDIÑO,<sup>4</sup> ALESSANDRO LUÍS FRAGA,<sup>4</sup> RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE<sup>4</sup> E URBANO DOS SANTOS RUIZ<sup>4</sup>

1. Parte da tese de doutorado. Médica Veterinária, DZ, Universidade Federal de Uberlândia.

2. Professor da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Câmpus de Jaboticabal, Unesp. E-mail:thomaz@fcav.unesp.br

3. Aluno de graduação em Medicina Veterinária, UFU

4. Aluno do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal

## RESUMO

Desenvolveu-se um experimento para determinar se a adição de diferentes níveis (0, 1.500, 3.000 e 4.500 ppm) de zinco (utilizando como fonte o ZnO) na dieta de leitões influencia o perfil de parâmetros sangüíneos (cálcio, cobre, ferro, zinco, hemoglobina (Hb)), hematócrito (Ht), proteínas séricas totais (PST), albumina (ALB), globulina (GLOB) e atividade enzimática sérica de fosfatase alcalina (FA), aspartato aminotransferase (ASP), alanina aminotransferase (ALT) e gama glutamil transferase (GGT)). Utilizaram-se sessenta leitões machos castrados, mestiços, desmamados aos 21 dias de idade, procedentes de sistema de criação em sítios separados, dentro dos

períodos: Período 1 (P<sub>1</sub>), do desmame (dia zero) até 14 dias pós-desmame; Período 2 (P<sub>2</sub>), de 15 a 42 dias pós-desmame e Período Total (PT), do desmame aos 42 dias pós-desmame. As coletas de sangue foram efetuadas aos 0, 7, 14, 21 e 42 dias pós-desmame. Utilizou-se o DIC, num esquema em parcelas subdivididas, tendo como parcelas os quatro níveis de Zn nas rações, e como subparcelas os dias de coleta. Concluiu-se que a adição de 4.500 ppm de Zn por duas semanas pós-desmame pode elevar o nível sérico de Zn. Os parâmetros sangüíneos sofreram efeito do dia de coleta.

**PALAVRAS-CHAVES:** Leitões desmamados, óxido de zinco, suínos.

## ABSTRACT

### ZINC LEVELS IN WEANED PIGLETS DIET ON BLOOD PARAMETERS PROFILE

The present experiment was conducted to determine if the addition of different levels of zinc (0, 1,500, 3,000 and 4,500 ppm) in piglets diets, influences blood profile (calcium, copper, iron, zinc, hemoglobin (Hb), hematocrit (Ht), serum total protein (STP), albumin (ALB) and globulin (GLOB), alkaline phosphatase (AP), aspartate aminotransferase (ASP), alanine aminotransferase (ALT) and gamma-glutamyl transferase (GGT) serum activity). Sixty weaned piglets (21 days of age), castrated males, crossed, from multisite production were used, arranged

in a randomized design, with 4 traits, divided in 5 similar groups, within respective periods: Period 1 (P<sub>1</sub>), of the it weans (day zero) up to 14 days it after weaning; Period 2 (P<sub>2</sub>), from 15 to 42 days after weaning and Total Period (TP), of the it weans to the 42 days after weaning. The collections of blood were made to the 0, 7, 14, 21 and 42 days after weaning. The addition of 4,500 ppm of Zn fed 2 weeks post-weaning reached high Zn serum levels. Blood profiles were affected by collect day.

**KEY-WORDS:** Swine, weaned piglets, zinc oxide.

## INTRODUÇÃO

O desmame de leitões em criações comerciais no Brasil é feito à idade média de 21 dias, o que se constitui em fator estressante para os animais, uma vez que são associadas mudanças ambientais, sociais e nutricionais a uma idade precoce. De acordo com EASTER (1993), as funções digestivas dos leitões desmamados precocemente são inadequadas, dada a insuficiente produção de ácido clorídrico e de enzimas digestivas, que torna incompleto o aproveitamento das dietas formuladas à base de grãos.

O período de 7 a 14 dias pós-desmame é considerado crítico, caracterizando-se por baixo consumo de ração e baixa digestibilidade, resultando em estado geral de deficiência energética, o que acarreta a diminuição do ganho de peso e a ocorrência de diarreias, fatos esses responsáveis por mortalidade e perdas significativas na produção suinícola. *Escherichia coli*, habitante natural do trato gastrointestinal, é a bactéria usualmente associada às diarreias pós-desmame em suínos (ZIEGERHOFER, 1988).

Diante da necessidade de minimizar os efeitos do desmame sobre os leitões, alternativas com ênfase no manejo produtivo, nutricional e na área de biossegurança têm sido intensamente estudadas. Quanto à nutrição de leitões, pesquisas têm sido realizadas com a utilização de ingredientes e aditivos nas dietas, tais como diferentes fontes protéicas (subprodutos derivados do leite), prebióticos, probióticos, minerais, antimicrobianos, entre outros. A utilização de dietas complexas tornou-se uma realidade para modernos sistemas de criação, que buscam o máximo de produtividade, e caracterizam-se por apresentarem alta porcentagem de produtos lácteos e/ou outras fontes protéicas associadas a cereais, buscando a melhora da palatabilidade e a digestibilidade de seus ingredientes, para que favoreçam o desenvolvimento do animal ou o aumento nos níveis de ingestão de ração, sem predispor os leitões a problemas digestivos.

Em decorrência da baixa absorção no trato gastrointestinal e baixo custo, a adição de

altos níveis de zinco nas dietas pós-desmame constitui-se em prática utilizada mundialmente, visando à prevenção da diarreia, já que os íons zinco (Zn) podem interagir com a *E. coli*, inibindo e/ou reduzindo a atividade desta no trato gastrointestinal dos suínos (FRYER et al., 1992; WAERN et al., 1996). Vários estudos demonstraram efeitos benéficos do uso de níveis de 2.400 a 4.000 ppm de Zn, tendo como fonte o óxido de zinco (ZnO), por períodos de 14 a 21 dias pós-desmame, sobre o desempenho dos leitões e/ou controle da diarreia (POULSEN, 1995; SMITH et al., 1995; WAERN et al., 1996; TOKACH et al., 1998).

Considerando-se a possibilidade do aumento da concentração de Zn nas vísceras dos leitões alimentados com rações contendo altos níveis de ZnO, o presente estudo teve o objetivo de verificar os efeitos da adição de diferentes níveis de Zn nas rações de leitões recém-desmamados sobre o perfil de parâmetros sanguíneos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolveu-se o estudo na Unidade Experimental de Creche do Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (FAMEV/UFU). Realizaram-se as análises dos parâmetros sanguíneos no Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Veterinário da UFU, exceto a dosagem de minerais no soro, desenvolvida no Laboratório de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

A Creche compreendia um galpão de alvenaria, com cobertura de telhas de barro, contendo vinte baias, medindo 3,00 x 1,50 m (4,50 m<sup>2</sup>) cada uma, com piso parcialmente ripado, separadas entre si por divisórias de alvenaria e grade metálica ao fundo, equipadas com comedouros de alvenaria tipo cocho, bebedouros tipo chupeta e aquecedores elétricos, que foram ligados quando a temperatura ambiente era inferior a 25°C.

Utilizaram-se sessenta leitões machos

castrados, mestiços das raças Landrace x Large White x Piértrain, com peso médio inicial de 6,90 kg, de procedência de criação em sítios separados e desmamados, em média, aos 21 dias de idade. Após o desmame, os animais foram transferidos para o setor de creche, onde permaneceram até os 63 dias de idade. Em cada baia, alojaram-se três animais, que receberam ração e água à vontade, durante o experimento.

Na ração pré-inicial, fornecida durante os primeiros quatorze dias pós-desmame, o ZnO foi adicionado para apresentar níveis de 0, 1.500, 3.000 ou 4.500 ppm de zinco. Nas rações

inicial I e inicial II, fornecidas dos 36 aos 56 dias e dos 57 aos 63 dias de idade dos leitões, respectivamente, não se adicionou ZnO.

A composição da ração pré-inicial está apresentada na Tabela 1. As rações inicial 1 e inicial 2 continham, respectivamente, a seguinte composição nutricional: energia digestível, 3.550 e 3.550 kcal/kg, proteína bruta, 20,0% e 19,4%, cálcio, 0,8% e 0,8%, fósforo disponível, 0,45% e 0,45%, lisina, 1,35% e 1,25%, metionina, 0,46% e 0,42%, treonina, 0,81% e 0,75%, triptofano, 0,24% e 0,23%, zinco, 100 e 100 ppm.

**TABELA 1.** Composição percentual, preços e valores nutricionais das rações experimentais utilizadas de zero a quatorze dias pós-desmame.

Ingredientes (kg)	Tratamentos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Milho	41,692	41,317	40,942	40,567
Farelo de soja	11,371	11,435	11,500	11,565
Açúcar	5,000	5,000	5,000	5,000
Calcário calcítico	0,968	0,967	0,966	0,966
Farinha de bolacha	10,000	10,000	10,000	10,000
Fosfato bicálcico	1,079	1,079	1,080	1,081
Glutenose	3,000	3,000	3,000	3,000
Leite em pó desnatado	5,553	5,553	5,553	5,553
Óleo degomado de soja	1,924	2,047	2,170	2,294
Plasma bovino	4,000	4,000	4,000	4,000
Proteína isolada de soja	3,000	3,000	3,000	3,000
Sal comum	0,250	0,250	0,250	0,250
Soro de leite	10,107	10,107	10,107	10,107
Ácido fumárico	1,000	1,000	1,000	1,000
Cloreto de colina	0,008	0,008	0,008	0,008
DL- Metionina	0,182	0,182	0,183	0,183
L-Lisina. HCl	0,542	0,541	0,540	0,539
L-Treonina	0,079	0,079	0,079	0,079
L-Triptofano	0,047	0,046	0,046	0,046
Óxido de zinco <sup>1</sup>	0,000	0,188	0,375	0,563
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
R\$/ kg	1,256	1,264	1,271	1,279
Valores calculados <sup>4</sup>				
Energia digestível, kcal/kg	3.600	3.600	3.600	3.600
Proteína bruta, %	19,500	19,500	19,500	19,500
Cálcio, %	0,800	0,800	0,800	0,800
Fósforo disponível, %	0,450	0,450	0,450	0,450
Lisina, %	1,500	1,500	1,500	1,500
Metionina + cistina, %	0,900	0,900	0,900	0,900
Metionina, %	0,506	0,506	0,506	0,506
Sódio, %	0,321	0,321	0,321	0,321
Treonina, %	0,900	0,900	0,900	0,900
Triptofano, %	0,275	0,275	0,275	0,275
Zinco, ppm	100	1600	3100	4600

1. Óxido de zinco com 80% de Zn. / 2. Quantidades por kg do produto: Fe, 80.000 mg; Cu, 12.000mg; Mn, 70.000 mg; Zn, 100.000 mg; I, 1.000 mg; Se, 200 mg. / 3. Quantidades por kg do produto: vit. A, 9.000.000 UI; vit. D3, 1.800.000 UI; vit. E, 18.000 mg; vit. K3, 1.600 mg; vit. B1, 1.400 mg; vit. B2, 4.000 mg; vit. B6, 1.400 mg; vit. B12, 18.000 mcg; niacina, 30.000 mg; ác. pantotênico, 16.000 mg; ác. fólico, 400 mg; biotina, 100 mg; antioxidante, 100.000 mg. / 4. NRC (1998).

As três rações experimentais foram formuladas de forma a atender às exigências nutricionais mínimas dos suínos na fase de creche, preconizadas pelo NRC (1998), e fornecidas aos animais na forma farelada.

Nos dias zero (dia do desmame), 7, 14, 21 e 42 pós-desmame, foram coletadas, por punção do *sinus* retro-orbital, amostras de sangue de dois animais por baía, com o peso médio mais próximo da média da parcela, para determinação de zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), cálcio (Ca), hemoglobina (Hb), hematócrito (Ht), proteínas séricas totais (PST), albumina (ALB), globulina (GLOB) e da atividade das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (FA), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) e gama glutamil transferase (GGT).

Utilizaram-se, como técnicas, espectrofotometria de absorção atômica (minerais), microcentrifugação (Ht). Efetuaram-se as análises bioquímicas mediante a utilização de *kits* da LABTEST Diagnóstica®: método da cianometahemoglobina (Hb), método biureto modificado (PST), método verde de bromocresol colorimétrico (ALB), método Roy modificado (FA), método Szasz modificado (GGT), método Reitman & Frankel (ALT e AST), cuja leitura foi realizada em espectrofotômetro FEMTO 100, através do método colorimétrico e/ou cinético. Obtiveram-se as taxas das globulinas por meio de cálculo, subtraindo-se o valor de albumina das proteínas totais séricas.

Para a coleta de sangue, empregaram-se tubos VACUETTE® de dois tipos: o primeiro, com capacidade para 4 mL, contendo o anticoagulante EDTA pulverizado nas paredes, para a obtenção do sangue total, necessário à determinação de hematócrito (ou volume globular) e hemoglobina; e o segundo, com capacidade para 8 mL, contendo substância aceleradora de coagulação e gel separador, que, após a coleta, era submetido à centrifugação por 2.500 G/5 minutos para a separação do soro e posterior determinação dos demais constituintes sanguíneos.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, num esquema em parcelas

subdivididas, tendo como parcelas os quatro níveis de Zn nas rações, e como subparcelas os cinco dias de coleta.

Realizaram-se as análises pelo GLM do SAS (1985) e as comparações de médias pelo teste de Tukey (5%).

Modelo matemático utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + R(\alpha)_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + e_{ijk},$$

onde:

$Y_{ijk}$  = observação de uma variável dependente no nível de zinco  $i$ , repetição  $j$ , dia de coleta  $k$ ;

$\mu$  = média geral;

$\alpha_i$  = efeito dos níveis de zinco  $i$ ;

$R(\alpha)_{ij}$  = efeito da repetição  $j$  dentro do nível de zinco  $i$ ;

$\beta_k$  = efeito do dia de coleta  $k$ ;

$(\alpha\beta)_{ik}$  = efeito da interação entre nível de zinco  $i$  e dia de coleta  $k$ ;

$e_{ijk}$  = erro aleatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores de  $F$  e coeficientes de variação que foram utilizados para a interpretação dos resultados das análises dos parâmetros sanguíneos.

### Níveis séricos de cálcio

Os valores médios de Ca sérico observados em função dos níveis de Zn e dos diferentes dias de coleta encontram-se na Tabela 3. Não houve efeito dos níveis de Zn sobre o Ca sérico de leitões. Entretanto, notou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para os dias de coleta, em que o nível deste mineral foi mais elevado no soro dos leitões aos 42 dias pós-desmame, com elevação de 0 para 14 dias e dos 14 para 42 dias pós-desmame.

Alguns trabalhos demonstraram a possibilidade de ocorrer interação antagônica entre Ca e Zn (HSU et al., 1975; NRC, 1998, BERTOLO et al., 2001), ou que o Ca seja um fator que influencie na absorção do Zn pelo animal, mediante a formação de complexos insolúveis ou por reduzir a ligação do Zn aos receptores

das microvilosidades, em virtude da competição por um mecanismo de transporte comum. Mas isso não foi demonstrado neste estudo, pois, de acordo com os resultados observados, não houve efeito ( $P < 0,05$ ) dos níveis de Zn utilizados na dieta sobre o perfil de Ca nos leitões de 0 a

42 dias pós-desmame, sendo que os valores encontravam-se dentro da faixa de normalidade, apresentando-se um pouco elevados (1,38%) no último dia de coleta, comparados com valores de referência de LEMAN et al. (1996), que eram de 2,02 a 3,21 mmol/L (ou 8,10 a 12,87 mg/dL).

**TABELA 2.** Valores de F e coeficientes de variação (CV%) para parâmetros sanguíneos.

Estatísticas	Variáveis												
	Ca	Cu	Fe	Zn	Hb	Ht	PST	ALB	GLOB	Fa	AST	ALT	GGT
Parcelas													
F p/TR	1,52 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	27,97**		1,69 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	2,20 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	5,04*	4,82*	0,68 <sup>NS</sup>	
CV (%)	12,78	46,81	42,34	29,59	0,51 <sup>NS</sup>	6,56	9,98	13,10	52,36	22,54	33,49	32,76	1,22 <sup>NS</sup>
Subparcelas													
F para dia de coleta	16,91**	17,61**	20,12**	45,35**	15,84	19,73**	46,61**	39,99**	36,78**	81,12**	52,27**	38,90**	45,22
F para interação (TR*Dia)	1,70 <sup>NS</sup>	1,22 <sup>NS</sup>	2,43*	12,44**		2,61**	0,87 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	3,38**	1,71 <sup>NS</sup>	2,48**	
CV (%)	10,84	18,32	29,07	22,70		4,38	6,40	12,71	37,90	13,80	21,61	17,97	

<sup>NS</sup> Não significativo ( $P > 0,05$ ); Significativo: \* ( $P < 0,05$ ); \*\* ( $P < 0,01$ ).

### Níveis séricos de cobre

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de Zn sobre o Cu sérico dos leitões (Tabela 3). Quanto aos dias de coleta, notou-se que houve diminuição ( $P < 0,05$ ) durante os primeiros quatorze dias de fornecimento de ZnO, havendo recuperação posterior dos níveis de Cu, que atingiram, no 42º dia pós-desmame, valores que não diferiram ( $P > 0,05$ ) daqueles observados no dia zero.

Os resultados obtidos no presente experimento, até os quatorze dias pós-desmame, quando o ZnO foi adicionado na ração, foram semelhantes aos obtidos por HILL et al. (2001), que detectaram redução plasmática de Cu em leitões que receberam níveis maiores que 1.000 ppm de Zn na ração, sendo que os valores encontrados estiveram abaixo dos citados por ROOF & MAHAN (1982), de 1,39 a 1,78 µg/mL, e KANEKO (1989), de 133 a 278 µg/dL, porém não se observaram sinais clínicos de deficiência deste mineral.

### Níveis séricos de ferro

A análise dos níveis séricos de Fe (Tabela 3) demonstrou que não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do nível 0 para os diferentes dias de coleta. Para o nível de 1.500 ppm de Zn, os maiores ( $P < 0,05$ ) valores séricos de Fe foram observados nos dias 7 e 14 de coleta, voltando a diminuir após a retirada do ZnO da ração (dias 21 e 42 após o desmame). Dentro do nível de 3.000 ppm de Zn, os maiores ( $P < 0,05$ ) valores séricos de Fe foram encontrados nos dias 7 e 21 pós-desmame, embora estes não diferissem ( $P > 0,05$ ) dos dias 14 e 42. O menor valor ( $P < 0,05$ ) obtido foi no dia 0, que não diferiu dos dias 14 e 42. Dentro do maior nível de Zn na ração (4500 ppm), o maior ( $P < 0,05$ ) valor sérico de Fe foi obtido no 7º dia pós-desmame, e o menor ( $P < 0,05$ ) no dia 0, embora ambos não tenham diferido ( $P > 0,05$ ) dos dias 14, 21 e 42.

**TABELA 3.** Valores médios para níveis séricos de Ca, Cu, Fe e Zn (%) dos leitões alimentados com diferentes níveis de Zn.

	Dia de coleta					Média
	0	7	14	21	42	
Ca						
0	0,937	1,098	1,311	1,148	1,399	1,179
1.500	1,172	1,120	1,388	1,226	1,438	1,269
3.000	1,135	1,156	1,214	1,153	1,357	1,203
4.500	1,126	1,073	1,155	1,319	1,363	1,207
Média	1,092 d	1,112 cd	1,267 b	1,212 bc	1,389 a	1,214
Cu						
0	0,102	0,081	0,076	0,072	0,094	0,085
1.500	0,093	0,085	0,074	0,075	0,089	0,083
3.000	0,088	0,076	0,056	0,073	0,090	0,077
4.500	0,099	0,070	0,054	0,048	0,089	0,072
Média	0,095 a	0,078 bc	0,065 d	0,067 cd	0,090 ab	0,079
Fe						
0	0,080 a	0,174 a	0,130 a	0,153 a	0,134 a	0,136
1.500	0,069 b	0,204 a	0,181 a	0,088 b	0,099 b	0,128
3.000	0,073 b	0,172 a	0,123 ab	0,175 a	0,124 ab	0,133
4.500	0,070 b	0,162 a	0,120 ab	0,145 ab	0,142 ab	0,128
Média	0,073	0,178	0,138	0,140	0,125	0,131
Zn						
0	0,066 a	0,064 aB	0,069 aB	0,073 a	0,076 a	0,069
1.500	0,084 a	0,101 abB	0,119 aB	0,103 ab	0,082 b	0,098
3.000	0,070 c	0,159 bA	0,212 aA	0,114 bc	0,084 c	0,128
4.500	0,094 c	0,190 bA	0,276 aA	0,101 c	0,084 c	0,149
Média	0,079	0,128	0,169	0,098	0,082	0,111

<sup>a,A</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula (maiúsculas) na mesma linha (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A variação de Fe sérico observada neste estudo, em função da idade, pode ter ocorrido, provavelmente, porque os leitões estavam passando pelo estresse do desmame, vindo de uma dieta láctea, sendo que o leite da porca é pobre em Fe e o consumo de ração na maternidade é, em geral, muito baixo, além da predisposição da espécie em apresentar anemia ferropriva neonatal, associado ao crescimento rápido nesta fase. Observou-se que os níveis de Fe apresentaram tendência à normalização após o 7º dia pós-desmame, à medida que o consumo aumentava. Os resultados obtidos neste experimento diferiram daqueles encontrados por BERTOL & BRITO (1998), que detectaram redução de 22% na concentração de Fe em leitões que receberam 3.000 ppm de Zn na dieta. No entanto, os valores aqui obtidos encontravam-se dentro da faixa de normalidade (POND & HOUP, 1978; KANEKO, 1989; LEMAN et al., 1996).

#### Níveis séricos de zinco

Os níveis de Zn nas dietas e os dias de coleta afetaram os níveis séricos de Zn (Tabela 3). Observou-se também interação ( $P < 0,01$ ) entre dias de coleta e níveis de Zn nas rações. Para o nível 0 de Zn, não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) para os diversos dias de coleta. Para os níveis de 3.000 e 4.500 ppm de Zn nas rações, os maiores valores de Zn sérico observados foram no 14º dia de coleta, diminuindo depois, e para o nível de 1.500 ppm no dia 42.

Para níveis de Zn, dentro dos dias de coleta, somente houve diferença ( $P < 0,05$ ) nos dias 7 e 14, notando-se aumento ( $P < 0,05$ ) nos níveis mais elevados (3000 e 4500 ppm), não havendo diferença ( $P > 0,05$ ) para 0 e 1.500 ppm de Zn nas rações.

Os resultados observados estão de acordo com aqueles de HILL et al. (2001), que encontraram aumento plasmático de Zn em leitões que receberam 0 ppm de Zn *versus* 2.000 e 3.000 ppm de Zn na ração. Os níveis observados neste estudo são compatíveis com os valores médios (0,13 a 0,25 mg/dL) citados por POND & HOUPPT (1978), com exceção do maior nível encontrado após quatorze dias de suplementação com 4.500 ppm de Zn (0,276 ppm ou mg/dL), o que possivelmente poderia representar toxidez.

#### Taxa de hemoglobina

Houve interação ( $P < 0,05$ ) entre dias de coleta e níveis de Zn nas rações. Dentro do nível 0, observou-se diminuição ( $P < 0,05$ ) nos dias 14 e 21, com relação às demais coletas. Para o nível de 1.500 ppm de Zn na ração, verificou-se o maior nível de Hb ( $P < 0,05$ ) no 42º dia de coleta, embora este não diferisse do dia 7, e este, por sua vez, não diferiu ( $P > 0,05$ ) dos demais dias de coleta. Para os níveis de 3.000 e 4.500 ppm de Zn nas rações, observou-se que houve diminuição ( $P < 0,05$ ) nos dias 14 e 21 de coleta, embora não tenham diferido ( $P > 0,05$ ) do dia 0, e os maiores ( $P < 0,05$ ) níveis foram observados no 42º dia de coleta, embora não tenham diferido ( $P > 0,05$ ) do dia 7.

Resultados semelhantes foram observados por LIMA et al. (1994), MAMANI (1996) e BERTO et al. (1997a,b), em que altos níveis de Zn fornecidos na dieta não elevaram o teor de Hb nos leitões, diferentemente dos resultados de MIYADA et al. (1996), que observaram aumento significativo da Hb após 28 dias de fornecimento de ração contendo 2.250 ppm de Zn. O Fe absorvido na mucosa intestinal é transportado pela transferrina plasmática, que destina 70% a 90 % para a biossíntese da Hb, o que justifica a variação observada com a idade, que também aconteceu com os níveis de Fe séricos.

Os níveis observados neste estudo estão dentro da faixa de normalidade citada por KANEKO (1989), de 10 a 16 g/dL.

#### Valores de hematócrito

Houve interação ( $P < 0,01$ ) entre os níveis de Zn nas rações e os dias de coleta. Os animais que receberam ração sem adição de ZnO apresentaram o hematócrito mais elevado ( $P < 0,05$ ) no dia 7, e menor nos dias 0 e 14 de coleta, não havendo diferença ( $P > 0,05$ ) entre estes e os dias 21 e 42 de coleta. Para 1.500 ppm de Zn nas rações, as maiores ( $P < 0,05$ ) taxas de hematócrito observadas ocorreram nos dias 21 e 42 de coleta, não diferindo ( $P > 0,05$ ) do 7º e 14º dias de coleta. O menor ( $P < 0,05$ ) valor observado foi no dia 0. Com 3.000 ppm de Zn nas rações, o maior ( $P < 0,05$ ) hematócrito verificou-se no dia 42 e o menor ( $P < 0,05$ ) no 14º dia de coleta, sendo que, nos demais, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para este parâmetro. Para o nível de 4.500 ppm de Zn, o maior ( $P < 0,05$ ) hematócrito observou-se no dia 7 e o menor no dia 21 de coleta.

Dentro dos dias de coleta, notou-se que, no dia 21, o maior ( $P < 0,05$ ) valor observado ocorreu no nível de 1.500 e os menores nos níveis 3.000 e 4.500 ppm de Zn, sendo que o nível 0 ppm não diferiu ( $P > 0,05$ ) dos demais.

Os resultados observados neste estudo concordaram com os de LIMA et al. (1994), MAMANI (1996) e BERTO et al. (1997a, b), em que o Ht não se alterou com a utilização de altos níveis de Zn na ração de leitões desmamados, e discordaram daqueles encontrados por MIYADA et al. (1996), que detectaram elevação no Ht de leitões que receberam 2.250 ppm de Zn. Ainda assim, os valores encontrados estiveram na média daqueles citados por POND & HOUPPT (1978), de  $36,1 \pm 7,3\%$ , mas superiores aos encontrados por LIMA et al. (1994), MAMANI (1996) e BERTO et al. (1997b), que variaram de 33,5% a 37,8%.

#### Níveis de proteínas séricas totais

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos para proteínas totais, com relação aos níveis de Zn nas rações e dias de coleta. Os

diferentes níveis de Zn não afetaram ( $P>0,05$ ) os conteúdos de proteínas totais, enquanto houve efeito ( $P<0,05$ ) dos dias de coleta sobre este componente. Não foi observada interação ( $P>0,05$ ) entre níveis de Zn e dias de coleta. O maior ( $P<0,05$ ) valor observado ocorreu no 42º dia de coleta, os menores nos dias 14 e 21 ( $P<0,05$ ), e registraram-se valores intermediários nos dias 0 e 7 ( $P<0,05$ ).

Os valores observados discordaram dos apresentados por LIMA et al. (1994), que encontraram elevação no conteúdo de proteínas totais no soro de leitões que receberam 2.400 ppm de Zn, mas foram semelhantes aos obtidos por MAMANI (1996), que não detectaram diferenças em proteínas totais plasmáticas (PTP) de leitões que receberam 2.400 ppm de Zn.

Nos dias 15 e 36 pós-desmame realizaram-se as trocas de rações, respectivamente, de Pré-Inicial para Inicial 1, e de Inicial 1 para Inicial 2, de modo que as alterações na formulação das rações podem ter contribuído para a variação observada em função da idade. Houve mudanças na proporção da fonte de proteína, nos níveis e nas fontes dos aminoácidos sintéticos utilizados, redução gradativa do percentual de proteína de origem láctea, e retirada do plasma e da proteína texturizada de soja. Os valores de PST deste experimento foram inferiores àqueles reportados por KANEKO (1989) – 79 a 89 g/L – e MAMANI (1996) – 5,43 a 5,52 g/dL –, mas semelhantes aos citados por LEMAN et al. (1996) – de 44 a 74 g/L.

#### Níveis séricos de albumina

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram que não houve efeito ( $P>0,01$ ) dos níveis de Zn nas rações sobre a albumina sérica. No entanto, os dias de coleta afetaram ( $P<0,05$ ) este parâmetro. Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre níveis de Zn e dias de coleta. Houve diminuição ( $P<0,05$ ) nos níveis de albumina do dia 0

para o dia 7 e aumento na seqüência, até atingir o valor máximo no 42º dia de coleta.

Os resultados obtidos concordaram com os valores observados por MAMANI (1996), quando 2.500 ppm de Zn na dieta de leitões desmamados não alteraram o nível de proteínas plasmáticas, mesmo sendo a albumina de grande importância no transporte do Zn. Os valores de ALB foram compatíveis com a faixa considerada normal por LEMAN et al. (1996) – de 19 a 39 g/L.

#### Níveis séricos de globulina

Na Tabela 4, encontram-se os resultados observados para níveis séricos de globulina, em função dos níveis de Zn nas rações e dias de coleta. Observou-se que não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de Zn das rações sobre os resultados obtidos para globulina, havendo, porém, diferença ( $P<0,01$ ) para os dias de coleta. Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre níveis de Zn e dias de coleta. O maior nível foi observado no dia 7 e os menores nos dias 0 e 21, com valores intermediários nos dias 14 e 42 de coleta. O maior valor observado no 7º dia de coleta pode ser decorrente de uma possível elevação na produção de anticorpos, quando os animais foram submetidos ao novo ambiente (creche), já que, 21 dias depois do desmame, os níveis séricos já haviam se normalizado, comparando-se com o dia zero, mas os anticorpos adquiridos pelo colostro (IgG) podem persistir no soro dos leitões até seis semanas de idade.

Os resultados observados confirmaram os obtidos por MAMANI (1996), que não encontrou diferenças no nível de globulinas dos leitões submetidos a altos níveis de Zn, porém, foram, em média, inferiores a estes (2,47 a 2,35 g/dL) e aos valores de referência citados por KANEKO (1989) – de 5,29 a 6,43 g/dL – para suínos adultos.



**TABELA 4.** Valores médios dos níveis séricos de Hb (g/dL), Ht (%), proteínas totais (g/dL), albumina (g/dL) e globulina (g/dL) dos leitões alimentados com diferentes níveis de Zn.

	0	Dia de Coleta				Média
		7	14	21	42	
<b>Hb</b>						
0	12,58 a	12,65 a	9,56 b	10,34 b	14,34 a	11,89
1.500	9,85 b	11,81 ab	11,57 b	10,08 b	14,29 a	11,52
3.000	10,96 bc	12,36 ab	9,56 c	9,61 c	13,97 a	11,29
4.500	11,05 bc	13,12 ab	9,83 c	9,51 c	15,20 a	11,74
Média	11,11	12,49	10,13	9,88	14,45	11,61
<b>Ht</b>						
0	37,0 b	41,5 a	37,4 b	39,3 abAB	40,7 ab	39,18
1.500	37,5 c	39,4 ab	38,8 ab	40,9 aA	42,2 a	39,76
3.000	38,1 ab	40,8 ab	36,6 b	37,8 abB	42,0 a	39,06
4.500	39,7 bc	43,0 a	40,0 abc	37,8 cB	42,2 ab	40,54
Média	38,08	41,17	38,20	39,95	41,77	39,64
<b>Prot. totais</b>						
0	4,41	4,56	4,11	4,02	5,24	4,47
1.500	4,41	4,66	4,08	4,28	5,04	4,49
3.000	4,52	4,77	4,06	4,19	5,04	4,52
4.500	4,25	4,76	4,06	3,86	5,13	4,41
Média	4,40 c	4,69 b	4,08 d	4,09 d	5,11 a	4,47
<b>Albumina</b>						
0	3,34	2,41	2,94	3,34	3,94	3,19
1.500	3,83	2,66	3,19	3,58	4,12	3,47
3.000	3,97	2,45	2,76	3,45	4,06	3,34
4.500	3,18	2,51	2,87	3,51	4,03	3,22
Média	3,58 b	2,51 d	2,94 c	3,47 b	4,04 a	3,31
<b>Globulina</b>						
0	1,07	2,15	1,17	0,68	1,29	1,27
1.500	0,58	2,00	0,89	0,70	1,07	1,05
3.000	0,55	2,31	1,31	0,73	0,98	1,18
4.500	1,07	2,25	1,19	0,35	1,09	1,19
Média	0,82 c	2,18 a	1,14 b	0,61 c	1,11b	1,17

<sup>a,A</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula (maiúsculas) na mesma linha (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

#### Atividade enzimática sérica de fosfatase alcalina

Os resultados para FA (Tabela 5) indicaram que os maiores níveis de atividade desta enzima foram encontrados ao desmame (dia 0), embora para 3.000 ppm não tenha havido diferença ( $P>0,05$ ) entre este dia de coleta e os dias 7 e 14, e para o nível de 4.500 ppm não tenha diferido do dia 14. Os menores valores de atividade enzimática sérica da FA foram observados no último dia de coleta. No dia zero, os níveis de atividade da FA estavam mais elevados para todos os tratamentos, pois, em todas as espécies, os animais mais jovens possuem maior atividade osteoblástica, que decresce naturalmente,

conforme demonstraram os leitões submetidos à dieta-controle.

Os osteoblastos secretam grande quantidade de FA quando estão depositando ativamente matriz óssea. Acredita-se que a FA aumente a concentração local de fosfato inorgânico ou que ative as fibras colágenas de tal maneira que causem a deposição de sais de Ca no osso (MEYER, 1995), o que torna o Ca menos disponível na circulação. Observou-se no 42º dia de coleta menor atividade sérica de FA e o maior teor de Ca, inversamente do ocorrido no dia do desmame, sugerindo que, no crescimento dos leitões, a deposição de Ca no osso é superior aos 21 dias de idade do que aos 63 dias de idade.

Dentro do 14<sup>o</sup> dia de coleta, os maiores ( $P<0,05$ ) valores para atividade enzimática sérica da FA foram observados nos níveis 3.000 e 4.500 ppm, e os menores nos níveis 0 e 1.500 ppm de Zn. Estes resultados demonstraram que os maiores níveis de Zn na ração por 14 dias estimularam a síntese de FA, mas tal mecanismo não é conhecido.

Os valores obtidos situaram-se dentro dos valores propostos por LEMAN et al. (1996) – de 142 a 891 U/L – e concordaram com os acha-

dos de HSU et al. (1975), que forneceram 4.000 ppm de Zn para leitões, e de HILL et al. (1983), que utilizaram 5.000 ppm de Zn por tempo prolongado em marrãs, observando aumento da atividade enzimática da FA. Neste último caso, os autores não distinguiram se foi o alto nível de Zn consumido que estimulou o aumento a atividade da FA, ou se ele foi decorrente do aumento da atividade osteolítica nas marrãs, que também apresentaram osteocondrose.

**TABELA 5.** Valores médios da atividade enzimática sérica de FA (U/L), AST (U/L), ALT (U/L) e GGT (U/L) dos leitões alimentados com diferentes níveis de Zn.

	Dia de Coleta					Média
	0	7	14	21	42	
FA						
0	406,48 a	263,15b	226,57 bB	245,57 b	209,50 b	270,25
1.500	427,49 a	310,17 b	278,02 bcB	255,85 bc	197,05 c	293,71
3.000	417,00 a	353,71 ab	375,93 abA	274,24 bc	212,18 c	326,61
4.500	478,54 a	353,33 bc	391,91 abA	287,77 c	180,62 d	338,43
Média	432,38	320,09	318,11	265,86	199,84	307,25
AST						
0	24,92	9,25	15,47	14,65	17,49	16,36 b
1.500	24,53	10,50	16,63	16,05	19,08	17,36 b
3.000	31,38	11,37	16,05	13,69	19,33	18,36 ab
4.500	32,01	10,75	26,07	18,41	25,79	22,61 a
Média	28,21 a	10,47 d	18,56 bc	15,70 c	20,42 c	18,67
ALT						
0	26,75 a	13,98 b	30,12 aB	27,67 a	28,34 aAB	25,37
1.500	24,39 ab	18,27 b	24,75 aB	25,93 ab	30,51 aAB	26,77
3.000	27,57 ab	17,59 b	34,37 aAB	26,32 ab	24,34 abB	26,04
4.500	23,62 bc	18,75 c	43,43 aA	24,29 bc	33,50 abA	28,72
Média	25,58	17,15	35,67	26,05	29,17	26,72
GGT						
0	135,37	89,10	86,42	70,84	99,36	96,22
1.500	148,78	95,93	108,13	78,00	126,76	111,52
3.000	148,21	87,15	105,37	76,85	105,52	104,62
4.500	105,69	71,96	86,67	80,60	97,52	88,49
Média	134,51 a	86,04 cd	96,65 bc	76,57 d	107,29 b	100,21

<sup>aA</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula (maiúsculas) na mesma linha (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Atividades enzimáticas séricas de aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT)

Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre níveis de Zn e dias de coleta para a atividade enzimática sérica da AST (Tabela 2). A variação observa-

da em função dos níveis de Zn sobre a atividade da AST demonstrou que, para leitões que receberam 4.500 ppm de Zn, esta foi maior do que os demais, embora não tenha diferido de 3.000 ppm de Zn. Observaram-se os maiores ( $P<0,01$ ) valores de atividade de AST para os diferentes níveis de Zn no desmame (dia 0) e os menores

no 7º dia de coleta, sendo que nos demais foram intermediários. Os valores de AST encontrados neste estudo (de 9,25 a 32,01 U/L), apesar de demonstrarem variação em função dos dias de coleta, estiveram abaixo da faixa de valores considerados normais por KANEKO (1989) – de 32 a 84 U/L.

Para a atividade enzimática sérica de ALT, houve efeito ( $P < 0,01$ ) da interação entre os níveis de Zn e os dias de coleta. Para esta enzima, de modo geral, os maiores níveis foram encontrados no dia 14 e os menores no dia 7, embora os demais valores tenham sido intermediários. Dentro dos dias de coleta, houve efeito dos níveis de Zn para os dias 14 e 42, com os maiores ( $P < 0,05$ ) valores da atividade desta enzima (43,43 e 33,50 U/L, respectivamente) tendo sido obtidos no maior nível de Zn (4500 ppm). A atividade de ALT obtida neste estudo (de 13,98 a 43,43 U/L) se situou dentro da faixa normal citada por LEMAN et al. (1996) – de 8 a 46 U/L.

Aos 14 dias pós-desmame, os maiores níveis de AST e ALT coincidiram com o nível mais alto de Zn nas rações, mostrando um possível efeito tóxico desse alto nível, pois a alteração dessas enzimas pode significar a existência de lesões de necrose hepática.

Atividade enzimática sérica de gama glutamil transferase (GGT)

Os níveis de Zn nas rações não afetaram ( $P > 0,05$ ) a atividade enzimática sérica de GGT, havendo efeito ( $p < 0,01$ ) dos dias de coleta (os resultados são apresentados na Tabela 5). Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre níveis de Zn e dias de coleta. Para dias de coleta, o maior ( $P < 0,05$ ) valor encontrado para atividade de GGT foi no dia 0 e o menor no dia 21, embora este não tenha diferido do dia 7. Os dias 14 e 42, e 7 e 14 não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si.

Todos os resultados encontrados foram superiores à faixa de 10 a 60 U/L citada por KANEKO (1989), sendo que implicariam na presença de possível quadro de colestase, durante toda a fase de creche, ou poderia ser apenas

efeito da idade. Algumas fêmeas, como a vaca, a ovelha e a coelha, possuem elevada atividade de GGT no colostro, que é prontamente absorvido e lançado ao plasma dos recém-nascidos (KANEKO, 1989), hipótese que poderia ser estendida à espécie suína, com base nos dados obtidos, particularmente graças ao maior nível encontrado no dia do desmame, comparado aos demais.

## CONCLUSÕES

A adição de 4.500 ppm de Zn às rações levou ao aumento sérico de Zn, acima do nível máximo encontrado na literatura, o que possivelmente poderia indicar toxicidade aos animais e causar maior impacto ambiental, em virtude da maior eliminação de Zn nas fezes. Os parâmetros sanguíneos, de modo geral, não foram afetados pelos diferentes níveis de Zn, porém todos sofreram efeito dos diferentes dias de coleta, de 0 a 42 dias após o desmame.

## REFERÊNCIAS

- BERTO, D. A.; CURI, P. R.; WATANABE, L.G. Efeitos da adição de cobre e zinco nas rações com nível elevado de ferro (300 ppm) sobre o desempenho e hematologia de leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 1997a. p.121-123.
- BERTO, D. A.; CURI, P.R.; WATANABE, L.G. Efeitos da adição de cobre e zinco nas rações com nível normal de ferro (100 ppm) sobre o desempenho e hematologia de leitões. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 1997b. p.124-126.
- BERTOL, T. M.; BRITO, B. G. Efeito de altos níveis de zinco suplementar no desempenho e mortalidade de leitões. **Pesquisa Agropecuária**

- Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p.1493-1501, 1998.
- BERTOLO, R. F. P. et al. Calcium competes with zinc for a channel mechanism on the brush border membrane of piglet intestine. **Journal Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 12, p.66-72, 2001.
- EASTER, R. A. Acidification of diets for pigs. In: RECENT DEVELOPMENTS IN PIG NUTRITION, 2., 1993, Nottingham. **Anais...** Loughborough: Nottingham University Press, 1993. p. 256-266.
- FRYER, A. et al. Effect of elevated dietary zinc on growth performance of weanling. **Swine research report from the Michigan State University**. Agricultural Experimental Station East Lansing, n. 520, p.128-132, 1992.
- HILL, G. M. et al. Effect of pharmacological concentrations of zinc oxide with or without the inclusion of an antibacterial agent on nursery pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p.934-941, 2001.
- HILL, G. M.; MILLER, E. R.; WHETTER, P. A.; ULLREY, D. E. Concentration of minerals in tissues of pigs from dams fed different levels of dietary zinc. **Journal of Animal Science**, v. 57, p. 130-138, 1983.
- HSU, F.S. et al. Interaction of dietary calcium with toxic levels of lead and zinc in pigs. **Journal Nutr.**, Philadelphia, v.105, p.112-118, 1975.
- KANEKO, J. J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 4. ed. London: Academic Press, 1989. 932 p.
- LEMAN, A. D. et al. **Diseases of swine**. 7. ed. Ames: Iowa State University Press, 1996. 1021 p.
- LIMA, G. J. M. M. et al. Efeito do período de suplementação de zinco na dieta sobre o desempenho de suínos desmamados. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 6, p. 949-958, 1994.
- MAMANI, N. J. P. **Efeitos da suplementação de altos níveis dietéticos de cobre e zinco no desempenho de leitões**. 1996. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MEYER, D. J. **Medicina de laboratório veterinária: interpretação e diagnóstico**. São Paulo: Editora Roca, 1995. 308 p.
- MIYADA, V. S.; MENTEN, J. F. M.; BOTELHO, F. G. A. et al. Efeitos de níveis de zinco dietético suplementar e período de fornecimento sobre o desempenho de leitões em recria. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza, 1996. p.113.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of swine**. 10. ed. Washington: National Academy Press, 1998. 189 p.
- POND, W.G.; HOUP, K.A. **The biology of the pig**. London: Cornell University Press, 1978. p.245-275.
- POULSEN, H. D. Zinc oxide for weanling piglets. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v. 45, p. 159, 1995.
- ROOF, M. D.; MAHAN, D. C. Effect of carbadox and various dietary copper levels for weanling swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, p.1109-1117, 1982.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. Cary, 1985. 956 p.
- SMITH, J.W. et al. The effect of increasing zinc oxide supplementation on starter pig growth

performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, suppl. 1, p.72, 1995.

TOKACH, M.D; GOODBAND, R.D.; NELSEN, J. L. Swine nutrition research 1997. In: ANNUAL PFIZER RESEARCH CONFERENCE, 46., 1998, Dallas, **Proceedings...** Dallas, 1998. p.161.

WAERN, M. J. et al. Zinc supplementation to weaned pigs: effects on uptake, storage and

morphology. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 1996, Bologna. **Proceedings...** Bologna, 1996. p. 690.

ZIEGERHOFER, J. Einfluss von Zinkoxid auf die enteropathogen *E. coli* von Absetzferken im Feldversuch. **Wiener tierärztliche Monatsschrift**. Mschr. Jahrgang, 1988. p.508.

---

Protocolado em: 8 jun. 2006. Aceito em: 15 jan. 2007.