

## Relação Cálcio/Fósforo Disponível em Rações para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Edma Carvalho de Miranda<sup>1</sup>, Antonio Celso Pezzato<sup>2</sup>, Luiz Edivaldo Pezzato<sup>2</sup>,  
Celso Fessel Graner<sup>2</sup>, Guilherme Jordão Rosa<sup>2</sup>, Luis Gabriel Quintero Pinto<sup>2</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da relação Ca/P<sub>disp</sub> de rações para alevinos de tilápia do Nilo (2,5 ± 0,5 g) sobre o desempenho produtivo e a mineralização óssea. Empregaram-se sete rações isoprotéicas e isoenergéticas (28% de PB e 3100 kcal de ED/kg de ração) com semelhantes frações de fibra bruta e aminoácidos sulfurados. As rações continham níveis de Ca e P<sub>disp</sub> de, respectivamente, 0,50 e 0,25; 0,50 e 0,50; 0,50 e 0,75; 0,80 e 0,40; 0,80 e 0,80; 0,80 e 1,20%, de forma a proporcionarem as relações 2,0:1,0; 1,0:1,0 e 1,0:1,5. Empregou-se ainda uma ração controle com baixos níveis de Ca e P<sub>disp</sub> (0,02 e 0,12%, respectivamente). Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em um esquema fatorial 2 x 3 (nível de Ca e relação Ca: P<sub>disp</sub>) com um tratamento testemunha. Cinco peixes por aquário foram distribuídos, aleatoriamente, em 21 aquários de fibra de vidro (80 L). A temperatura da água foi mantida em, aproximadamente, 26°C, sendo monitorados os níveis de oxigênio dissolvido, pH e amônia da água. Concluiu-se que se faz necessário fornecimento mínimo de 0,25% de P<sub>disp</sub> para uma mineralização óssea satisfatória. Os melhores resultados de desempenho foram obtidos com rações cujas relações Ca/P<sub>disp</sub> apresentavam-se entre 1,0:1,0 e 1,0:1,5.

Palavras-chaves: desempenho, mineralização da carcaça e óssea, *Oreochromis niloticus*, relação cálcio/fósforo disponível

## Availability of Calcium:Phosphorus Ratio in Diets for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate the effect of Ca: available P (P<sub>a</sub>) ratio in the diets on performance and bone mineral depositions of juvenile Nile tilapia (2.5 ± 0.5g). Seven isoproteic and isoenergetic diets (28% CP and 3100 Kcal of DE/Kg of diet), with similar crude fiber and sulfur aminoacids content, were used. The diets had 0.50 and 0.25; 0.50 and 0.50; 0.50 and 0.75; 0.80 and 0.40; 0.80 and 0.80; and 0.80 and 1.20% of Ca and P<sub>a</sub>, which corresponded to Ca/P<sub>a</sub> ratios of 2:1; 1:1 and 1:1.5, respectively. An additional control diet, with low levels of Ca and P<sub>a</sub> (0.02 and 0.12%, respectively) was used. A completely randomized design with a 2 x 3 factorial arrangement (Ca level and Ca: P<sub>a</sub> ratio) on treatments, plus the additional control diet and three replications was used. Five fishes per aquaria were randomly allotted to 21 fiberglass aquaria (80L). The temperature of the water was maintained close to 26°C, and the oxygen, pH and ammonia levels of the water were monitored. The results showed that it was necessary a minimum dietary level of 0.25% of P<sub>a</sub> for a satisfactory bone mineral depositions, and that the best performance results were achieved using diets with Ca: P<sub>a</sub> ratios between 1:1 and 1:1.5.

Key Words: bony and carcass mineral deposition, calcium: available phosphorus ratio, *Oreochromis niloticus*, performance

### Introdução

A absorção de minerais da água pelos peixes varia em função da espécie e de alguns fatores ambientais, como o nível de concentração dos minerais, a temperatura e o pH da água. Existem evidências de que os minerais absorvidos da água não são suficientes para satisfazer a exigência total, sendo necessário suplementá-los através da ração. Em água com alta concentração de cálcio, os peixes são capazes de satisfazerem suas exigências desse mineral, enquanto, em baixas concentrações, utilizam mais o cálcio proveniente da ração (STEFFENS, 1987).

A exigência de cálcio na dieta de salmonídeos não é definida pela literatura, sendo sua concentração raramente apresentada como crítica. Entretanto, para o ótimo crescimento da carpa comum (*Cyprinus carpio*) e do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), OGINO e TAKEDA (1978) e LOVELL (1978) observaram necessidade de, aproximadamente, 0,34 % desse mineral na dieta.

Segundo STEFFENS (1987), o cálcio procedente da água é utilizado mesmo quando disponível no alimento, sendo sua captação quantitativamente tão alta quanto à do alimento. Com baixos níveis de cálcio na água, o cálcio da ração passa a ser mais provei-

<sup>1</sup> Aluno de Pós-Graduação - UNESP - Botucatu - SP. E.mail: ecdm@uol.com.br

<sup>2</sup> Professor do Dep. de Melhor. e Nutr. Animal - UNESP - Botucatu - SP.CEP: 18600-000 - CP: 560. E.mail: epezzato@fca.unesp.br

tado. Assim, se a água contiver apenas 5 mg de cálcio/L, o peixe absorverá mais cálcio da ração do que se a água possuir 50 mg de cálcio/L.

As exigências do peixe em fósforo dependem das características do sistema digestório e da fonte desse mineral. As espécies de peixes que têm estômago absorvem melhores os fosfatos dificilmente solúveis que os peixes que não os têm (STEFFENS, 1987).

NOSE e ARAÍ (1976) recomendam, para crescimento normal e mineralização dos ossos dos peixes, níveis de fósforo disponível entre 0,27 e 0,80%. A razão de absorção do fósforo da água é de apenas 0,01% em relação à do cálcio (PHILLIPS, 1963). Assim, a exigência de fósforo necessita ser quase exclusivamente satisfeito pela ração (WILSON et al., 1982).

Estudando crescimento da carpa comum e trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), WATANABE (1988) encontrou correlação positiva entre o ganho de peso e o nível de fósforo da ração, mas não com o nível de cálcio. Segundo esse autor, é difícil estudar os efeitos da deficiência de cálcio em peixes, devido ao fato do mesmo ser absorvido ativamente da água, através das brânquias.

Relevância significativa dos níveis de fósforo da dieta dos peixes foi destacada por OGINO e TAKEDA (1976) e LOVELL (1978), quando conduziram estudos, respectivamente, com a carpa comum e o bagre do canal. Verificaram que a elevação nos níveis de cálcio das rações não alterou a quantidade de fósforo presente no conteúdo corporal dos peixes. Concluíram, ainda, que os peixes cujas rações apresentavam-se ricas em fósforo, mesmo que deficientes em cálcio apresentaram crescimento normal.

A importância da relação cálcio/fósforo na manutenção da homeostase foi observada por SAKAMOTO e YONE (1979), com *ored sea bream* (*Chrysophrys major*), OGINO et al. (1979), em trutas arco-íris, e WATANABE et al. (1980), em salmão do Atlântico (*Salmo salar*). Segundo esses autores, quando os peixes receberam ração deficiente em fósforo, mas dispunham de quantidades suficientes de cálcio tanto na água como na ração, o conteúdo de cálcio nos ossos e outros tecidos foi mais baixo. Destacaram ainda que, independente da quantidade de fósforo ingerido, não existiram diferenças na relação Ca/P nos tecidos corporais.

Devido à ausência de informações sobre as exigências nutricionais das espécies de água quente, têm-se utilizado dados de espécies exóticas de clima temperado. Portanto, faz-se necessário maiores investigações sobre a disponibilidade de nutrientes dos

ingredientes utilizados na confecção de rações e as necessidades nutricionais dos peixes tropicais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da relação cálcio/fósforo de rações no desempenho produtivo e na mineralização óssea de alevinos de tilápia do Nilo.

## Material e Métodos

O experimento teve duração de 90 dias, após um período de adaptação de sete dias ao ambiente, ao manejo e à dieta, nas respectivas unidades. Foi empregado um lote homogêneo de 105 alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), revertidos, proveniente da Piscicultura Paulista - Rodovia Piracicaba/Rio Claro. Foram utilizados 21 aquários de fibra de vidro, com volume individual de 80 L, com sistema de aeração e circulação de água (vazão de 0,75 L/min.), dotados de filtro biológico individual, sendo distribuídos aleatoriamente cinco peixes por aquário, com peso médio de  $2,5 \pm 0,5$  g.

A temperatura da água foi mantida em aproximadamente 26°C, por um sistema automático de aquecimento. Diariamente foi monitorada a temperatura e, semanalmente, os níveis de oxigênio dissolvido ( $O_2D$ ), pH e amônia da água, sendo realizada sifonagem para eliminar as fezes e eventuais sobras de dietas.

Foram elaboradas sete rações experimentais isoprotéicas e isoenergéticas (28% de PB e 3100 kcal de energia digestível/kg de ração) e semelhantes quanto às frações fibra bruta (FB) e aminoácidos sulfurados. Essas rações continham níveis de cálcio e fósforo de 0,50 e 0,25; 0,50 e 0,50; 0,50 e 0,75; 0,80 e 0,40; 0,80 e 0,80; e 0,80 e 1,20%, de forma a proporcionar as relações 2,0:1,0; 1,0:1,0; e 1,0:1,5. Foi elaborada uma ração controle que continha os menores níveis possíveis de cálcio e fósforo (0,02 e 0,12%, respectivamente). Para elaboração destas rações, foram empregados ingredientes comumente utilizados pela indústria, cujas composições químicas encontram-se na Tabela 1.

Os ingredientes foram finamente moídos e homogeneizados nas respectivas proporções. Em seguida, essa mistura foi granulada em máquina de moer carne. Os grânulos com 3 mm de diâmetro foram desidratados em estufa de ventilação forçada e, em seguida, armazenados em congelador a -15°C. A composição percentual e as características nutritivas dessas rações apresentam-se na Tabela 2.

Os peixes foram alimentados *ad libitum*, quatro vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17 h. O consumo diário de ração foi determinado pela diferença do peso inicial

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes (%)  
 Table 1 - Chemical composition of the ingredients (%)

Ingrediente <i>Ingredient</i>	MS (%) <i>DM</i>	PB (%) <i>CP</i>	EE (%)	FB (%) <i>CF</i>	Ca (%)	P <sub>disp</sub> (%) <i>P<sub>avail</sub></i>
Fubá de milho <i>Corn meal</i>	89,71	7,10	2,45	1,20	traços <i>trace</i>	traços <i>trace</i>
Bagaço de cana <i>Sugar cane bagasse</i>	91,60	-	-	48,00	-	-
Farelo de trigo <i>Wheat middlings</i>	85,17	16,90	5,70	10,58	traços <i>trace</i>	0,30
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	87,83	46,70	5,18	5,84	traços <i>trace</i>	0,20
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	-	-	-	-	10,20	14,80
Calcário <i>Limestone</i>	-	-	-	-	37,00	-

MS = matéria seca (*DM - dry matter*); PB = proteína bruta (*CP - crude protein*); EE = extrato etéreo (*EE - ether extract*).  
 FB = fibra bruta (*CF - crude fiber*); Ca = cálcio (*calcium*); Pd = fósforo disponível (*available phosphorus*).

Tabela 2 - Composição percentual e química das dietas experimentais  
 Table 2 - Percentage composition of the experimental diets

Ingrediente <i>Ingredient</i>	Relação cálcio:fósforo <i>Calcium:phosphorus ratio</i>						
	<i>Controle</i> <i>Control</i>	0,50:0,25	0,50:0,50	0,50:0,75	0,80:0,40	0,80:0,80	0,80:1,20
Fubá de milho <i>Corn meal</i>	38,83	36,80	34,57	32,17	33,97	29,71	26,05
Bagaço de cana <i>Sugar cane bagasse</i>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Farelo trigo <i>Wheat middlings</i>	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo soja <i>Soybean meal</i>	48,95	49,02	49,22	49,58	49,30	49,30	50,50
BHT (antioxidante) <i>BHT (Antioxidant)</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
DL- Metionina <i>DL-Methionine</i>	-	-	-	-	-	-	0,01
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>			0,80	1,62	1,00	2,60	3,80
Fosfato bicalcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,89	2,58	4,26	1,90	4,60	7,29	
Calcário <i>Limestone</i>	1,07	0,61	0,15	1,61	1,61	0,13	
Supl. vit. mineral <sup>1</sup> <i>Vit. min. supplement</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Alginato <i>Alginat</i>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Valores calculados ( <i>Calculated values</i> )							
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	28,18	28,07	28,01	28,02	28,01	28,04	28,03
ED ( <i>DE</i> ), kcal/kg	3182	3110	3106	3102	3104	3112	3101
Met + Cis (%)	0,717	0,710	0,705	0,700	0,703	0,696	0,698
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,01	0,50	0,50	0,50	0,80	0,80	0,80
Fósforo disponível (%) <i>Available phosphorus</i>	0,11	0,25	0,50	0,75	0,40	0,80	1,20
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	6,01	5,99	5,98	5,98	5,98	5,99	5,99

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico e mineral (*Min. and vit. supplement*): vit. A, 600.000 UI; vit. D<sub>3</sub>, 100.000 UI; vit. E, 6000 mg; vit. K<sub>3</sub>, 1200 mg; vit. B<sub>1</sub>, 2400 mg; vit. B<sub>2</sub>, 2400 mg; vit. B<sub>6</sub>, 24.000 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 2400 mg; ác. fólico (*folic acid*), 600 mg; ác. pantotênico (*panthotenic acid*), 6000 mg; vit. C, 24 g; biotina (*biotin*), 24 mg; colina (*cholin*), 54 g; niacina (*niacin*), 12.000 mg; Fe, 5000 mg; Cu, 300 mg; Mn, 2000 mg; Zn, 3000 mg; I, 10 mg; Co, 1 mg e Se, 10 mg.

e final do alimento, com o emprego de uma balança digital com precisão de 0,001 g. Todos os indivíduos de cada tratamento foram pesados no início e aos 90 dias de experimento.

A fim de avaliar a composição química da carcaça e dos ossos, ao final do experimento, retiraram-se, de forma aleatória, seis peixes por tratamento. Destes, três foram empregados para determinação do conteúdo de Ca, P, cinzas e da relação Ca/P da carcaça. Os demais foram utilizados para a análise química dos ossos, conforme metodologia proposta por LOVELL (1978).

Avaliou-se o efeito da relação Ca/Pdisp no desempenho produtivo da tilápia do Nilo, por intermédio do ganho de peso (GP), da conversão alimentar aparente (CAA) e da taxa de eficiência de retenção de fósforo no ganho de peso (TERF %), de acordo com as seguintes fórmulas:

$$GP = P_f - P_i$$

em que GP é ganho de peso (g);  $P_f$ , peso final (g);  $P_i$ , peso inicial (g).

$$CAA = \frac{AL}{GP}$$

em que CAA é conversão alimentar aparente; AL, alimento ingerido (g); e GP, ganho de peso (g).

$$TERF = \left( \frac{P_f \times \%F_f - (P_i \times \%F_i)}{CR \times \%F} \right)$$

em que TERF é taxa de eficiência de retenção de fósforo no ganho de peso;  $P_f$ , peso médio final dos peixes na parcela experimental;  $F_f$ , porcentagem média de fósforo corporal final na parcela experimental;  $P_i$ , peso médio inicial dos peixes na parcela;  $F_i$ , porcentagem de fósforo corporal inicial na parcela experimental; CR, consumo de ração em cada parcela; e F, fósforo (%) na dieta experimental.

A análise estatística dos dados referentes a cada uma das variáveis estudadas foi efetuada a partir da técnica de análise da variância (ANOVA) para experimento fatorial 2 x 3 (dois níveis de cálcio e três relações cálcio/fósforo na ração) com um tratamento testemunha (ração sem suplementação de Ca e P), em um delineamento inteiramente casualizado com três repetições (COCHRAN e COX, 1976).

Utilizou-se um contraste entre o tratamento testemunha e os demais tratamentos, com posterior estudo dos efeitos principais e interações de níveis de cálcio e relações Ca/Pdisp na ração. A análise da variância foi complementada com o estudo de polinômios ortogonais de cada variável em função da relação Ca/Pdisp da ração. Todas as conclusões foram obtidas a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

A qualidade da água manteve-se estável durante o experimento, e as médias dos parâmetros monitorados nos aquários durante o período experimental foram: pH = 7,5; temperatura = 25,5±0,49°C; oxigênio dissolvido = 5,5±0,25 mg/L e amônia = 0,04 mg/L. Os níveis de fósforo e cálcio, da água dos aquários, foram respectivamente de 0,01 e 0,27 a 0,30 mg/L.

### Ganho de peso

Os valores médios de ganho de peso dos diferentes tratamentos encontram-se na Tabela 3. A partir da análise da variância, constataram-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Pode-se verificar, por meio de contraste específico, que houve diferença entre o tratamento que não recebeu suplementação de fósforo disponível e os demais ( $p < 0,01$ ).

Estes resultados se assemelham àqueles encontrados por ANDREWS et al. (1973) e LOVELL (1978), para o bagre do canal, OGINO e TAKEDA (1976) para a carpa comum, YONE et al. (1979), para o "black sea bream" (*Mylio macrocephalus*), WATABABE et al. (1980) e DATO-CAJEGAS e YAKUPITIYAGE (1996), para tilápia do Nilo, e VIELMA e LALL (1998), para o salmão do Atlântico, os quais demonstraram que os peixes alimentados com dietas deficientes em fósforo tiveram o ganho de peso reduzido.

A diferença no ganho de peso pela suplementação de fósforo disponível na ração é expressa pela equação de regressão (Tabela 3), a qual apresenta estimativa de ganho de peso máximo de 41,29 g para uma relação cálcio/fósforo disponível de 1,0:1,0. Estes resultados demonstram a importância do fósforo no ganho de peso dos peixes, uma vez que aqueles tratamentos cujas dietas foram suplementadas com esse mineral tiveram ganho de peso médio duas vezes e meio superior.

Contrário a este resultado, SAKAMOTO e YONE (1973) obtiveram máximo ganho de peso para o "red sea bream" (*Chrysophrus major*), quando alimentados com uma ração na qual a relação Ca/P foi de 1,0:2,0. Resultados semelhantes àqueles obtidos no presente estudo foram encontrados por GATLIN e SCARPA (1991), que obtiveram melhores taxas de ganho de peso para bagre do canal quando alimentados com ração contendo cálcio e fósforo na relação de 1,0:1,0.

Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas (Tabela 3) entre os tratamentos com diferentes níveis de cálcio ( $p > 0,05$ ), pode-se inferir

que houve tendência de melhores respostas no ganho de peso para a relação 1,0:1,0, independente do nível de cálcio da ração. Estes resultados se assemelham aos encontrados por LOVELL (1978), com o bagre do canal, e ROBINSON et al. (1987), os quais verificaram que o aumento no nível de cálcio não afetou o ganho de peso dos peixes dentro das relações Ca/P<sub>disp</sub> estudadas.

Por outro lado, HAYLOR et al. (1988) observaram melhores taxas de ganho de peso para tilápia do Nilo que receberam 1,0% de cálcio numa ração com 0,46% de P<sub>disp</sub>. Valores mais altos da necessidade de cálcio e fósforo foram encontrados por ANDREWS et al. (1973) e DOVE et al. (1976), os quais observaram que os bagres do canal, para maior ganho de peso, tiveram que receber na ração 1,5% de Ca e 0,8% de P<sub>disp</sub>. Os autores observaram ainda que para menores níveis de cálcio esse ganho foi menor. Com essa mesma espécie, SCARPA e GATLIN (1993) encontraram maiores taxas de ganho de peso, quando os peixes foram alimentados com ração basal contendo 0,03% de cálcio, que não aumentou com a suplementação desse mineral na ração nos níveis de 0,5; 1,0; e 2,0%, concluindo que o cálcio suplementar não foi adequado para o desenvolvimento dos peixes. Parece evidente que para peixes tropicais a relação

Ca/P não afeta o ganho de peso, desde que haja adequado fornecimento de cálcio e fósforo na ração.

#### *Conversão alimentar aparente*

Na Tabela 3 apresentam-se os índices médios de conversão alimentar aparente (CAA) dos diferentes tratamentos. Verificou-se que o tratamento sem suplementação de fósforo diferiu dos demais ( $p < 0,01$ ) e houve interação significativa entre os níveis de cálcio e as relações Ca/P<sub>disp</sub> nas rações. Pode-se ainda observar (Tabela 3) que, quando comparados os índices de CAA dos diferentes tratamentos em que houve suplementação de fósforo, esses diferiram entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), quanto aos níveis de cálcio, dentro das relações Ca/P<sub>disp</sub>.

Estes resultados condizem com aqueles encontrados por KETOLA (1975), YONE e TOSHIMA (1979), HAYLOR et al. (1988), SATOH et al. (1996), DATO-CAJEGAS e YAKUPITIYAGE (1996), ROBINSON et al. (1996), que encontraram piores índices de conversão alimentar aparente (CAA) para várias espécies de peixes alimentados com rações sem suplementação de fósforo e melhores para aqueles que foram suplementados. Contrariamente a esses achados, ASGARD e SHEARER (1997) não observaram esse efeito para salmão do Atlântico que

Tabela 3 - Ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de eficiência de retenção de fósforo (TERP) em tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo (% MS)

Table 3 - Weight gain (WG), apparent feed:gain ratio (AF/R), and rate of efficiency of phosphorus retention (REPR%) of Nile tilapia fed diets with different levels of calcium and phosphorus (% DM)

Item	Relação Ca/P <sub>disp</sub> <sup>2</sup> Ca/P <sub>a</sub> ratio					Regressão <sup>3</sup> Regression	CV <sup>4</sup> (%)
	SS <sup>1</sup>	Ca	2:1,0	1:1,0	1:1,5		
GP	14,15	0,5	21,45 <sup>a</sup>	38,13 <sup>a</sup>	37,57 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = -1,98 + 78,11x - 35,25x^2$ ( $p < 0,05$ ; $R^2 = 100$ )	20,33
WG	( $p < 0,01$ )	0,8	35,06 <sup>a</sup>	43,61 <sup>a</sup>	34,14 <sup>a</sup>		
CAA	5,24	0,5	2,95 <sup>b</sup>	2,06 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = 4,39 - 3,43x + 1,093x^2$ ( $p < 0,01$ ; $R^2 = 100$ ) $\hat{Y} = 1,89 - 0,15x + 0,607x^2$ ( $p < 0,05$ ; $R^2 = 100$ )	3,39
AF/G	( $p < 0,01$ )	0,8	2,06 <sup>a</sup>	2,44 <sup>b</sup>	3,12 <sup>b</sup>		
TERP	0,74	0,5	0,95 <sup>a</sup>	1,79 <sup>b</sup>	1,06 <sup>b</sup>	$\hat{Y} = -1,48 + 6,43x - 3,16x^2$ ( $p < 0,01$ ; $R^2 = 100$ ) $\hat{Y} = 1,303 - 0,573x$ ( $p < 0,01$ ; $R^2 = 98,56$ )	5,61
REPR	( $p < 0,01$ )	0,8	1,00 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,42 <sup>a</sup>		

<sup>1</sup> SS = sem suplementação de cálcio e fósforo, nível de significância relativo à comparação com os demais tratamentos suplementados.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem em relação ao nível de cálcio, para cada relação Ca/P<sub>disp</sub> na ração.

<sup>3</sup> Regressão em função da relação Ca/P<sub>disp</sub>.

<sup>4</sup> Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Without supplementation of calcium and phosphorus, level of relative significance when compared to the other supplemented treatments.

<sup>2</sup> Means, within a column, followed by the same letter do not differ in relation to the level of calcium, for each Ca/P<sub>a</sub> ratio in the diet.

<sup>3</sup> Regression in function of Ca/P<sub>a</sub> ratio.

<sup>4</sup> Coefficient of variation.

receberam rações suplementadas com 4,0; 8,0; 15,0; e 25,0 g de fósforo/kg de ração. Pode-se constatar que o pior índice de CAA foi obtido na relação 1,0:1,5 com nível de cálcio de 0,8%. Destaca-se que o melhor resultado de CAA (1,71:1,0) foi proporcionado pelo tratamento cuja relação  $\text{Ca/P}_{\text{disp}}$  foi de 1,0:1,5, com nível de cálcio de 0,5%. Cabe destacar que a suplementação de fósforo melhorou os índices de CAA, em média 2,2 vezes, em comparação ao tratamento que não recebeu suplementação deste mineral.

Estes resultados são contrários aos encontrados por ANDREWS et al. (1973), que observaram melhores índices de CAA para o bagre do canal alimentados com rações contendo relação Ca/P de 2,0:1,0. Ainda ROBINSON et al. (1987) e HAYLOR et al. (1988) obtiveram melhores taxas de CAA com o aumento do nível de fósforo disponível da ração de até 0,46% dentro dos dois níveis de cálcio estudados (0,5 e 1,0%), com uma relação Ca/P<sub>disp</sub> na ração de 1,0:1,0 e 2,0:1,0, respectivamente.

Os índices esperados de CAA para os níveis de cálcio empregados na dieta, em função da suplementação de fósforo disponível, são expressos pelas equações de regressão apresentadas na Tabela 3, cujas relações cálcio/fósforo disponível encontradas como máximas são de 1,69 e 1,88, respectivamente para as rações contendo 0,5 e 0,8% de cálcio.

A suplementação de fósforo afeta a conversão alimentar aparente e, conseqüentemente, o ganho de peso. Embora os níveis dessa suplementação não tenham sido significativos para o peso dos peixes, o mesmo não ocorreu para o aproveitamento da ração.

#### *Taxa de eficiência de retenção de fósforo no ganho de peso*

As médias das taxas de eficiência de retenção de fósforo (TERP), bem como dos resultados da análise estatística, encontram-se apresentadas na Tabela 3. Observa-se que os peixes do tratamento sem suplementação de fósforo apresentaram menor TERP ( $p < 0,01$ ), sendo esta diferença média inferior em 25,25%. Verifica-se também interação significativa dos níveis de cálcio e relação Ca/P na TERP, sendo que as melhores taxas de retenção de fósforo foram proporcionadas pelos tratamentos com 0,5% de cálcio, quando as relações  $\text{Ca/P}_{\text{disp}}$  foram de 1,0:1,0 e 1,0:1,5. Entretanto, para a relação 2,0:1,0, não foi detectada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os níveis de cálcio das rações.

Estes resultados são semelhantes àqueles obtidos por NAKAMURA (1982), que observou relação

linear positiva de retenção de fósforo para carpas com o aumento do conteúdo de fósforo da ração, quando a concentração de cálcio foi de 0,7%, porém diminuiu quando este foi de 1,0%. Entretanto, HAYLOR et al. (1988) obtiveram melhores taxas de retenção de fósforo para tilápia do Nilo com o aumento do conteúdo de fósforo da ração, independente do nível de cálcio. Ainda, SATOH et al. (1996) obtiveram melhores resultados na retenção de fósforo, quando alimentaram trutas com ração contendo 1,82% de cálcio e 1,61% de fósforo e essa não aumentou quando o conteúdo de fósforo foi elevado para 2,97% no mesmo nível de cálcio.

As taxas esperadas de eficiência de retenção de fósforo, em função das relações  $\text{Ca/P}_{\text{disp}}$  das rações, são expressas pelas equações de regressão apresentadas na Tabela 3. Assim, a TERP encontrada como máxima é de 1,79, quando a ração continha 0,5% de cálcio. Para o nível de 0,8% de cálcio, houve diminuição linear na TERP, à medida que se elevou o fósforo disponível da ração.

Parece ficar evidente que aumento na relação  $\text{Ca/P}_{\text{disp}}$  para um mesmo nível de cálcio diminuiu a taxa de retenção de fósforo, sugerindo que maiores níveis de cálcio na ração promovem efeito inibitório sobre a absorção de fósforo. Uma provável explicação sobre esse efeito seria a formação de compostos de baixa solubilidade para os íons cálcio e fósforo. NAKAMURA (1982) observou que, em carpas alimentadas com rações contendo mono, di e trifosfato de cálcio, a absorção decresceu com a diminuição da solubilidade destes compostos.

Embora a melhor TERP tenha sido obtida para o nível de 0,5% de cálcio da ração, assim como a melhor conversão alimentar aparente, houve maior retenção de fósforo na carcaça dos peixes alimentados com a ração com a relação  $\text{Ca/P}_{\text{disp}}$  1,0:1,0, e não 1,0:1,5 como na CAA. Este resultado é semelhante ao constatado para o ganho de peso, evidenciando a importância da suplementação de fósforo, a interação com as relações  $\text{Ca/P}_{\text{disp}}$  da ração e a quantidade de fósforo retida na carcaça.

#### *Composição e relação cálcio/fósforo da carcaça*

Os valores percentuais médios de cálcio e fósforo, bem como da relação Ca/P, na carcaça dos peixes dos diferentes tratamentos, encontram-se na Tabela 4. Verificaram-se, a partir das análises de variância efetuadas, efeitos significativos do cálcio e fósforo da ração na composição dos mesmos nas carcaças.

Constatou-se que o tratamento em que não houve

Tabela 4 - Resultados percentuais do conteúdo de cálcio, de fósforo e a relação cálcio:fósforo na carcaça de tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo (% MS)

Table 4 - Percent results of the contents of phosphorus and calcium and the calcium/phosphorus ratio in the whole-body of Nile tilapia fed diets with different levels of calcium and phosphorus (% DM)

Item	Relação Ca/P <sub>disp</sub> <sup>2</sup> Ca/P <sub>a</sub> ratio					Regressão <sup>3</sup> Regression	CV (%) <sup>4</sup>
	SS <sup>1</sup>	Ca	2:1,0	1:1,0	1:1,5		
Cálcio Calcium	2,22 (p<0,01)	0,5	2,46 <sup>b</sup>	5,74 <sup>b</sup>	3,46 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = -6,38+23,22x-11,10x^2$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =100)	5,92
		0,8	1,77 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	3,57 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = -1,79+8,89x-3,547x^2$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =100)	
Fósforo Phosphorus	1,62 (p<0,01)	0,5	1,82 <sup>b</sup>	3,83 <sup>b</sup>	2,58 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = -3,45+13,8x-6,52x^2$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =100)	2,33
		0,8	1,70 <sup>a</sup>	2,65 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = -0,297+5,04x-2,093x^2$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =100)	
Ca:P	1,37 (p<0,01)	0,5	1,35 <sup>b</sup>	1,50 <sup>b</sup>	1,34 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = 0,91+1,187x-0,60x^2$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =82,98)	5,51
		0,8	1,04 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	$\hat{Y} = 0,5+1,33x-0,487x^2$ (p<0,05; R <sup>2</sup> =100)	

<sup>1</sup> SS = sem suplementação de cálcio e fósforo, nível de significância relativo à comparação com os demais tratamentos suplementados.<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem em relação ao nível de cálcio, para cada relação Ca/P<sub>disp</sub> na ração.<sup>3</sup> Regressão em função da relação Ca/P<sub>disp</sub>.<sup>4</sup> Coeficiente de variação.<sup>1</sup> Without supplementation of calcium and phosphorus, level of relative significance when compared to the other supplemented treatments.<sup>2</sup> Means, within a column, followed by the same letter do not differ in relation to the level of calcium, for each Ca/P<sub>a</sub> ratio in the diet.<sup>3</sup> Regression in function of Ca/P<sub>a</sub> ratio.<sup>4</sup> Coefficient of variation.

suplementação de fósforo apresentou menor concentração destes minerais (Ca e P) na carcaça que aqueles em que houve suplementação. Estes dados são similares àqueles encontrados por OGINO e TAKEDA (1976), com carpa comum, OGINO e TAKEDA (1978) e SATOH et al. (1996), com truta arco íris, SCARPA e GATLIN (1993), com bagre do canal, e ARGARD e SHEARER (1997), com salmão do Atlântico.

Pode-se observar que a presença de cálcio e fósforo na carcaça dos peixes que foram arraçoados com dietas suplementadas com fósforo foi superior às não-suplementadas em 35,08% (cálcio) e 35,71% (fósforo). Este resultado é confirmado por SATOH et al. (1996), que observaram maiores concentrações desses minerais, quando utilizaram dietas suplementadas com fósforo para truta arco íris.

Por outro lado, OGINO e TAKEDA (1976) obtiveram aumento somente na concentração de fósforo na carcaça, quando esse foi incluído no nível de 0,67% da ração, independente do nível de cálcio. Ainda ASGARD e SHEARER (1997) observaram esse fato apenas quando a ração continha 14,9 g de fósforo/kg de ração, sendo que, em níveis mais altos, a retenção diminuiu. Entretanto, WATANABE et al. (1980), VIOLA et al. (1986) e ROBINSON et al. (1987) não encontraram efeito positivo na

mineralização óssea da tilápia do Nilo, carpa comum e tilápia azul (*Oreochromis aureus*), respectivamente, quando utilizaram cálcio e fósforo suplementar.

Constatou-se, ainda, que houve interação significativa entre os níveis de cálcio e a relação Ca/P, em relação à presença de cálcio e fósforo na carcaça. Observa-se que maiores concentrações de cálcio e fósforo foram detectadas nas relações Ca/P<sub>disp</sub> de 1,0:1,0 e 1,0:1,5 com o nível de cálcio de 0,5%. O mesmo não foi observado para a relação 2,0:1,0. Pode-se observar que as maiores concentrações de cálcio e fósforo na carcaça foram proporcionadas pelo tratamento com relação Ca/P<sub>disp</sub> de 1,0:1,0, com nível de cálcio na ração de 0,5%.

Os teores esperados de cálcio e fósforo na carcaça, em função das relações empregadas nas dietas, são expressas pelas equações de regressão apresentadas na Tabela 4. Os níveis desses minerais apresentados como máximos são de 5,76 e 3,85 e 3,78 e 2,73 para as rações contendo 0,5 e 0,8% de cálcio, respectivamente.

As médias das relações Ca/P da carcaça dos peixes dos diferentes tratamentos são apresentadas na Tabela 4. A análise estatística efetuada revelou efeito significativo da suplementação em fósforo, bem como da interação cálcio e relação Ca/P<sub>disp</sub>, nesta variável.

Observa-se na Tabela 4 que a relação  $\text{Ca}/\text{P}_{\text{disp}}$  da ração que resultou em maiores níveis de cálcio e fósforo na carcaça foi de 1,0:1,0. Dentro dessa relação a maior fixação foi proporcionada para as dietas contendo 0,5% de cálcio, com destaque para o correspondente nível de fósforo, porém em forma disponível. Resultado semelhante foi observado por OGINO e TAKEDA (1978), que obtiveram maior relação  $\text{Ca}/\text{P}$  na carcaça de truta arco íris, quando arraoados com rações contendo níveis mais elevados de fósforo, independente da concentração de cálcio. Por outro lado, SATOH et al. (1995), OGINO e TAKEDA (1976) e VIOLA et al. (1986) não observaram variações na relação  $\text{Ca}/\text{P}$  da carcaça de truta arco íris e carpa comum, quando alimentados com rações nas quais o conteúdo de fósforo foi aumentado, e essas se mantiveram entre 1,2 e 1,4:1,0, respectivamente.

Cabe observar que a relação  $\text{Ca}/\text{P}$  de 2,0:1,0, conforme se apresenta na literatura e adotada pela indústria de rações, deve ser revista. Os resultados dos níveis desses minerais presentes na carcaça dos peixes, nesta pesquisa, demonstram que os peixes absorvem cálcio da água e existe interação significativa entre estes minerais.

Contrariando as recomendações para peixes, estes resultados demonstram que a relação  $\text{Ca}/\text{P}_{\text{disp}}$  1,0:1,0 implica em maiores concentrações desses minerais na carcaça e ocorre quando o nível de cálcio da ração é de 0,5%. Por outro lado, deve-se ressaltar que o nível de 0,5% de fósforo da ração deverá apresentar-se na forma de fósforo disponível.

#### *Composição e relação cálcio/fósforo dos ossos*

Na Tabela 5 são apresentados os níveis de fósforo, cálcio e cinzas e a relação  $\text{Ca}/\text{P}$  nos ossos dos peixes. São apresentadas nesta tabela somente as médias (ou regressões) marginais em relação aos níveis de cálcio ou relação  $\text{Ca}/\text{P}_{\text{disp}}$ , pois para essas variáveis não houve interações significativas ( $p > 0,05$ ) entre esses fatores.

Constata-se que o tratamento cuja dieta não foi suplementada com cálcio e fósforo resultou em menores níveis de fósforo, cálcio e cinza nos ossos ( $p < 0,01$ ). Este fato foi confirmado em estudos realizados com carpas (OGINO e TAKEDA 1976), "red sea bream" (SAKAMOTO e YONE (1979), tilápia do Nilo (DATO-CAJEGAS e YAKUPITIYAGE 1996) e salmão do Atlântico (KETOLA, 1975; VIELMA e LALL, 1998), que observaram menores concentrações de cálcio, fósforo e cinzas nos ossos dos peixes alimentados com rações deficientes nes-

ses minerais. Estudos prévios demonstraram que a suplementação de fósforo nas rações aumentou a concentração desse mineral, do cálcio e da cinza dos ossos de várias espécies de peixes (SAKAMOTO e YONE, 1978; OGINO e TAKEDA, 1978; ASGARD e SHEARER 1997; VIELMA e LALL, 1998; e DATO-CAJEGAS e YAKUPITIYAGE, 1996).

No presente estudo, a quantidade de cálcio, fósforo e cinzas presentes nos ossos dos peixes, cujas dietas foram suplementadas com cálcio e fósforo disponível, foram superiores à dieta não-suplementada, respectivamente, em 2,42 vezes, 17,06 e 21,72%. Por outro lado, YONE e TOSHIMA (1979), trabalhando com o "red sea bream", ROBINSON et al. (1987), e WATANABE et al. (1980), com a tilápia do Nilo, não encontraram diferenças significativas na mineralização óssea com o aumento de fósforo nas rações.

Os ossos dos peixes que foram arraoados com dietas suplementadas com cálcio e fósforo disponível revelaram semelhantes quantidades de cálcio e cinza para ambos os níveis suplementares de cálcio ( $p > 0,05$ ). Entretanto, o mesmo não foi observado para o fósforo. Observa-se que houve diferença significativa na quantidade de fósforo retida nos ossos, entre os níveis suplementares de cálcio, apresentando-se maior quando a dieta continha 0,8% de cálcio ( $p < 0,05$ ). Estes dados se assemelham com aqueles encontrados por HAYLOR et al. (1988) que observaram maiores concentrações para o fósforo dos ossos quando a ração continha fósforo suplementar e 1,0% de cálcio.

Os teores esperados de fósforo e cinzas nos ossos dos peixes, em função da relação  $\text{Ca}/\text{P}_{\text{disp}}$ , presente na dieta são expressos pelas equações de regressão apresentadas na Tabela 5. Os níveis máximos dessas variáveis são, respectivamente, 11,61 e 61,17%.

Contrários a estes resultados, OGINO e TAKEDA (1978) relataram que o nível de cálcio na ração não afetou a mineralização óssea da truta arco íris. Por outro lado, ANDREWS et al. (1973) reportaram que para a máxima mineralização óssea a exigência de cálcio na ração parece ser superior a 1,5%, com 0,8% de fósforo disponível. Nesse sentido, SCARPA e GATLIN (1993) não encontraram respostas positivas para a mineralização óssea, quando suplementaram rações com 0,5; 1,0; e 2,0% de cálcio para bagre do canal criados em água com baixa ou alta concentração de cálcio. Ainda, SAKAMOTO e YONE (1976), OGINO e

Tabela 5 - Níveis de fósforo, cálcio e cinzas e relação cálcio:fósforo nos ossos de tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo (% MS)

Table 5 - Levels of phosphorus, calcium and ash and calcium/phosphorus ratio in the bones of Nile tilapia fed diets with different levels of calcium and phosphorus (% DM)

Item	SS <sup>1</sup>	Cálcio <sup>2</sup> Calcium		Regressão <sup>3</sup> Regression	CV (%)
		0,50	0,80		
Fósforo <i>Phosphorus</i>	9,23 (p<0,01)	10,62 <sup>a</sup>	10,99 <sup>b</sup>	$\hat{Y} = 6,40 + 7,96x - 3,04x^2$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =100)	3,46
Cálcio <i>Calcium</i>	9,45 (p<0,01)	22,43 <sup>a</sup>	23,43 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = 20,45 + 2,94x$ (p<0,01; R <sup>2</sup> =82,98)	5,40
Cinza <i>Ash</i>	47,54 (p<0,01)	57,05 <sup>a</sup>	58,69 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = 39,3 + 34,1x - 13,29x^2$ (p<0,05; R <sup>2</sup> =100)	4,09
Ca:P	1,02 (p<0,01)	2,11 <sup>a</sup>	2,14 <sup>a</sup>	$\hat{Y} = 2,277 - 0,1483x$ (p<0,05; R <sup>2</sup> =79,20)	5,02

<sup>1</sup> SS = sem suplementação de cálcio e fósforo, nível de significância relativo à comparação com os demais tratamentos suplementados.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem em relação ao nível de cálcio, para cada relação Ca/P<sub>disp</sub> na ração.

<sup>3</sup> Regressão em função da relação Ca/P<sub>disp</sub>.

<sup>4</sup> Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> Without supplementation of calcium and phosphorus, level of relative significancy when compared to the other supplemented treatments.

<sup>2</sup> Means, within a column, followed by the same letter do not differ in relation to the level of calcium, for each Ca/P<sub>a</sub> ratio in the diet.

<sup>3</sup> Regression in function of Ca/P<sub>a</sub> ratio.

<sup>4</sup> Coefficient of variation.

TAKEDA (1976), LOVELL (1978) e WATANABE et al. (1980) não encontraram diferenças na mineralização óssea, quando do aumento do nível de cálcio nas rações de várias espécies de peixes.

A análise de variância revelou diferenças significativas (p<0,01) para a relação cálcio/fósforo dos ossos dos peixes. Constata-se que apenas o tratamento sem suplementação de cálcio e fósforo apresentou relação Ca/P diferente dos demais tratamentos (p<0,01). Nesse estudo, a detecção de diferenças estatísticas entre os tratamentos vem de encontro aos resultados obtidos por OGINO e TAKEDA (1976, 1978), que observaram menor relação Ca/P nos ossos dos peixes que foram arraçados com rações deficientes nesses minerais.

Este resultado demonstra que a presença desses minerais na ração resulta em maior absorção e tendem a uma relação Ca/P de 2,0:1,0. O mesmo não foi encontrado quando estes minerais se encontravam em níveis abaixo do exigido pelos peixes e essa deficiência resultou em uma relação Ca/P dos ossos de 1,0:1,0. Entretanto, é contrário aquele resultado observado por HAYLOR et al. (1988), que, utilizando várias concentrações de fósforo disponível com dois níveis de cálcio (0,5 e 1,0%), obtiveram relação Ca/P dos ossos de 1,0:1,0. Por

outro lado, ANDREWS et al. (1973), SAKAMOTO e YONE (1979), OGINO e TAKEDA (1976, 1978), GATLIN e SCARPA (1991), ROBINSON et al. (1996) e VIELMA e LALL (1998) não encontraram diferenças na relação Ca/P dos ossos de várias espécies de peixes, independente da suplementação ou não desses minerais na ração, a qual se manteve em 2,0:1,0.

A suplementação de fósforo na ração teve efeito significativo em todas as variáveis estudadas. Entretanto, houve aumento no conteúdo desse mineral nos ossos, o qual foi maior quando a dieta continha níveis de 0,8% de cálcio. Contrário aos dados observados na carcaça, a relação Ca/P dos ossos sugere que a suplementação desses minerais, além de ser imprescindível para o desempenho, tem fundamental significado para a manutenção da homeostase óssea.

## Conclusões

Diferindo da maioria dos monogástricos, a tilápia do Nilo apresentou os melhores resultados produtivos, quando alimentada com rações cujas relações Ca/P<sub>disp</sub> se encontravam entre 1,0:1,0 e 1,0:1,5, com o fornecimento mínimo de 0,25% de fósforo disponível em sua ração.

## Referências Bibliográficas

- ANDREWS, J.W., DAVIS, J.M., CAMPBELL, C. 1973. Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hematocrit levels of channel catfish. *J. Nut.*, 103:766-771.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 1994. *Official methods of analysis*. Washington.
- DATO-CAJEGAS C.S., YAKUPITIYAGE. A. 1996. The need for dietary mineral supplementation for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultured in a semi-intensive culture. *Aquaculture*, 144:227-237.
- DOVE, G.R., TIEMIER, O.W., DOYOE, C.W. 1976. Effects of three diets on growth and mineral retention of channel catfish fingerlings. *Trans Amer. Fisheries Soc.*, 105:482-5.
- GATLIN, D. M., SCARPA, J. 1991. Dietary calcium source and level affect growth and bone mineralization of channel catfish. *Fish Nutrition in Practice*, 61:24-27.
- GRANER, C.A.F. *Determinação do crômio pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida*. Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1972. 112p. (Tese Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1972.
- HAYLOR, G.S., BEVERIDGE, M. C. M., JAUNCEY, K. 1988. Phosphorus nutrition of juvenile *Oreochromis niloticus*. In: PULLIN., R.S.V., BHUKASWAN, T., TONGUTHAI, K. (Eds.) et al. *The second international symposium on Tilapia in aquaculture*. Bangkok and ICLARM: Department of Fisheries, Manila, p.341-345.
- HILTON, J.W. 1989. The interaction of vitamins, minerals and diet composition in the diet of fish. *Aquaculture*, 79:223-244.
- KETOLA, H.G. 1975. Requirements of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Amer. Fisheries. Soc.*, 104:548-551.
- LOVELL, R.T. 1978. Dietary phosphorus requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Trans. Amer. Fisheries. Soc.*, 107:617-621.
- NAKAMURA, Y. 1982. Effects of dietary phosphorus and calcium contents on the absorption of phosphorus in the digestive tract of carps. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48(3):409-414.
- NOSE, T., ARAÍ, S. 1976. Recent advances on studies on mineral nutrition of fish in Japan. In: *Advances in aquaculture*. PILLAY, T.V.R., DILL, W.A. (Eds). Farnam, England: Fishing News. p.584-590.
- OGINO, C.B., TAKEUCHI, L., TAKEDA, H., WATANABE, T. 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and truta arco íris. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 45:1527-1579.
- OGINO, C., TAKEDA, H. 1976. Mineral requirements in fish. 3. Calcium and phosphorus requirements of carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42(7):793-799.
- OGINO, C., TAKEDA, H. 1978. Requirements of truta arco íris for dietary calcium and phosphorus. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44:1019-1022.
- PHILLIPS, A.M., PODOLIAK, H.A., POSTON, H.A. et al. 1963. The relationship of protein and ash in water and fat free samples of fish tissues. *Fish. Res. Bull.*, 26:49-51.
- ROBINSON, E.H., LaBOMASCUS, D., BROWN, P.B. et al. 1987. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis niloticus* reared in calcium-free water. *Aquaculture*, 64:267-279.
- ROBINSON, E.H., JACKSON, L.S., LI, M.H. 1996. Supplemental phosphorus in practical channel catfish diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(3):303-307.
- SAKAMOTO, S., YONE, Y. 1973. Effect of dietary calcium/phosphorus ratio upon growth, feed efficiency and blood serum Ca and P level in red sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 39:342-348.
- SAKAMOTO, S., YONE, Y. 1979. Availabilities of phosphorus compounds as dietary phosphorus sources for red sea bream. *J. Fac. Agr.*, 23:177-94.
- SATOH, S., PORN-Ngan, N., TAKEUCHI, T., WATANABE, T. 1996. Influence of dietary phosphorus levels on growth and mineral availability in truta arco íris. *Fisheries Sci.*, 62:483-487.
- SCARPA, J., GATLIN, M. D., 1993. Responses of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) swin-up fry to dietary calcium in soft and hard water. *Comp. Biochem. Physiol.*, 104(4):803-808.
- STEFFENS, W. 1997. *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Zaragoza: Ed. Acribia. 272p.
- TAKEUCHI, M., NAKAZOE, J. 1981. Effect of dietary phosphorus on lipid content and its composition in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47:347-352.
- VIELMA, J., LALL. S.P. 1988. Phosphorus utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in freshwater by higher dietary calcium intake. *Aquaculture*, 160:117-128.
- VIOLA, S., ZOHAR. G., ARIELE, Y. 1986. Requirements of phosphorus and its availability from different sources for intensive pond culture species in Israel. part II - carp culture. *Bamidgeh*, 38:44-54.
- WATANABE, T., TAKEUCHI, T., MURAKAMI, A. et al. 1980. The availability to tilapia nilotica of phosphorus in white fish meal. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46:897-899.
- WATANABE, T. 1988. *Fish nutrition and maniculture*. Jica Textbook. The General Aquaculture Course. 233p.
- WILSON, R.R., ROBINSON, E.H., GATLIN III et al. 1982. Dietary requirement of channel *bagre do canal*. *J. Nut.*, 112:1197-1202.
- YONE, Y., FUJII, M., TOSHIMA, N. 1979. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 45:735-756

Recebido em: 17/11/99

Aceito em: 19/06/00