



## Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento

Claudio Luiz Bock<sup>1</sup>, Luiz Edivaldo Pezzato<sup>2</sup>, Osmar Angelo Cantelmo<sup>3</sup>, Margarida Maria Barros<sup>4</sup>

<sup>1</sup> CEPTA/IBAMA, Pirassununga, SP.

<sup>2</sup> DMNA/FMVZ-UNESP, Botucatu, SP.

<sup>3</sup> CEPTA/IBAMA, Pirassununga, SP.

<sup>4</sup> DMNA/FMVZ-UNESP, Botucatu, SP.

**RESUMO** - Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de comparar a ação da fitase no desempenho, na incorporação e na excreção de fósforo em tilápias-do-nilo. Foram utilizadas quatro rações, uma padrão (controle), composta de 3.200 kcal ED/kg de ração e 30,0% PB e suplementada com fósforo (4,0% de fosfato bicálcico), e outras três, sem suplementação de fósforo, com diferentes níveis de fitase (1.000, 1.500 e 2.000 uf/kg), com quatro repetições por um período de 82 dias. Utilizaram-se tanques circulares de fibra de vidro, com fluxo e aeração constante. Os resultados comprovaram que a utilização de fitase em rações para peixes pode reduzir os níveis de fósforo inorgânico nas rações e minimizar os impactos provocados pelo fósforo no sistema de produção e no ambiente natural. Além disso, pode otimizar a produtividade, aumentando a quantidade de alimento a ser fornecida e, conseqüentemente, possibilitar a elevação da biomassa de peixes a ser utilizada por área de produção.

Palavras-chave: desempenho, excreção, fósforo, *Oreochromis niloticus*, peixe, poluição

## Phytase in diets for Nile tilapia in the growth period

**ABSTRACT** - This research was carried out to compare the effect of phytase on performance, in the incorporation and excretion phosphorus in Nile tilapia. Four diets were used: one standard (control), composed by 3,200 DE kcal ED/kg of ration and 30.0% CP and supplemented with phosphorus (4.0% of dicalcium phosphate), considering the treatment control, and others three, without phosphorus supplementation, with different phytase levels (1,000, 1,500, and 2,000 uf/kg), with four replication, per a period of 82 days. Circular tanks of fiber glass, with constant flow and aeration were used. The results demonstrated that the use of phytase in diets for fish production can reduce the levels of inorganic phosphorus in the diets and minimizing the impacts caused by phosphorus in the production system and in the natural environment and also can improve the productivity, increasing the amount of feed to be supplied and, consequently, facilitating the increase of biomass of fish to be used per production area.

Key Words: excretion, fish, growth, *Oreochromis niloticus*, phosphorus, pollution

## Introdução

Normalmente, o fósforo e a luz são os principais fatores limitantes na produção de plâncton em águas doces temperadas e tropicais. As descargas de nutrientes em efluentes de piscicultura estão diretamente associadas ao alimento. Portanto, em virtude da necessidade de reduzir a poluição de águas e incrementar a aquíicultura sustentável, deve-se reduzir a quantidade de fósforo em viveiros de piscicultura, pois seu excesso pode aumentar o crescimento de fitoplâncton na água, resultando em largas flutuações em oxigênio dissolvido.

A ração é considerada a maior fonte de adição de fósforo. Na ração o fósforo presente nos alimentos vegetais não pode ser totalmente absorvido pelos animais

monogástricos, por se apresentar na forma de fitato, substância não hidrolisável no intestino desses animais. Para que o fósforo seja liberado, é necessária a presença de fitase, enzima não sintetizada pelos animais monogástricos.

Fósforo fítico é a designação do fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexafosfato de inositol ou fitato), encontrado nos vegetais. A molécula de fitato possui alto teor de fósforo (28,2%) e alto potencial de quelação. Segundo Keshavarz (1999), o ácido fítico pode formar ampla variedade de sais insolúveis com cátions divalentes e trivalentes, como cálcio, zinco, cobre, cobalto, manganês, ferro e magnésio, que influenciam negativamente a digestão dos nutrientes, diminuindo a energia metabolizável da ração.

A inclusão de fitase em dietas com altos níveis de ingredientes vegetais pode reduzir a adição de fósforo inorgânico e contribuir para redução da descarga de fósforo por efluentes da piscicultura. A fitase possui especificidade relativa, pois é uma fosfatase que retira fósforo de qualquer substrato. A utilização de fitases exógenas permite melhor aproveitamento do fósforo fítico dos vegetais, reduzindo sua excreção para o ambiente e diminuindo os custos de produção. Além disso, o fósforo de fontes vegetais é pouco utilizado por animais não-ruminantes. Assim, as fezes excretadas contêm altos teores de fósforo fítico (Pizzolante, 2000). Vários autores encontraram efeitos positivos da inclusão de fitase em rações para peixes (Vielma et al., 1998; Vielma et al., 2000; Jackson et al., 1996; Schäfer et al., 1995; Olivia-Teles et al., 1998)

Este experimento foi realizado com o objetivo de comparar o desempenho, a incorporação e a excreção de fósforo obtidos com o fornecimento de uma ração com suplementação de fósforo aos resultados obtidos com rações sem adição de fósforo, porém, com níveis crescentes de fitase para tilápias-do-nilo durante a fase de crescimento.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Digestibilidade do CEPTA/IBAMA, Pirassununga, SP, durante 82 dias (janeiro a março de 2001), depois de sete dias de acondicionamento. Foram utilizados 240 alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) com  $48,5 \pm 13,0$  g de peso vivo, distribuídos em delineamento completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições em 16 tanques de fibra de vidro com 250 L. Cada tanque com 15 peixes foi considerado uma unidade experimental.

O sistema de abastecimento de água utilizado foi de fluxo contínuo, por gravidade, proveniente de mesma represa. Neste sistema, a água passa por dois filtros de areia (tipo comercial) e é distribuída por tubos de PVC dotados de controle individual por tanque. A vazão de água dos tanques foi regulada e mantida a 2 L/min/tanque para suprir as necessidades dos peixes.

Foram testadas quatro dietas: uma ração suplementada com fósforo (4,0% de fosfato bicálcico), considerada controle, e três rações sem suplementação de fósforo e com diferentes níveis de fitase (1.000, 1.500 e 2.000 uf/kg), com quatro réplicas.

As rações experimentais foram confeccionadas de forma a serem isoenergéticas (3.200 kcal ED/kg de ração) e isoprotéicas (30,0% PB) (Tabelas 1 e 2). As rações sem suplementação de fósforo foram completadas com fubá de

Tabela 1 - Composição percentual das rações experimentais  
Table 1 - Percentage composition of the experimental diets

Ingrediente <i>Ingredient</i>	Sem fitase <i>Without phytase</i> (%)	Com fitase <i>With phytase</i> (%)
Milho <i>Corn</i>	15,42	19,42
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	66,30	66,30
Farelo de trigo <i>Wheat middling</i>	8,00	8,00
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	4,50	4,50
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	4,00	0,00
Calcário <i>Limestone</i>	0,93	0,93
DL-Met	0,10	0,10
Vitamina C <sup>1</sup> <i>Vitamin C</i>	0,03	0,03
Sal (NaCl) <i>Salt</i>	0,20	0,20
Antioxidante (BHT) <sup>2</sup> <i>Antioxidant</i>	0,02	0,02
Suplemento vitamínico e mineral <sup>3</sup> <i>Supplement vitamin and mineral</i>	0,50	0,50

<sup>1</sup> Vitamina C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico com 42% de princípio ativo (*vitamin C: calcic salt, 2- monophosphate of ascorbic acid with 42% active principle*).

<sup>2</sup> Butil hidroxi tolueno (*Butil-hidroxi-toluen*).

<sup>3</sup> Suplemento mineral e vitamínico (*premix vitamin and mineral*) (Supremais): níveis de garantia por kg do produto (*warranty levels for kg of the product*): vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ác. fólico (*folic acid*) = 1.200 mg; pantotenato de Ca (*pantothenic calcium*) = 12.000 mg; vit. C (*vitamin C*) = 48.000 mg; biotina (*biotin*) = 48 mg; colina (*choline*) = 65.000 mg; niacina (*niacin*) = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mn = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg; Se = 20 mg;

Tabela 2 - Características nutritivas das rações experimentais  
Table 2 - Nutritional characteristics of the experimental diets

Nutriente <i>Nutrient</i>	Sem fitase <i>Without phytase</i> (%)	Com fitase <i>With phytase</i> (%)
Energia digestível (kcal/kg) <sup>1</sup> <i>Digestible energy</i>	3.199	3.245
Proteína digestível (%) <sup>1</sup> <i>Digestible protein</i>	30,00	30,09
PB (%) <i>CP</i>	32,84	32,86
Ca (%)	0,77	0,51
P disponível (%) <sup>2</sup> <i>Avaliable P</i>	0,76	0,46
Fibra bruta (%) <sup>3</sup> <i>Crude fiber</i>	6,61	6,60
Extrato etéreo (%) <sup>3</sup> <i>Ether extract</i>	6,34	6,40
Zn (%) <sup>3</sup>	0,47	0,47
DL-Met (%) <sup>3</sup>	0,51	0,51
L-Thr (%) <sup>3</sup>	1,09	1,09

<sup>1</sup> Pezzato et al. (2002).

<sup>2</sup> Miranda et al. (2000).

<sup>3</sup> Rostagno et al. (2005).

milho. Na confecção das rações, os ingredientes foram moídos a 0,45 mm de diâmetro, misturados manualmente e peletizados com auxílio de moedor de carne. Posteriormente, os péletes foram desidratados em estufa com ventilação forçada a 55°C por 24 horas, sendo fracionados e peneirados para obtenção de diâmetro de 3 × 5 mm. Finalmente, a fitase, em quantidade respectiva a cada tratamento, foi dissolvida em 50 mL de água destilada e borrifada com bomba de aerossol em 1 kg da dieta basal. As dietas foram mantidas em refrigeração a 4°C até o fornecimento.

A alimentação foi oferecida *ad libitum* quatro vezes ao dia. A iluminação do laboratório foi realizada com lâmpadas fluorescentes e controle automático de tempo regulado para o período das 6 às 18 h.

No início da pesquisa, foram coletados aleatoriamente 17 peixes, que constituíram uma única amostra para a biometria inicial. Ao término do experimento, foram coletados 5 indivíduos/réplica, totalizando 20 espécimes por tratamento, mantidos congelados para as análises de composição corporal.

O desempenho de produção dos peixes foi avaliado considerando a taxa de sobrevivência, o ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa da eficiência protéica, os teores de MS e proteína na carcaça (para o fósforo foi determinada sua taxa de eficiência, ganho de peso/fósforo consumido, e seu conteúdo na carcaça) e o teor de cálcio na carcaça.

O conteúdo de PB dos ingredientes das dietas e dos peixes foi analisado pelo método micro-kjeldahl. Os lipídeos das amostras foram determinados pela extração com éter, pelo método Soxhlet. Todas as análises foram realizadas segundo normas da AOAC (1984) e de Lovell (1981).

Para determinação das características físicas e químicas da água, diariamente foram determinados a temperatura e o oxigênio dissolvido com o auxílio de medidor marca YSI (modelo 57). O pH foi medido com auxílio de medidor marca FISHER (modelo 119) e a condutividade, pelo medidor YSI (modelo 33).

As análises de fósforo total, amônia e dureza foram realizadas em amostras coletadas com garrafa com capacidade de 2,0 L, por cinco dias consecutivos. As amostras foram congeladas e analisadas posteriormente segundo metodologias descritas, respectivamente, por APHA (1980), Koroleff (1976) e Boyd (1982).

O material sólido foi coletado em recipientes para decantação de fezes e ração, por gravidade, por cinco dias consecutivos juntamente com a água, constituindo suas réplicas. Em seguida, foi transferido para sacos plásticos devidamente etiquetados, sendo congelado e posteriormente liofilizado. Posteriormente, as amostras foram

conservadas em *freezer* para posteriores análises. As determinações de nitrogênio total foram realizadas pelo método macro-kjeldahl e fósforo total segundo AOAC (1984), APHA (1980) e Graner (1972).

O estudo estatístico do efeito da quantidade de fitase sobre o desenvolvimento, a composição corporal e a excreção de fósforo das fezes foi realizado a partir da análise de variância, complementada pelo teste Tukey, a 1% de significância, utilizando-se o *software* ESTAT - Sistema para Análises Estatísticas (UNESP, 2000). Para análise de excreção de fósforo na água, utilizou-se o teste Kruskal-Wallis, por meio do *software* MINITAB - Statistical Software (versão 13.0), a 1% de significância.

## Resultados e Discussão

A vazão de água do experimento foi controlada considerando os teores de oxigênio dissolvido na água. Os valores médios das variáveis físico-químicas da água dos tanques foram: temperatura 26,0 ± 0,5°C; pH 6,95 ± 0,53; oxigênio dissolvido 6,2 ± 0,5 mg/L; dureza 5,9 mg/L; alcalinidade 13,0 mg/L; e amônia 146,98 mg/L e mantiveram-se nos valores considerados adequados para a espécie (Boyd, 1982).

Os resultados obtidos para sobrevivência, ganho de peso, conversão alimentar, taxas de eficiência de proteína e de fósforo e a caracterização corporal (teores de MS, PB, P, Ca e lipídios) (Tabelas 3 e 4), quando submetidos à análise de variância, comprovaram diferenças (P<0,01) entre as dietas.

Os resultados (Tabela 3) indicam que, apesar de a taxa de sobrevivência não ter diferido significativamente entre as dietas, houve mortalidade entre os alevinos alimentados com as rações contendo 1.000 e 1.500 uf/kg. Entretanto, esta mortalidade ocorreu em virtude de confrontos agonísticos entre os peixes e não foi ocasionada pelas rações utilizadas.

O ganho de peso e a conversão alimentar dos peixes alimentados com a ração controle foram melhores que nos peixes alimentados com as rações contendo fitase (Tabela 3). Esse resultado pode ser explicado pelo conteúdo de fósforo total nas rações (1,4% na ração suplementada com fósforo e 0,6% naquelas contendo fitase), demonstrando que o teor desse mineral nas rações sem suplementação foi insuficiente, mesmo com a presença de fitase.

A espécie *Oreochromis niloticus* necessita de 0,6 g de fósforo disponível/kg de alimento (NRC, 1994). Segundo Fish Feed Technology (1980) e Lovell (1981), a deficiência de fósforo reduz o apetite e ocasiona atraso no desenvolvimento, o que explica os resultados de desempenho obtidos neste experimento. Entretanto, embora os resultados de ganho de peso e conversão alimentar nesta pesquisa não

Tabela 3 - Sobrevivência (S), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e taxas de eficiência de proteína (TEP) e de fósforo (TEF)  
 Table 3 - Survival (S), weight gain (GP), feed:gain ratio (CA), protein efficiency rate (TEP) and phosphorus efficiency rate (TEF)

Tratamento Treatment	Disponibilidade Availability					
	S (%)	GP (g)	GP/dia (g/dia)	CA	TEP (%)	TEF (%)
Com fosfato-sem fitase With phosphate-without phytase	100,00 (±0,0)	194,24a (±9,32)	2,43a (±0,12)	1,43:1b (±0,07)	2,13a (±0,10)	50,01b (±2,40)
1.000 uf/kg	98,33 (±3,33)	104,64b (±6,12)	1,31b (±0,08)	1,97:1a (±0,09)	1,55b (±0,07)	79,14a (±3,41)
1.500 uf/kg	91,67 (±8,39)	121,96b (±17,61)	1,52b (±0,22)	1,88:1a (±0,12)	1,62b (±0,10)	83,90a (±5,37)
2.000 uf/kg	100,00 (±0,0)	107,41b (±6,38)	1,34b (±0,08)	2,00:1a (±0,05)	1,53b (±0,04)	79,55a (±1,99)

Uf = Unidades de fitase (*phytase units*).

Médias com letras diferentes nas colunas são diferentes ( $P < 0,01$ ) pelo teste Tukey.

Means with different letters within a column are different ( $P < 0.01$ ) Tukey test.

Tabela 4 - Teores de MS, PB, P, Ca e lipídios (Li) na matéria úmida da carcaça

Table 4 - Contents of DM, CP, P, Ca and lipids (Li), in the fresh weight of carcass

Item	MS (%)	PB (%)	P %	Ca (%)	Li (%)
	DM	CP			
Com fosfato-sem fitase With phosphate-without phytase	31,28 (±1,46)	26,80 (±1,22)	1,26a (±0,10)	1,09a (±0,05)	10,97 (±0,95)
1.000 uf/kg	32,28 (±0,48)	30,78 (±2,95)	0,98b (±0,15)	0,92ab (±0,16)	12,09 (±1,09)
1.500 uf/kg	32,42 (±0,95)	30,70 (±1,29)	0,93b (±0,13)	0,87ab (±0,10)	11,77 (±0,84)
2.000 uf/kg	31,05 (±0,54)	29,88 (±2,87)	0,99b (±0,14)	0,81b (±0,14)	10,96 (±1,24)

Uf = Unidades de fitase (*phytase units*).

Médias com letras diferentes nas colunas são diferentes ( $P < 0,01$ ) pelo teste Tukey.

Means with different letters within a column are different ( $P < 0.01$ ) Tukey test.

tenham melhorado com a suplementação de fitase, autores relatam respostas positivas em suas pesquisas (Rodehutschort & Pfeffer, 1995; Jackson et al., 1996).

Rodehutschort & Pfeffer (1995) observaram que a suplementação de fitase (1.000 uf/kg) em trutas arco-íris melhorou a digestibilidade, a utilização do fósforo dietético, o ganho de peso e a ingestão de alimento. Jackson et al. (1996), em experimento com bagre-do-canal alimentado com ração com alimentos de origem vegetal formulada para conter 0,19% de fósforo disponível (0,60% fósforo total), contendo 0, 500, 1.000, 2.000 e 4.000 uf/kg, observaram que a fitase melhorou o consumo de ração e o ganho de peso dos peixes. Olivia-Teles et al. (1998) realizaram estudo com o *seabass* no qual substituíram a proteína dietética (farinha de peixe) por 65,6% farelo de soja e acrescentaram fitase (1.000 e 2.000 uf/kg) à dieta. Os resultados obtidos por esses autores comprovaram que a fitase aumentou o consumo de ração e melhorou o ganho de peso dos peixes e a biodisponibilidade do fósforo (71,5 e 79,8%, respectivamente). Vielma et al. (2000) desenvolveram estudo para avaliar a influência da substituição parcial da farinha de peixe por derivado da soja em rações para truta arco-íris adulta com dois níveis de fitase (0 e 1.200 uf/kg) e verificaram que uma parte significativa da farinha de peixe pode ser substituída por proteínas da soja sem comprometer o ganho

de peso ou a eficiência alimentar. Furuya et al. (2001) avaliaram os efeitos da adição de diferentes níveis de fitase (0, 500, 1.500 e 3.000 uf/kg) em dietas contendo 4% de farinha de peixe, 1,8% de calcário calcítico e ingredientes de origem vegetal para tilápias-do-nilo durante 45 dias e concluíram que a utilização de ração com 700 uf/kg foi adequada para o desempenho produtivo na fase inicial.

Neste estudo, os resultados demonstraram que dietas com baixos índices de fósforo disponível restringiram a utilização da proteína dietética (Tabela 3). Entretanto, a taxa de eficiência do fósforo nos peixes alimentados com as rações acrescidas de fitase melhorou significativamente em relação à observada nos peixes alimentados com a ração controle, mesmo com a reduzida disponibilidade nas rações sem suplementação de fósforo.

Segundo Hopher (1990), como todos os outros animais, os peixes necessitam de minerais como fatores essenciais ao seu metabolismo e crescimento. Contudo, em contraste com animais terrestres, que são completamente dependentes de uma provisão dietética, os peixes podem absorver parte dos minerais exigidos diretamente da água, através das brânquias ou até mesmo pela superfície do corpo. A absorção de minerais da água é um processo vital para osmorregulação em peixes de água doce, sendo importante também do ponto de vista nutricional (NRC, 1994).



A suplementação de fitase às rações não influenciou ( $P>0,01$ ) os conteúdos de matéria seca, proteína e lipídios da carcaça dos peixes. Entretanto, influenciou os conteúdos de cálcio e fósforo. Schäfer et al. (1995) observaram redução nos níveis de MS, mas não notaram diferença no teor de proteína bruta corporal de carpas alimentadas com dietas suplementadas com fitase. Segundo Lovell (1988), a porcentagem de cálcio no corpo (peso úmido) dos peixes é de 0,5 a 1,0%, com relação cálcio:fósforo de 0,7 a 1,6. Nesta pesquisa, as porcentagens de cálcio foram de 0,87; 0,94; 0,94 e 0,82 para a dieta controle com 1.000, 1.500 e 2.000 uf/kg, respectivamente.

A concentração de fósforo nas fezes dos peixes alimentados com a ração controle (suplementada com fósforo) foi significativamente maior ( $P<0,01$ ) que nas fezes dos demais peixes (Tabela 5).

A suplementação de 1.500 e 2.000 uf/kg proporcionou maior aproveitamento ( $P<0,01$ ) de fósforo que a adição de 1.000 uf/kg. Esses resultados demonstram a efetiva ação da enzima fitase em disponibilizar o fósforo fítico nos alimentos de origem vegetal.

Os peixes alimentados com as rações suplementadas com fitase excretaram menos fósforo pelas fezes em comparação aos peixes alimentados com a ração controle. Os resultados indicam que a excreção de fósforo nas fezes dos peixes alimentados com a ração contendo 1.500 e 2.000 uf/kg foi significativamente reduzida em relação à excreção nos animais alimentados com a ração controle, principalmente no caso da ração com 1.000 uf/kg.

Em estudos com alevinos de *seabass*, Olivia-Teles et al. (1998) obtiveram reduções significativas de fósforo fecal com a inclusão de 1.000 e 2.000 uf/kg nas dietas. Jackson et al. (1996) também descreveram reduções nas

concentrações de fósforo fecal e observaram que estas reduções ocorreram de forma linear conforme aumentou a suplementação de fitase.

A perda do fósforo da ração suplementada com fosfato bicálcico (tratamento controle) foi significativamente superior ( $P<0,05$ ) à observada nas rações acrescidas de fitase (Tabela 6). O fósforo dissolvido na água, no caso das rações suplementadas com fitase, foi semelhante em todos os níveis e apresentou significativa redução ( $P<0,05$ ) em relação à ração controle, o que está de acordo com os resultados descritos por Baruah et al. (2004), que concluíram que a adição de fitase microbiana em alimentos para peixes aumenta a biodisponibilidade de fósforo e, conseqüentemente, diminui a descarga no ambiente aquático.

O fósforo é considerado o principal nutriente que enriquece e polui os ambientes aquaculturais de água doce. Segundo o SRAC (2000), a literatura sobre a utilização de fósforo em dietas comerciais para *catfish* indica redução na excreção deste nutriente em viveiros de criação e, portanto, diminuição dos nutrientes disponíveis que propiciam o crescimento de algas. Apresenta ainda que o uso alternativo de suplementos de fósforo ou enzima fitase para aumentar a utilização de fitato do alimento pode ser benéfico por reduzir o crescimento de fitoplâncton e diminuir a incorporação de sabor desagradável no peixe. Além do impacto nas comunidades de algas, esses estudos têm comprovado maior eficiência do uso de fósforo nos alimentos.

A redução na liberação de fósforo pode permitir a otimização do sistema de produção quanto à sua capacidade de suporte. A utilização de fitase em rações para criação de peixes pode reduzir os níveis de inclusão de fósforo inorgânico nas rações, minimizando os impactos provocados por esse mineral no sistema de produção e no ambiente natural. De acordo com Lei & Porres (2005), em um futuro próximo, o aumento na utilização de fitase em dietas para animais reduzirá a poluição de fósforo excretado em todo o mundo. Esses autores expressam a esperança de que tecnologias modernas possam ser combinadas para melhorar a utilização do fitato efetivamente dietético pelos animais e minimizar a poluição ambiental da excreção de fósforo. Embora esses autores tenham se referido a animais domésticos, os peixes podem entrar nessa relação, uma vez que a fitase melhorou o aproveitamento do fitato em dietas para peixes, como descrito por Baruah et al. (2004).

## Conclusões

A utilização de fitase em rações para tilápia-do-nylo na fase de crescimento pode reduzir os níveis de inclusão de fósforo inorgânico nas rações e minimizar os impactos

Tabela 5 - Conteúdo de P na ração e nas fezes e relação P total nas rações/P excretado

Table 5 - Content of P in the diet and in the feces and total P in the diets/P excreted ratio

Item	Fósforo (%) <i>Phosphorus</i>		
	Ração <i>Diet</i>	Fezes <i>Feces</i>	Fezes/ração <i>Feces/diet</i>
Com fosfato- sem fitase <i>With phosphate- without phytase</i>	1,42 ( $\pm 0,02$ )	1,79a ( $\pm 0,11$ )	127,82b ( $\pm 0,10$ )
1.000 uf/kg	0,64 ( $\pm 0,01$ )	0,96b ( $\pm 0,04$ )	160,44a ( $\pm 0,15$ )
1.500 uf/kg	0,63 ( $\pm 0,03$ )	0,68c ( $\pm 0,03$ )	110,95c ( $\pm 0,13$ )
2.000 uf/kg	0,63 ( $\pm 0,00$ )	0,63c ( $\pm 0,05$ )	104,66c ( $\pm 0,14$ )

uf = unidades de fitase (*phytase units*).

Médias com letras diferentes nas colunas diferem ( $P<0,01$ ) pelo teste Tukey.

Means with different letters within a column are different ( $P<0,01$ ) by Tukey test.

Tabela 6 - Conteúdo de P total na água do efluente e na ração, incremento de P total na água do efluente em relação à água de abastecimento ( $5,54 \pm 1,34$  mg/L) e relação deste incremento com a porcentagem de P nas rações

Table 6 - Content P in the effluent water and in the diet, total P increment in the effluent water in relation to water supply ( $5.54 \pm 1.34$  mg/L) and relationship of this increment with the percentage of total P in the diets

Item	Fósforo (%) Phosphorus		Incremento Increment	
	Efluente (µg/L) Effluent	Ração (%) Diet	Efluente (µg/L) Effluent	Ração (%) Diet
Com fosfato-sem fitase With phosphate-without phytase	15,58a ( $\pm 4,78$ )	1,42 ( $\pm 0,02$ )	10,04a ( $\pm 3,57$ )	0,0072 ( $\pm 0,0025$ )
1.000 uf/kg	8,57b ( $\pm 1,49$ )	0,64 ( $\pm 0,01$ )	3,00b ( $\pm 0,89$ )	0,0062 ( $\pm 0,0015$ )
1.500 uf/kg	9,12b ( $\pm 1,54$ )	0,63 ( $\pm 0,03$ )	3,58b ( $\pm 1,13$ )	0,0060 ( $\pm 0,0019$ )
2.000 uf/kg	9,02b ( $\pm 1,88$ )	0,63 ( $\pm 0,00$ )	3,48b ( $\pm 3,57$ )	0,0058 ( $\pm 0,0015$ )

uf = unidades de fitase (phytase units).

Médias com letras diferentes nas colunas diferem ( $P < 0,01$ ) pelo teste Tukey.

Means with different letters within a column are different ( $P < 0.01$ ) by Tukey test.

provocados por esse mineral nos sistemas de produção que utilizam rações contendo alimentos de origem vegetal.

### Agradecimento

À indústria Supremais Produtos Bioquímicos Ltda., pelo apoio científico; ao Laboratório de Bromatologia, do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP, Campus de Pirassununga, SP; e ao Laboratório de Bromatologia do CEPTA/IBAMA, Pirassununga, SP.

### Literatura Citada

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standart methods**: for the examination of water and wastewater. 15.ed. Washington, D.C.: 1980. 1134p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists**. Washington: 1984. 1141p.
- BARUAH, K.; SAHU, N.P.; PAL, A.K. et al. Dietary phytase: an ideal approach for cost effective and low-polluting aquafeed, **NAGA: Word Fish Center Quarterly**, v.27, n.3/4, p.15-19, 2004.
- BOYD, C.E. **Water quality mangement for pond fish culture**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1982. 730p.
- FISH feed technology. Rome: FAO, 1980. p.105-108. (ADCP/REP/8011).
- FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B. et al. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.924-929, 2001.
- GRANER, C.A.F. **Determinação do crômio pelo método colorimétrico da s-difenilcabazida**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1972. 112p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual Paulista, 1972.
- HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. New York: Cambridge University Press, 1990. p.235-243.
- JACKSON, L.S.; LI, M.H.; ROBINSON, E.H. Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve

- utilization of phytase phosphorus. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.27, n.3, p.309-313, 1996.
- KESHAVARZ, K. Por que “es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras? **Indústria Avícola**, v.46, n.10, p.13-14, 1999.
- OROLEF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of seawater analysis**. Weinhein: Verlag Chemie, 1976. p.117-171.
- LEI, X.G; PORRES, J.M. [2005]. Inositol phosphates in animal nutrition: dietary manipulation and phosphorus excretion by animals. In: TURNER, B.L.; RICHARDSON, A.E.; MULLANEY, E.J. (Eds.) **Inositol phosphatesin soil-plant – animal system: linking Agriculture and Enviroment**. Sun Valley, Idaho: Soil Science Society of America, 2005. p.25-26. Disponível em: <http://striweb.si.edu/inositol\_conferencec/PDFS/Abstract\_Boob\_Content.pdf. Acesso em: 8/3/2007.
- LOVELL, R.T. **Manual for fish feed analysis and fish nutrition studies**. Auburn: Auburn University, 1981. 65p.
- LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. p.63-65.
- MINITAB 2000. Minitab release 13 for Windows. Minitab State College, PA.
- MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E. et al. Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.669-675, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed.rev. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 176p.
- OLIVIA-TELES, A.; PEREIRA, J.P.; GOUVEIA, A. et al. Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass. **Aquatic Living Resources**, v.11, n.4, p.255 - 259, 1998.
- PAGE, A.L.; PRATT, P.F. Effects of sewage sludge on effluent application to soil on the movement of N, P, soluble salts, and trace elements to groundwaters. In: NATIONAL MUNICIPAL SLUDGE MANAGEMENT AND DISPOSAL, 2., 1975, San Diego. **Proceedings...** San Diego: 1975. p.541-592.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela Tilápia do Nilo. (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.3361-3370, 2002.
- PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frango de corte**. Lavras: Universidade Estadual de Lavras, 2000. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Lavras, 2000.

- RODEHUTSCORD, M.; PFEFFER, E. Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Water Science & Technology**, v.31, n.10, p.143-147, 1995.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**: tabelas brasileiras para aves e suínos. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.
- SCHÄFER, A.; KOPPE, W.M.; MEYER-BURGDORFF, H.G. et al. Effects of microbial phytase on utilization of native phosphorus carp in a diet based on soybean meal. **Water Science & Technology**, v.31, n.10, p.140-155. 1995.
- SOUTHERN REGIONAL AQUACULTURE CENTER - SRAC. [2000]. **Management of environmentally – derived off-flavors in warmwater fish ponds**. In: SRAC ANNUAL PROGRESS REPORT, 13., 2000, Stoneville, MI: SRAC, 2000. p.19-31. Disponível em: <<http://govdocs.aquaculture.org/cgi/reprint/2003/615/6150050.pdf>> Acesso em: 8/3/2007.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. **ESTAT – Sistema para análises estatísticas**. Pólo computacional/ Departamento de Ciência Exatas. UNESP – FCAV – Campus de Jaboticabal, 2000. v. 2.0. (CD-ROM).
- VIELMA J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. et al. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.163, p.309-323, 1998.
- VIELMA J.; MÄKINEN, T.; EKHOLOM, P. et al. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. **Aquaculture**, v.182, p.349-362, 2000.

---

Recebido: 5/9/2005  
Aprovado: 16/4/2007