

EFEITOS DO COBRE, FERRO E ZINCO NA ALIMENTAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO¹

CLAÚDIO BELLAVER², PAULO CEZAR GOMES⁴, JURIJ SOBESTIANSKY³,
ELIAS TADEU FIALHO⁴, M.A.V.P. BRITO⁵, ALFREDO RIBEIRO DE FREITAS⁴
e JOSÉ FERNANDO PROTAS⁶

RESUMO - Foi realizado um experimento testando níveis de cobre, ferro e zinco em rações para suínos, formuladas com base em milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas. A conversão alimentar (Y) do período experimental total foi semelhante ($P > 0,05$) nos níveis de cobre (X) de 125 e 250 ppm. Ambos diferiram do nível de 6 ppm de cobre, porém o efeito linear foi significativo ($P < 0,05$), manifestado pela equação: $\bar{Y} = 3,3165 - 0,0005325X$; com $R^2 = 0,78$. A análise de variância para o ganho diário médio (GDM) não mostrou efeitos significativos ($P > 0,05$), mas a análise de regressão revelou que os níveis de cobre (X) influem sobre o GDM (Y), de acordo com a equação: $\bar{Y} = 555,06 + 0,42475X - 0,00178X^2$, com $R^2 = 0,99$. Os níveis de 6, 125 e 250 ppm de cobre na ração levaram ao aumento linear do cobre no fígado, sendo respectivamente de 74, 432 e 1.306 ppm de cobre na matéria seca. Esse aumento do cobre hepático levou à diminuição do ferro e ao aumento do zinco hepático, no nível de 250 ppm de cobre na ração. A diminuição do ferro no nível de 250 ppm de cobre ocasionou anemia microcítica hipocrômica, que explica o inferior desempenho no nível de 250 ppm de cobre. Com base nos resultados obtidos e na análise econômica, foi concluído que o nível de 125 ppm de cobre na ração proporcionou melhorias no desempenho dos animais, sem risco de intoxicação alimentar para os animais e para o homem.

Termos para indexação: minerais, microelementos, hematologia, carcaça, promotor de crescimento, aditivos, antimicrobianos.

EFFECTS OF COPPER, IRON AND ZINC IN THE RATION ON THE PERFORMANCE OF GROWING-FINISHING PIGS

ABSTRACT - An experiment was conducted to test copper, iron and zinc levels in pig diets formulated based on corn, soybean meal, minerals and vitamins. Feeds over gain ratio (Y) in the total experimental period was similar ($P > 0.05$) for 125 and 250 ppm levels of copper (X) both differing from the level of 6 ppm. The linear effect ($\bar{Y} = 3.3165 - 0.0005325X$) was significant with $R^2 = 0.78$. The variance analysis for average daily gain did not show significant effects ($P > 0.05$), but the regression analysis showed that the levels of copper (X) did influence on average daily gain (Y) according to the equation: $\bar{Y} = 555.06 + 0.42475X - 0.00178X^2$ with $R^2 = 0.99$. The levels of 6, 125 and 250 ppm of copper in the ration showed a linear increase of copper storage in the liver, being respectively 74, 432 and 1306 ppm based on the dry matter. This increase of copper in the liver was responsible for a decrease of iron and an increase of zinc in the liver when the ration was treated with 250 ppm of copper. This iron decrease caused a microcitic hypochromic anemia, which explains the lower performance of the animals consuming diets with 250 ppm of copper. Based on the results and economic analysis it was concluded that the level of 125 ppm of copper in the ration was responsible for a better performance of the animals without any risk of toxicity to them or even to man.

Index terms: minerals, microelements, hematology, carcass, growth promotor, additive, antimicrobiologicals.

INTRODUÇÃO

A utilização de antimicrobianos nas rações de suínos como promotores do crescimento vem sendo estudada há aproximadamente três décadas, havendo, entretanto, dúvidas a respeito das formas de atuação e quanto ao próprio efeito da droga no animal.

Nutricionalmente, o National Research Council

¹ Aceito para publicação em 22 de julho de 1982.

² Méd. Vet. M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPISA) - EMBRAPA, Caixa Postal D-3, CEP 89700 - Concórdia, SC.

³ Méd. Vet. D.Sc., CNPISA, Concórdia, SC.

⁴ Eng.º Agr.º, M.Sc., CNPISA, Concórdia, SC.

⁵ Bioq., M.Sc., CNPISA, Concórdia, SC.

⁶ Econ., M.Sc., CNPISA, Concórdia, SC.

(1979) e Okonkwo et al. (1979) recomendam 6 mg de cobre/kg de dieta e o Agricultural Research Council (1967), 4 mg/kg de dieta. Todavia, a utilização do cobre como promotor do crescimento não deve ser considerada como um suplemento alimentar e sim como droga e, portanto, a concentração deste elemento nos tecidos dos animais alimentados com o cobre não deverá ultrapassar demasiadamente a concentração obtida com o cobre em nível dietético (Mahaffey 1977).

O emprego de 250 ppm de cobre elementar na ração proporcionou melhores ganhos de peso e/ou conversão alimentar nos trabalhos de Bunch et al. (1963), Ritchie et al. (1963), Berek et al. (1967), Goey et al. (1971), Kline et al. (1971), Braude & Ryder (1973), Meyer & Kroger (1973a) e Barber et al. (1978), ou, ainda, com níveis próximos a 125 ppm, como nos trabalhos de Lavorenti (1975), Castell et al. (1975) e Cooke et al. (1979).

Embora a maioria dos resultados sejam de um efeito positivo sobre o desempenho dos animais, autores como Mello et al. (1972), Elliot & Amer (1973), Gipp et al. (1973), Lillie et al. (1977), Eisemann et al. (1979) detectaram que não há diferenças significativas em relação às testemunhas pelo emprego de até 250 ppm de cobre na ração.

A variabilidade nas respostas ao uso de cobre não são completamente entendidas. Gipp et al. (1973) supõem que a composição dietética possa ser um fator a considerar, o que parece ter acontecido no estudo feito por Hanrahan & O'Grady (1968), os quais observaram uma maior incidência de toxicose em rações de baixo nível protéico. A fonte protéica parece ter efeito, e foi verificado, por Drouliscos et al. (1969), que com farinha de peixe há menos toxicose. Ainda, Cooke et al. (1979) supõem que a falta de resposta após a adição do cobre à ração em alguns experimentos poderia ser devida à insuficiência de zinco na ração.

Quanto a este aspecto, os trabalhos de Bunch et al. (1963), Hanrahan & O'Grady (1968), Suttle & Mills (1966), Goey et al. (1971) e Kline et al. (1972) constataram que o ferro e/ou zinco podem antagonizar o efeito tóxico do cobre em nível alto.

O cobre parece ter pouco efeito na carcaça (Castell et al. 1975, Braude & Ryder 1973); entretanto, Barber et al. (1978), Goey et al. (1971) e Mello et al. (1972) observaram uma tendência a

reduzir a espessura de toucinho. Meyer & Kroger (1973) referenciam melhor rendimento, menor comprimento e maior percentual de carne na carcaça pela suplementação com cobre.

Ritchie et al. (1963), Combs et al. (1966), Goey et al. (1971), Kline et al. (1971 e 1972) mostram que há uma tendência de redução dos teores de hemoglobina e hematócrito quando se usam 250 e 500 ppm de cobre na ração; mas tanto estes últimos autores como Lillie et al. (1977) verificaram pouca variação devida aos níveis de cobre.

Há concordância geral dos autores em que a concentração de cobre no fígado aumenta com a sua adição na dieta (Bunch et al. 1963, Combs et al. 1966, Mello et al. 1972, Eisemann et al. 1979), porém esta concentração pode diminuir por adição de zinco (Ritchie et al. 1963, Hanrahan & O'Grady 1968, Goey et al. 1971) ou ferro (Goey et al. 1971). A concentração de ferro no fígado diminuiu pelo aumento do cobre ou cobre e zinco (Ritchie et al. 1963, O'Donovan et al. 1966 e Gipp et al. 1973).

No plasma, o ferro, o cobre e o zinco não mostraram variações significativas nos trabalhos conduzidos por Kline et al. (1971 e 1972), Gipp et al. (1973), Lillie et al. (1977) e Eisemann et al. (1979). Por outro lado, Goey et al. (1971) e Frobish & Lillie (1979) observaram um aumento da concentração de cobre e zinco plasmático pela adição dos respectivos minerais à dieta.

Com relação aos resíduos lançados nas fossas anaeróbicas, foi observado, por Brum & Sutton (1979), que há uma diminuição na decomposição das fezes, sem alterações nas fezes frescas.

Este experimento teve como objetivos: quantificar a ação e interrelações do cobre, ferro e zinco usados em altos níveis na ração, visando promover o crescimento; estudar os aspectos relacionados com a concentração destes minerais em tecidos destinados ao consumo humano; e avaliar a eficiência do uso destes minerais em rações de suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas instalações experimentais do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, em Concórdia, SC, no período de dezembro/80 a abril/81, com 144 leitões castrados e 144 leitões da raça Landrace,

com peso médio de 20,39 kg e idade média de 78 dias.

O delineamento experimental foi o completamente casualizado, com doze tratamentos organizados em esquema fatorial de três níveis de cobre, dois de ferro e dois de zinco (3 x 2 x 2), adicionados a rações calculadas de acordo com dados do National Research Council (1979) (Tabela 1). Foram utilizadas quatro repetições, com a unidade experimental representada por seis animais.

As pesagens dos animais foram feitas de 21 em 21 dias, assim como dos comedouros. As baias eram equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, com piso totalmente ripado, sem limpeza durante o experimento.

As fontes de microelementos estiveram baseadas em sulfatos de cobre, ferro e zinco, e as pré-misturas e rações foram homogeneizadas em misturadores tipo Y e vertical, respectivamente.

No início (20,39 kg), meio (54,75 kg) e final (87,35 kg), foi coletado sangue da veia cava anterior, visando estudos sobre hemoglobina, hematócrito e concentração de microelementos no plasma. O hematócrito foi realizado em tupos capilares após três minutos de centrifugação a 10.000 rpm. A hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina (Biolab - Mérieux).

Ao abate, o tecido hepático foi amostrado adjacente ao ducto biliar e estocada a -15°C, de modo semelhante ao que foi feito por O'Donovan et al. (1966), Kline et al. (1971) e Elliot & Amer (1973), sendo que nesta região (ducto biliar), a concentração de cobre é semelhante à observada no fígado total.

Também foi retirada uma amostra do músculo longo dorsal na altura da primeira vértebra lombar.

As determinações da concentração de cobre, ferro e zinco, seguiram as técnicas desenvolvidas por Souza⁷, usando o espectrofotômetro de absorção atômica AA-175 Varian, e estimados através de regressão linear simples a partir das curvas-padrão.

Também foi realizada a avaliação da carcaça dos animais de acordo com os procedimentos descritos por Gai (1977), utilizando-se 36 terminados castrados com três repetições por tratamento.

Análise econômica

A análise econômica foi feita em duas partes. Em primeiro lugar, analisou-se, através de um estudo de custo-benefício, qual dentre os tratamentos testados, apresentou melhor eficiência econômica. Em segundo lugar, analisou-se - também através de estudo de custo-benefício - a eficiência econômica dos aditivos minerais nos diferentes níveis usados nas rações testadas.

RESULTADOS

Os resultados obtidos graças ao efeito do cobre, ferro e zinco no que se refere ao desempenho, características de carcaça, valores hemáticos e concentrações nos tecidos, são apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Aos 21 dias após o início do experimento, foi observado que o ganho médio diário (GMD) e a conversão alimentar (CA) foram influenciados pelos níveis de cobre. Para o GMD, os níveis de 6 e 250 ppm diferiram entre si ($P < 0,05$); porém, ambos foram iguais no nível de 125 ppm ($P > 0,05$). O GMD em função dos níveis de cobre foi estimado através da equação: $\hat{Y} = 508,09 + 0,3723X$ ($R^2 = 0,96$; $P < 0,05$).

A melhor conversão alimentar observada até os 21 dias experimentais foi com 250 ppm de cobre; foi diferente ($P < 0,05$) dos demais níveis, embora esses não tenham diferido entre si ($P > 0,05$). A equação que associa o efeito dos níveis de cobre (X) sobre a conversão alimentar (Y) é: $\hat{Y} = 2,61 - 0,0012X$ ($R^2 = 0,94$; $P < 0,05$).

A conversão alimentar durante o período de crescimento indicou que o zinco não agiu isoladamente, mas interagiu com o cobre ($P < 0,05$). O nível de 60 ppm de zinco proporcionou conversões alimentares de 2,77; 2,75 e 2,71, semelhantes ($P < 0,05$) para os níveis crescentes de cobre estudados, enquanto que o nível de 200 ppm de zinco causou diferenças significativas ($P < 0,05$) para 6 e 250 ppm de cobre (2,80 e 2,64), ficando o nível de 125 ppm com 2,72 não diferindo dos outros níveis de cobre ($P > 0,05$). Houve efeito linear ($P < 0,05$) da conversão alimentar (Y) em função do cobre (X), dado pela equação: $\hat{Y} = 2,79 - 0,00045X$ ($R^2 = 0,99$).

Considerando-se apenas o período de terminação, o GMD ao nível de 125 ppm de cobre foi diferente ($P < 0,05$) do GMD ao nível de 250 ppm, e ambos foram semelhantes a 6 ppm de cobre ($P > 0,05$). Houve efeito quadrático do GMD (Y) em função dos níveis crescentes de cobre (X), calculado pela equação: $\hat{Y} = 548,66 + 0,39725X - 0,00211X^2$ ($R^2 = 0,99$).

Quando foram analisados globalmente o crescimento e a terminação, foi verificado que a conversão alimentar total foi semelhante ($P > 0,05$) para

⁷ Souza, J.C. Comunicação pessoal. Campo Grande, EMBRAPA-CNPQC, 1980.

TABELA 2. Efeito de rações com níveis de cobre, ferro e zinco no desempenho e características de carcaça de suínos Landrace, no período de 12/80 a 04/81, em Concórdia, SC.

Tratamentos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
Peso inicial (78 dias, kg)	20,42	20,16	19,99	20,27	20,24	20,24	20,74	20,60	20,56	20,67	20,44	20,31
Ganho médio diário com 21 dias (g) ¹	514	525	495	486	588	567	541	568	581	592	600	611
Conversão alimentar com 21 dias ²	2,51	2,52	2,58	2,77	2,32	2,57	2,62	2,46	2,28	2,38	2,33	2,24
Ganho médio diário no crescimento (g)	572	568	570	545	594	598	595	610	552	588	582	617
Conversão alimentar no crescimento ^{2,3}	2,74	2,74	2,80	2,87	2,82	2,78	2,67	2,66	2,76	2,68	2,66	2,60
Ganho médio diário na terminação (g) ⁴	579	543	556	516	602	568	555	536	536	506	520	502
Conversão alimentar na terminação	3,94	3,98	3,88	3,83	3,76	3,71	3,65	3,93	3,95	3,81	3,80	3,79
Ganho médio diário total (g)	576	555	563	526	599	583	576	564	542	545	553	560
Conversão alimentar total ²	3,34	3,34	3,33	3,32	3,28	3,18	3,14	3,24	3,32	3,20	3,18	3,13
Rendimento de carcaça (%) ⁵	77,93	80,23	82,09	81,39	79,78	80,99	81,56	81,29	79,07	79,85	80,93	80,45
Comprimento de carcaça (cm) ⁵	92,67	92,67	89,83	92,33	94,33	95,83	94,50	89,87	92,83	95,00	93,33	91,33
Espessura do toucinho (cm)	3,16	3,77	3,84	3,49	3,46	3,34	3,34	3,36	3,41	3,00	3,77	3,36
Área de olho-de-lombo (cm ²)	34,08	28,03	33,00	34,93	33,27	36,38	30,30	35,90	31,23	35,48	34,38	36,55
Relação carne:gordura	0,69	0,93	0,78	0,76	0,76	0,82	0,80	0,67	0,81	0,69	0,85	0,68

¹ Efeito linear positivo dos níveis de cobre (P < 0,05).

² Efeito linear negativo dos níveis de cobre (P < 0,05).

³ Houve interação significativa entre Zn e Cu (P < 0,05).

⁴ Efeito quadrático dos níveis de cobre (P < 0,05).

⁵ Efeito de nível de zinco (P < 0,05).

TABELA 3. Efeito das rações com níveis de cobre, ferro e zinco sobre valores hemáticos e de concentração nos tecidos de suínos Landrace, no período de 12/80 a 04/81, em Concórdia, SC.

Tratamentos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
Hemoglobina final experimento (g%) ¹	11,60	11,60	12,05	12,00	12,93	10,86	11,08	11,70	11,10	10,53	10,93	10,63
Hematócrito final experimento (%) ²	40,00	39,67	41,33	41,00	44,33	40,33	39,00	42,00	38,33	35,67	37,00	37,33
Nível de Cu no fígado ppm na MS ⁴	70,75	85,25	62,00	79,75	310,00	377,25	280,25	761,25	1518,00	1455,00	932,75	1317,00
Nível de Fe no fígado ppm na MS ²	747,00	738,25	554,50	704,75	638,00	670,50	466,75	717,50	291,25	374,50	488,75	356,50
Nível de Zn no fígado ppm na MS ^{2, 3}	229,75	209,00	235,00	276,50	209,25	223,25	246,25	259,50	256,50	272,50	299,50	358,75
Nível de Cu no plasma µg/ml	12,80	6,07	8,15	4,58	10,78	10,88	3,23	5,58	6,95	6,20	15,25	6,23
Nível de Fe no plasma µg/ml	11,00	8,50	14,25	14,93	12,73	9,28	14,23	10,25	8,65	12,97	13,15	12,15
Nível de Zn no plasma µg/ml	4,43	6,93	11,18	10,68	5,73	8,05	3,53	11,33	7,78	10,77	5,35	5,93
Nível de Cu no músculo ppm na MS	12,97	9,90	12,23	5,87	9,50	11,30	10,10	3,57	10,70	6,60	4,63	11,47

* MS = Matéria seca

1 Efeito linear negativo dos níveis de cobre (P < 0,05)

2 Efeito quadrático dos níveis de cobre (P < 0,05)

3 Efeito do nível de zinco (P < 0,05)

4 Efeito linear positivo dos níveis de cobre (P < 0,05).

TABELA 4. Efeitos principais do cobre, ferro e zinco sobre o desempenho, características de carcaça e valores hemáticos.

Parâmetros	Cobre			Ferro		Zinco	
	6	125	250	60	200	60	200
Ganho médio diário com 21 dias (g)	504,62 ^a	565,75 ^{ab}	595,75 ^b	552,83	557,92	560,92	549,83
Conversão alimentar com 21 dias	2,59 ^a	2,49 ^a	2,31 ^b	2,44	2,49	2,43	2,50
Conversão alimentar no crescimento	2,79 ^a	2,74 ^{ab}	2,68 ^b	2,74	2,72	2,76	2,71
Ganho médio diário na terminação (g)	548,13 ^{ab}	565,31 ^a	516,00 ^b	558,09	528,62	555,71	529,83
Conversão alimentar total	3,34 ^a	3,21 ^b	3,20 ^b	3,28	3,23	3,27	3,24
Rendimento de carcaça (%)	80,41	80,91	80,07	80,23	80,70	79,64 ^a	81,28 ^b
Comprimento de carcaça (cm)	91,88	93,63	93,13	92,92	92,84	93,89 ^a	91,87 ^b
Hemoglobina (g/100 ml)	11,81 ^a	11,65 ^a	10,80 ^b	11,62	11,22	11,44	11,40
Hematócrito (%)	40,50 ^a	41,42 ^a	37,08 ^b	40,00	39,33	39,72	39,61
Concentração de cobre no fígado (ppm MS)	74,44	432,19 ^b	1305,81 ^c	529,04	679,25	636,12	572,17
Concentração de ferro no fígado (ppm MS)	686,13 ^a	623,19 ^a	377,75 ^b	531,04	593,67	576,58	548,12
Concentração de zinco no fígado (ppm MS)	237,56 ^a	234,56 ^a	296,81 ^b	246,04	266,58	233,38 ^a	279,25 ^b
Concentração de ferro no plasma (µg/ml)	12,19	11,62	11,73	12,35	11,34	10,52 ^a	13,18 ^b

125 e 250 ppm de cobre, ambas diferindo ($P < 0,05$) de 6 ppm de cobre. O efeito linear da conversão alimentar (Y) em função dos níveis de cobre (X) foi: $\hat{Y} = 3,3165 - 0,0005325X$ ($R^2 = 0,78$).

A análise de variância para o GMD total não mostrou efeitos principais significativos dos fatores ($P > 0,05$), mas observaram-se efeitos quadráticos do GMD (Y) em função dos níveis de cobre (X), de acordo com a fórmula: $\hat{Y} = 555,06 + 0,42475X - 0,001782X^2$ ($R^2 = 0,99$).

Nos parâmetros de carcaça, verificou-se que o rendimento e comprimento de carcaça foram maior e menor ($P < 0,05$), respectivamente, no nível de 200 ppm de zinco, quando comparados com 60 ppm.

Nos valores hemáticos, a hemoglobina e o hematócrito apresentaram resultados semelhantes ($P > 0,05$), quando comparados os níveis de 6 a 125 ppm de cobre, enquanto que com 250 ppm os valores de tais parâmetros foram significativamente inferiores ($P < 0,05$). A equação que estima a hemoglobina (Y) em função dos níveis de cobre (X) foi: $\hat{Y} = 11,9500 - 0,0042X$ ($R^2 = 0,87$), e para o hematócrito: $\hat{Y} = 40,5001 + 0,02833X - 0,000168X^2$ ($R^2 = 0,99$), ambas significativas ($P < 0,05$).

Os níveis crescentes de cobre na ração (X) fizeram com que a concentração de microelementos no fígado (Y) apresentasse as seguintes equações:

para cobre, $\hat{Y} = -11,5417 + 4,9255X$, $R^2 = 0,94$; para ferro, $\hat{Y} = 686,1175 + 0,2265X - 0,00584X^2$, $R^2 = 0,99$; e para zinco, $\hat{Y} = 237,5625 - 0,285X + 0,00209X^2$, $R^2 = 0,99$.

Com relação à concentração de microelementos nos tecidos, foi constatado que 200 ppm de zinco aumentaram ($P < 0,05$) a concentração de ferro no plasma, quando comparados com 60 ppm.

Todas as equações de regressão citadas foram significativas ($P < 0,05$).

Foi constatado que no tratamento I houve uma incidência de 16,67% de animais apresentando sinais de canibalismo.

Os valores analisados para cobre e zinco são inferiores aos calculados, em virtude do menor teor dos elementos na fonte utilizada. O ferro, por sua vez, apresentou valores bem acima dos calculados; isto se explica pelo fato de que há contaminação através do triturador de cereais, elevando ao dobro a concentração de ferro nos ingredientes, o que tem sido constatado em ensaio paralelo e será motivo de outra pesquisa.

DISCUSSÃO

Pela análise dos resultados, verifica-se que houve melhoria no ganho médio diário de peso (GMD) e conversão alimentar (CA) até os primeiros 21

dias experimentais; o nível de 250 ppm de cobre elementar favoreceu o desempenho dos animais. Estes dados concordam com os citados por Bunch et al. (1963), Ritchie et al. (1963), Berek et al. (1967), Goey et al. (1971), Kline et al. (1971), Braude & Ryder (1973), Meyer & Kröger (1973a) e Barber et al. (1978). Porém, com a evolução do período experimental, evidenciou-se que, na fase de crescimento e no período total, os níveis crescentes de cobre agiram melhorando a CA. Na fase de crescimento, o GMD foi semelhante, porém na terminação houve efeito quadrático dos níveis de cobre. Constatou-se, assim que, à medida que o peso do animal avança, diminui o benefício do uso. Este aspecto está de acordo com Bunch et al. (1963), Berek et al. (1967), Braude & Ryder (1963) e Castell et al. (1975). A diminuição do efeito do cobre pode estar relacionada com a toxidez oriunda do uso prolongado (Ritchie et al. 1963), ou, ainda, aos resultados do próprio trabalho, que mostram haver diminuição da hemoglobina e do hematócrito quando se usaram 250 ppm de cobre.

A interação significativa ($P < 0,05$) encontrada para conversão alimentar durante a fase de crescimento, onde, com 200 ppm de zinco, houve melhor resposta de cobre ao nível de 250 ppm, está em acordo com dados de literatura, como os de Kline et al. (1972), Braude & Ryder (1973) e Eisemann et al. (1979). A explicação que Fischer et al. (1980) dão para a bioquímica desta interação é a de que o zinco compete com o cobre para formar a união com o metalotefina e, conseqüentemente, maiores níveis de zinco dietético levam a uma menor absorção de cobre; assim, o antagonismo do zinco com o cobre é de natureza competitiva, onde maiores quantias de cobre podem sobrepor-se ao efeito inibitório do zinco sobre a absorção do cobre. O excesso de cobre-metalotefina é eliminado, através da bile, para o intestino (Ewan 1981).

Na revisão feita por Cooke et al. (1979), foi levantado o aspecto de que a falta de mais respostas positivas pelo uso de cobre em níveis altos, anteriores a 1965, fosse devida ao fato de as dietas conterem insuficiente concentração de zinco.

O ganho médio diário global de 582,44 g e a conversão alimentar geral de 2,73 na fase de crescimento foram melhores que os ganhos encontrados

por Braude & Ryder (1973) e Bunch et al. (1963) e inferiores aos de Mello et al. (1972). Já, na fase de terminação, o desempenho dos animais em geral foi alterado, mostrando ganhos mais lentos, por causa do menor consumo. Essa diminuição de consumo, segundo Jensen⁸, explica-se pelo fato de ter havido uma temperatura média de $27,10 + 1,96^{\circ}\text{C}$, que, aliada ao piso de concreto ripado das baias usadas no teste, causou desconforto e inapetência aos animais. Admite-se, ainda, a possibilidade de que o uso de milho importado, velho, possa ter contribuído para baixar o desempenho.

A avaliação percentual do benefício obtido durante a fase de crescimento foram valores acrescidos de 5,91% no GMD e 1,79% na CA, nos animais que receberam 125 ppm de cobre; e nos animais com 250 ppm de cobre, o GMD foi de 3,49% e a CA de 3,94%, comparados com o nível de 6 ppm de cobre. Considerando-se todo o período experimental, o nível de 125 ppm alcançou 4,35% e 3,89% a mais em GMD e CA, respectivamente; por sua vez, 250 ppm de cobre proporcionaram -0,93% e 4,19% sobre o GMD e CA, respectivamente, quando comparados com o testemunha. Esses resultados, exceto os da conversão alimentar, não foram significativos, mas a tendência geral encontrada por alguns autores - como: Braude & Ryder (1973), os quais realizaram experimentação em 21 centros de pesquisa; Meyer & Kröger (1973a), com resultados de revisão referentes a 73 experimentos; Castell et al. (1975), em estudo cooperativo de dez estações experimentais; Berek et al. (1967), Lavorenti (1975) e Cooke et al. (1979) -, mostrou que os resultados do presente experimento são similares ou ainda inferiores aos dos autores citados.

Com relação aos parâmetros de avaliação da carcaça, foram constatadas pequenas diferenças não-significativas, com exceção do nível de 200 ppm de zinco, que manifestou maior rendimento e menor comprimento ($P < 0,05$) de carcaça. Resultado semelhante, na sua tendência, foi encontrada por Goey et al. (1971). Em geral, os autores não têm

⁸ Jensen, A.H. Comunicação pessoal, Concórdia, EMBRAPA-CNPSA, 1981.

encontrado diferenças significativas na carcaça influenciadas por níveis de microelementos na ração. Neste experimento, o rendimento de carcaça geral foi de 80,46%, e a espessura de toucinho foi de 3,44 cm - valores semelhantes àqueles encontrados por Castell et al. (1975) em seu estudo comparativo, que envolveu dez estações experimentais, e superior aos de Braude & Ryder (1973), Goey et al. (1971) e Barber et al. (1978). A média da área de lombo, de 33,63 cm³, foi semelhante à calculada por Braude & Ryder (1973) e superior às mostradas por Castell et al. (1975) e Goey et al. (1971).

O valor médio para hemoglobina foi de 11,42 g/100 ml de sangue, inferior ao de Kline et al. (1972), semelhante ao de Ritchie et al. (1963) e superior ao obtido por Bunch et al. (1963) e Suttle & Mills (1966). A concentração de células no hematócrito revelou que a média geral de 39,6% foi inferior à média obtida por Kline et al. (1972) e superior às médias de Ritchie et al. (1963) e Suttle & Mills (1966). As pequenas variações que existem podem ser referentes à idade fisiológica dos animais na tomada de dados, sendo que as análises de hemoglobina e hematócrito foram realizadas no início do experimento - onde não foram constatadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos -, e no final - isto é, um dia antes do abate.

Conforme dados da Tabela 4, foi verificado que no nível de 250 ppm de cobre houve anemia de natureza microcítica hipocrômica, também constatada por Ritchie et al. (1963), Suttle & Mills (1966), Kline et al. (1971), Combs et al. (1966) e Kline et al. (1972), quando usaram 500 ppm de cobre. Embora tenha sido encontrado este sinal clínico-laboratorial significativo ($P < 0,05$), clinicamente não pode ser constatada a anemia, e nem mortalidades foram atribuídas à condição anêmica; entretanto, o pior desempenho apresentado pelos animais alimentados com 250 ppm na terminação pode ser oriundo da anemia que mostravam. A anemia que aparece com níveis elevados de cobre pode ser atribuída à interferência no metabolismo do ferro (Suttle & Mills 1966), sendo que a suplementação com ferro em níveis altos de cobre melhorou o conteúdo de hemoglobina no sangue (Bunch et al. 1963).

Entre os primeiros trabalhos sobre concentração de minerais em tecidos de suínos está o de Ullrey et al. (1967), evidenciando em suínos, do nascimento aos cinco meses, que o nível de cobre sérico oscilou de 2,7 a 19,0 μ g/ml, e o zinco, entre 5,4 e 14,1 μ g/ml, o que concorda com os dados deste estudo, que oscilaram entre 3,23 e 15,25 μ g/ml para o cobre e de 3,53 a 11,18 μ g/ml para o zinco. Estes resultados, no entanto, são maiores do que os de Gipp et al. (1973), Eisemann et al. (1979) e Fischer et al. (1980), os quais usaram outras expressões para concentração, com confundimento no uso de sistema métrico internacional.

Não foram observadas alterações significativas na concentração de cobre plasmático, nem nos trabalhos de Kline et al. (1972), Gipp et al. (1973), Lillie et al. (1977) e Eisemann et al. (1979), possivelmente porque a concentração desse mineral é controlado homeostaticamente. A concentração de ferro plasmático foi elevada, em função do aumento do nível de zinco, podendo tal mecanismo, ser explicado, pois, havendo mais zinco para unir-se com a metalotefina, houve sobra de ferro, que tendeu a aumentá-la a nível plasmático.

Foi constatado que a concentração de cobre no fígado cresceu linearmente, decrescendo, concomitantemente, a concentração de ferro hepático; explica-se, assim, a etiologia da anemia constatada no nível de 250 ppm de cobre. Resultados similares a este foram obtidos por Ritchie et al. (1963), Bunch et al. (1963), O'Donovan (1966) Hanrahan & O'Grady (1968) e Gipp et al. (1973).

As evidentes diferenças observadas nas concentrações de cobre, ferro e zinco no fígado, influenciadas pelos tratamentos, concordam com dados obtidos por outros autores, como Gipp et al. (1973) e Ritchie et al. (1963), os quais observaram que o aumento do zinco hepático esteve associado ao aumento do cobre hepático - resultado esse sem explicação, mas que Suttle & Mills (1966) sugerem que seja devido à anormalidade na produção da proteína metálica no fígado. Neste trabalho, houve apenas a tendência de o maior nível de zinco na ração diminuir o cobre hepático, exatamente como ocorreu com o observado por Goey et al. (1971), muito embora esta tendência

tenha sido significativa ($P < 0,05$) em trabalhos de outros autores.

Os valores de concentração do cobre no músculo longo dorsal foram similares aos encontrados por Bunch et al. (1963) e superiores aos de Lillie et al. (1977); deve-se considerar que este último autor não encontrou diferenças na concentração de cobre muscular com níveis de 0 a 500 ppm na ração. Sugere-se que não há problemas com a toxicidade no consumo da carne de suínos alimentados com altos níveis de cobre.

Embora não tenha sido medida neste experimento, a concentração de cobre nas fezes, segundo Meyer & Kröger (1973b), é de 940 ppm na base da matéria seca, em suínos alimentados com 240 ppm de cobre na ração, e não altera a composição de fezes frescas (Brum & Sutton 1979).

As alusões metabólicas foram feitas; porém, sob o ponto de vista farmacológico, pouca clareza existe, segundo Meyer & Kröger (1973a), no que se refere ao modo de ação do cobre, o qual assumiu melhorias no consumo, digestibilidade (Meyer & Kröger 1973b) e influência na flora intestinal. Isto foi confirmado por Hawbaker et al. (1961), os quais sugeriram que o cobre atuaria em virtude da ação bactericida e anti-helmíntica.

Análise econômica dos tratamentos testados

A eficiência econômica foi determinada através da análise do custo-benefício de cada um dos tratamentos testados.

O custo considerado foi o próprio de cada tratamento testado. Os benefícios provenientes de cada tratamento, no desempenho dos animais, foram medidos através dos parâmetros "ganho médio diário total" e "conversão alimentar total".

A Tabela 5 mostra que os custos de elaboração das rações, correspondentes a cada tratamento, comportam-se de forma crescente de A para M, em função de custos crescentes dos aditivos minerais usados nas mesmas.

Na Tabela 2, onde são apresentados os efeitos dos tratamentos sobre o desempenho e características de carcaça dos animais, individualmente por tratamento, verifica-se que os resultados de ganho médio diário total e conversão alimentar não apresentam diferenças significativas ($P > 0,05$). Portanto, se os benefícios gerados pelos diferentes tratamentos testados não apresentaram diferenças sig-

TABELA 5. Custo do kg de ração por tratamento, nas fases de crescimento e terminação. Santa Catarina, Junho/81.

Tratamentos	Crescimento			Terminação		
	Custo da ração básica kg de ração Cr\$	Custo da mist. mineral (aditivos)/kg de ração Cr\$	Custo total do kg de ração/tratamento Cr\$	Custo da ração básica kg de ração Cr\$	Custo da mist. mineral (aditivos)/kg de ração Cr\$	Custo total do kg de ração/tratamento Cr\$
A	14,73	0,48	15,21	14,03	0,48	14,51
B	14,73	0,61	15,34	14,03	0,61	14,64
C	14,73	0,77	15,50	14,03	0,77	14,80
D	14,73	0,89	15,62	14,03	0,89	14,92
E	14,73	0,90	15,63	14,03	0,90	14,93
F	14,73	1,03	15,76	14,03	1,03	15,06
G	14,73	1,19	15,92	14,03	1,19	15,22
H	14,73	1,32	16,05	14,03	1,32	15,35
I	14,73	1,34	16,07	14,03	1,34	15,37
J	14,73	1,47	16,20	14,03	1,47	15,50
L	14,73	1,63	16,36	14,03	1,63	15,66
M	14,73	1,77	16,50	14,03	1,77	15,80

nificativas no que diz respeito ao desempenho dos animais, a opção mais econômica a ser feita na escolha de um dentre os tratamentos testados está em função do custo de sua formulação.

Conforme a Tabela 5, o tratamento A é o que possui menor custo de formulação dentre os testados. Assim, conclui-se que, dentre os tratamentos testados, "A" é o mais eficiente economicamente. **Análise econômica dos efeitos de cobre, ferro e zinco sobre o desempenho**

Dos aditivos testados entre os diferentes níveis de cobre, obtiveram-se resultados com diferenças significativas. Assim, a análise econômica dos efeitos dos aditivos minerais usados nas rações testadas concentrou-se nos resultados obtidos com cobre.

O agrupamento dos tratamentos em função dos níveis de cobre foi feito conforme a Tabela 1. Calculou-se o preço médio da ração de cada grupo, a partir dos valores individuais de cada ração que o compõe.

Combinando-se os valores da Tabela 4 (conversão alimentar) e da Tabela 6 (custo das rações), determinou-se o custo de conversão de cada kg de peso vivo, para cada grupo de tratamento com diferentes níveis de cobre (Tabela 7).

TABELA 6. Custo médio do kg de ração por grupo.

Grupos	Custo das rações	
	Crescimento	Terminação
6 ppm	15,42	14,72
125 ppm	15,82	15,14
250 ppm	16,28	15,58

TABELA 7. Custo de conversão do kg de peso vivo, para cada tratamento, com diferentes níveis de cobre.

Grupos	Custo de conversão do kg de peso vivo	
	Crescimento	Terminação
6 ppm	51,50	49,16
125 ppm	50,85	48,60
250 ppm	52,10	49,86

Assim, foi observado que, dentre os três níveis de cobre fornecidos nos diferentes tratamentos, o nível de 125 ppm mostrou-se mais eficiente economicamente, por ter um custo de conversão do kg de peso vivo inferior aos demais (Tabela 7).

CONCLUSÕES

1. Considerado o período experimental total, os níveis crescentes de cobre na ração decresceram a conversão alimentar, e o cobre ao nível de 250 ppm na ração apresenta menores ganhos do que com ração basal.

2. O pior desempenho dos animais alimentados com 250 ppm de cobre originou-se na anemia microcítica hipocrômica, a qual foi originada pela diminuição do ferro hepático, o qual, por sua vez, diminuiu pelo aumento do cobre hepático.

3. Não houve deposição anormal de cobre no músculo longo dorsal, podendo a carne ser consumida sem risco de intoxicação.

4. A análise econômica revelou que 125 ppm de cobre na ração proporciona maior rentabilidade.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. Londres, Inglaterra. The nutrient requirements of farm livestock. London, 1967. 278p. (Pigs, 3).
- BARBER, R.S.; BRAUDE, R.; MITCHELL, K.G. & PITTMAN, R.J. The value of virginiamycin (ESKALIN) as a feed additive for growing pigs in diets with or without a high copper supplement. *Anim. Prod.*, 26(2):151-5, 1978.
- BEREK, G.; URBANYI, L. & LAKATOS, T. A note on copper sulphate in the diet of pigs. *Anim. Prod.*, 9(3):421-4, 1967.
- BRAUDE, R. & RYDER, K. Copper levels in diets for growing pigs. *J. Agric. Sci.*, 80:489, 1973.
- BRUM, M.C. & SUTTON, A.L. Effect of copper in swine diets on fresh waste composition and anaerobic decomposition. *J. Anim. Sci.*, 49(1):20-5, 1979.
- BUNCH, R.J.; SPEER, V.C.; HAYS, V.W. & MCCALL, J.T. Effects of high levels of copper and chlortetracycline on performance of pigs. *J. Anim. Sci.*, 22(1):56-60, 1963.
- CASTELL, A.G.; ALLEN, R.D.; BEAMES, R.M. BELL, J.M.; BELZILE, R.; BOWLAND, J.P.; ELLIOT, J.I.; IHNAT, M.; LARMOND, E.; MALLARD, T.M.; SPURR, D.T.; STOTHERS, S.C.; WILTON, S.B. & YOUNG, L.G. Copper supplementation of canadian diets for growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 55(1):113-34, 1975.

- COMBS, G.E.; AMMERMAN, C.B.; SHIRLEY, R.L. & WALLACE, H.D. Effect of source and level of dietary protein on pigs fed with high-copper rations. *J. Anim. Sci.*, 25(3):613-6, 1966.
- COOKE, B.C.; FILMER, D.G.; WILSON, P.N.; HALL, G.R. & SPEIGHT, D. Some aspects of a survey of pigs to the dietary inclusion of copper. *Anim. Prod.*, 28(3):436-7, 1979.
- DROULISCOS, N.J.; BOWLAND, J.P. & ELLIOT, J.I. Influence of supplemental dietary copper on copper concentrations of pigs blood, selected tissues and digestive tract contents. *Can. J. Anim. Sci.*, 50: 113-20, 1969.
- EISEMANN, J.H.; POND, W.G. & THONNEY, M.K. Effect of dietary zinc and copper on performance and tissue mineral and cholesterol concentrations in swine. *J. Anim. Sci.*, 48(5):1123-8, 1979.
- ELLIOT, J.I. & AMER, M.A. Influence of level of copper supplement and removal of supplemental copper from the diet on the performance of growing-finishing pigs and accumulation of copper in the liver. *Can. J. Anim. Sci.*, 53(1):133-8, 1973.
- EWAN, R.C. Relações e toxicologia de minerais. Concórdia, EMBRAPA-CNPASA, 1981. Trabalho apresentado em seminário no CNPSA.
- FISCHER, P.W.F.; GIROUX, A.; BELONJE, B. & SHAH, B.G. The effect of dietary copper and zinc on cholesterol metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33(5): 1019-25, 1980.
- FROBISH, L.T. & LILLIE, R.J. Effect of supplemental copper on sow reproductive performance. *J. Anim. Sci.*, 49(1):243, 1979.
- GAI, J.N. Farinha de peixe e farinha de carne como suplementos protéicos em rações para suínos em crescimento e terminação. Porto Alegre, UFRS, 1977. 116p. Tese Mestrado.
- GIPP, W.F.; POND, W.G. & WALKER JUNIOR, E.F. Influence of diet composition and mode of copper administration on the response of growing-finishing swine to supplemental copper. *J. Anim. Sci.*, 36(1):91-9, 1973.
- GOEY, L.W. de; WAHLSTROM, R.C.; EMERICK, R.C. & EMERICK, R.J. Studies of high level copper supplementation to rations for growing swine. *J. Anim. Sci.*, 33(1):52-7, 1971.
- HANRAHAN, T.J. & O'GRADY, J.F. Copper supplementation of pig diets; the effect of protein level and zinc supplementation on the response to added copper. *Anim. Prod.*, 10(4):423-32, 1968.
- HAWBAKER, J.A.; SPEER, V.C.; HAYS, V.W. & CA-TRON, D.V. Effect of copper sulphate and other chemotherapeutics in growing swine rations. *J. Anim. Sci.*, 20(1):163-7, 1961.
- KLINE, R.D.; HAYS, V.W. & CROMWELL, G.L. Effects of copper, molybdenum and sulphate on performance, hematology and copper stores of pigs and lambs. *J. Anim. Sci.*, 33(4):771-9, 1971.
- KLINE, R.D.; HAYS, V.W. & CROMWELL, G.L. Related effects of copper, zinc and iron on performance, hematology and copper stores of pigs. *J. Anim. Sci.*, 34(3):393-6, 1972.
- LAVORENTI, A. Ferro, cobre, antibióticos e arsenicais na alimentação dos suínos. Piracicaba, ESALQ, 1975. 123p. Tese Livre-Docência.
- LILLIE, R.J.; FROBISH, L.T. STEELE, N.C. & GRADDER, G. Effect of dietary copper and tylosin and subsequent withdrawal on growth, hematology and tissue residues of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 45(1):100-7, 1977.
- MAHAFFEY, K.R. Mineral concentration in animal tissues: certain aspects of FDA'S regulatory role. *J. Anim. Sci.*, 44(3):509-15, 1977.
- MELLO, H.V. de; TÓRRES, C.A.A.; PEREIRA, J.A.A.; CARNEIRO, L.H.D.M. & COSTA, P.M.A. Sulfato de cobre como estimulante do crescimento de leitões após a desmama. *R. Ceres*, 19(105):347-57, 1972.
- MEYER, H. & KRÖGER, H. Kupfertütterung bei Schwein. *Ubers. Tierernahrung*, 19-44, 1973a.
- MEYER, H. & KROGER, H. Vergleichende Untersuchungen über Wachstumswirkungen von Kupfer un Antibiotikszulagen bei Ferkeln. *Zuchtungskunde*, 45(6):439-46, 1973b.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirement of swine. 8.ed. Washington, National Academy of Sciences, 1979. 52p.
- O'DONOVAN, P.B.; SPILLANE, T.A. & O'GRADY, J.F. A note on copper retention by pigs fed on various protein sources. *Anim. Prod.*, 8(2):333-6, 1966.
- OKONKWO, A.C.; KU, P.K.; MILLER, E.R. KEAHEY, K.K. & ULLREY, D.E. Copper requirement of baby pigs fed with purified diets. *J. Nutr.*, 109(6): 939-48, 1979.
- RITCHIE, H.D.; LUECKE, R.W.; BALTZER, B.V.; MILLER, E.R.; ULLREY, D.E. & HOEFER, J.A. Copper and zinc interrelationship in the pig. *J. Nutr.*, 79:117-23, 1963.
- SUTTLE, N.F. & MILLS, C.F. Studies of the toxicity of copper to pigs. I. Effects of oral supplements of zinc and iron salts on the development of copper toxicosis. *Brit. J. Nutr.*, 20(2):135-61, 1966.
- ULLREY, D.E.; MILLER, E.R.; BRENT, B.E.; BRADLEY, B.L. & HOEFER, J.A. Swine hematology from birth to maturity. IV. Serum, calcium, magnesium, sodium, potassium, copper, zinc and inorganic phosphorus. *J. Anim. Sci.*, 26(5):1024-9, 1967.