

FITASE EM RAÇÕES PARA JUVENIS DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

Wilson Massamitu FURUYA¹; Mariana MICHELATO²; Lilian Carolina Rosa SILVA³;
Lilian Dena dos SANTOS³; Tarcila Souza Castro SILVA³; Christiano Rodrigues SCHAMBER³;
Luiz Vitor Oliveira VIDAL⁴; Valéria Rosseto Barriviera FURUYA⁵

RESUMO

Este trabalho foi realizado para avaliar os efeitos da utilização de fitase sobre o desempenho e retenção de minerais em juvenis de pacu. Foram utilizados 160 peixes ($16,42 \pm 2$ g) que foram alimentados com rações contendo 0; 500; 1000 e 2000 unidades de fitase (UF)/kg com aproximadamente 3238 kcal de energia digestível, 30% de proteína bruta e 0,31% de fósforo disponível. Os peixes foram alimentados até saciedade aparente durante 60 dias. Não foi observado efeito dos níveis de fitase nas rações sobre as variáveis de sobrevivência, umidade, proteína bruta e gordura na carcaça. Foi observado aumento linear dos níveis de fitase nas dietas sobre o ganho de peso, cinzas na carcaça e nos ossos. Foi observado efeito quadrático dos níveis de fitase sobre a conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e níveis de cálcio e fósforo nos ossos, em que os melhores valores foram estimados com 433,33; 425; 1875 e 1833 UF/kg dieta, respectivamente. Concluiu-se que a suplementação ótima de fitase em rações para juvenis de pacu é de 433,33 UF/kg.

Palavras-chave: enzima, desempenho, ossos, peixe

DIETARY PHYTASE IN JUVENILE PACU (*Piaractus mesopotamicus*) DIETS

ABSTRACT

This work was undertaken out to evaluate the effects of dietary phytase on pacu juvenile performance and mineral retention. One-hundred and sixty fish (16.42 ± 2 g) were fed diets containing 0, 500, 1000 and 2000 phytase units (PU)/kg of diet containing approximately 3238 kcal of digestible energy, 30% of crude protein and 0.31% of available phosphorus. One-hundred and sixty fish were fed to apparent satiation for 60 days. No effects of the dietary phytase on survival, carcass humidity, crude protein and fat were observed. Increasing dietary phytase levels linearly increased weigh gain, carcass ash and bone ash. A quadratic effect on feed conversion ratio, which the best values were obtained using 433.33, 425, 1875 and 1833 PU/kg of diet, respectively. It was concluded that the optimum phytase supplemental level in the diet of juvenile pacu is 433.33 PU/kg of diet.

Key words: enzyme, performance, bone, fish

Artigo Científico: Recebido em 08/05/2007 - Aprovado em 25/03/2009

¹ Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá - UEM, Departamento de Zootecnia - DZO, 87020-900, Maringá-PR, wmfuruya@uem.br

² Curso de Graduação em Zootecnia - DZO/UEM, Maringá-PR, 87020-900, marianamichelato@hotmail.com

³ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia- UEM, 87020-900, Maringá-PR, lilianzoo@hotmail.com

⁴ Médico Veterinário, UEM, DZO, 87020-900, Maringá-PR, Brasil, Luiz_vidal@hotmail.com

⁵ Zootecnista, UEM, DZO, 87020-900, Maringá-PR, Brasil, dzanello@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma espécie amplamente utilizada em diversas regiões do Brasil, tendo como objetivo a produção de peixes para a pesca esportiva e para a produção de carne.

Por ser de hábito alimentar onívoro, é possível inclusão de fontes protéicas de origem vegetal para reduzir os custos com a alimentação, principalmente alimentos alternativos e convencionais de origem vegetal, em substituição à farinha de peixe. Por outro lado, muitos alimentos de origem vegetal contêm cerca de 70% ou mais de fósforo na forma de ácido fítico, indisponível aos peixes, que não possuem enzimas endógenas que permitam a utilização desse mineral (STOREBAKKEN *et al.*, 1998).

O fósforo é um nutriente limitante em grãos de cereais usados na elaboração de rações para peixes (POWER-HUGHES e SOARES, 1998). É essencial (BAEVERFJORD *et al.*, 1998) e sua deficiência reduz a taxa de crescimento (ANDREWS *et al.*, 1973), reduz a eficiência alimentar (RODEHUTSCORD, 1995), diminui a mineralização óssea (VIELMA *et al.*, 1998; BAEVERFJORD *et al.*, 1998) e aumenta o conteúdo de gordura na carcaça (SAKAMOTO e YONE, 1978).

Em rações formuladas com base em proteína do farelo de soja o fósforo é o nutriente mais limitante (FURUYA *et al.*, 2004), tornando-se importantes os estudos envolvendo a fitase exógena para aumentar a disponibilidade do fósforo dos ingredientes (FURUYA *et al.*, 2001a; BISWAS *et al.*, 2007). Além disso, em rações suplementadas com fitase, aumenta-se a disponibilidade de outros minerais como o cálcio, zinco, magnésio, cobre e ferro (MASUMOTO *et al.*, 2001; SUGIURA *et al.*, 2001).

Vários estudos têm sido realizados para determinação dos efeitos da enzima fitase sobre o desempenho e a disponibilidade de fósforo. Os efeitos positivos da suplementação de fitase sobre o crescimento, eficiência alimentar, retenção de minerais na carcaça e digestibilidade da proteína e disponibilidade dos minerais foram demonstrados em trabalhos realizados com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (SPINELLI *et al.*, 1983; RODEHUTSCORD e PFEFFER, 1995; LANARI *et al.*, 1998; VIELMA *et al.*, 1998 e FORSTER *et al.*, 1999), salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (STOREBAKKEN *et al.*, 1998), "seabass" (*Dicentrarchus labrax*), (OLIVA-TELES *et al.*, 1998), "striped bass" (*Morone saxatilis*) (POWER-HUGHES e SOARES, 1998), bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (JACKSON *et al.*, 1996) e tilápia-do-Nilo (*Oreochromis*

niloticus) (FURUYA *et al.*, 2001a; LIEBER e PORTZ, 2005).

O sucesso da criação intensiva de peixes depende de avanços tecnológicos, incluindo o uso da enzima fitase para aumentar a disponibilidade e diminuir a suplementação na dieta e a quantidade de fósforo perdida como efluente na água. No meio aquático o excesso de fósforo e nitrogênio dietético contribui para o desenvolvimento de algas, resultando em uma diminuição da qualidade da água, que também podem alterar as características sensoriais da carne dos peixes (MCAUIG *et al.*, 1972).

Objetivou-se com este experimento determinar os efeitos da adição de fitase em rações de juvenis de pacu, sobre o desempenho produtivo, composição da carcaça e retenção de cálcio e fósforo nos ossos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá - UEM, de março a maio de 2006, durante 60 dias.

Foram utilizados 160 peixes, pesando aproximadamente $16,42 \pm 2$ g de peso vivo, provenientes da Piscicultura Piracema. Os peixes foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo considerado como bloco um aquário de fibrocimento de 1000 L com quatro gaiolas (uma gaiola de cada tratamento).

Os aquários foram mantidos com sistema de aeração individual por meio de pedra porosa acoplada a um soprador, em sistema de recirculação (12 L/min). Cada unidade experimental foi constituída por uma gaiola (120 L) com 10 peixes.

Foi avaliada dieta basal com aproximadamente 3238 kcal de energia digestível/kg, 30% de proteína bruta e 0,31% de fósforo disponível sem (controle) e com 500; 1000 e 2000 unidades de fitase (UF)/kg de ração (Tabela 1).

Foi utilizada fitase cristalina [Natuphos 10.000® unidades de fitase (UF)/g de produto, BASF]. Cada ração foi granulada em moedor de carne adicionando-se água morna (45 °C) na proporção de 30% do peso seco da ração. Em seguida, os grânulos foram desidratados em estufa de ventilação forçada a 52 °C e estocadas em geladeira a 5°C. As rações foram desintegrada e peneirada de forma a obter grânulos com diâmetro de 1 mm. As rações foram fornecidas manualmente, à vontade, as 8:00; 14:00 e 17:30 horas.

Tabela 1. Composição percentual e calculada da ração controle

Item	%
Milho	21,16
Quirera de arroz	16,00
Farelo de arroz	8,00
Farelo de soja	43,00
Farinha de peixe	8,00
Calcário calcítico	0,80
DL-metionina	0,12
Óleo de soja	2,00
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,50
Sal comum	0,25
Vitamina C ²	0,05
BHT ³	0,02
MOS ⁴	0,10
Composição calculada	
Matéria seca (%) ⁵	91,39
Energia bruta (kcal/g) ⁶	4280
Proteína bruta (%) ⁵	30,05
Extrato etéreo (%) ⁵	5,11
Fibra bruta (%) ⁵	3,90
Cálcio (%) ⁵	0,95
Fósforo total (%) ⁵	0,75

¹ Suplemento mineral e vitamínico (por kg): vitamina A, 1 200 000 IU; vitamina D3, 200 000 IU; vitamina E, 12 000 mg; vitamina K3, 2 400 mg; vitamina B1, 4 800 mg; vitamina B2, 4 800 mg; vitamina B6, 4 000 mg; vitamina B12, 4 800 mg; ácido fólico = 1200 mg; pantotenato D-cálcio, 12 000 mg; ácido ascórbico, 48 000 mg; biotina, 48 mg; colina, 65 000 mg; ácido nicotínico, 24 000 mg; ferro, 10 000 mg; sulfato de cobre, 600 mg; sulfato de manganês, 4 000 mg; sulfato de zinco, 6 000 mg; iodo de potássio, 20 mg; cobalto, 2 mg; selênio, 20 mg.

² Vitamina C: sal calcítico, princípio ativo-42% ácido ascórbico 2-monofosfato.

³ Antioxidante.

⁴ MOS = mananoligossacarídeos (SAF Mannan®)

⁵ Valores determinados no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá, Paraná, Brasi.

⁶ De acordo com valores determinados pelo NRC (1993) para a tilápia-do-nylo

Todos os peixes foram pesados no início e final do experimento. Seis peixes de cada unidade experimental foram armazenados à - 25 °C para determinação da composição química da carcaça e quatro peixes foram utilizados para análise de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos. Para análise de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos, foi utilizado o osso opercular. Para tal, os ossos foram mantidos em éter de petróleo durante 24 horas.

Foram avaliados os parâmetros de ganho de peso (peso final - peso inicial), conversão alimentar (consumo de ração/ganho de peso), taxa de eficiência protéica (ganho em peso/consumo de

proteína), sobrevivência (número de peixes ao final do experimento/número de peixes ao início do experimento x 100), composição química (%), em umidade, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, cálcio e fósforo na carcaça e cinzas, cálcio e fósforo nos ossos.

As análises químico-bromatológicas das rações e da carcaça foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá segundo SILVA (1990).

Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo considerado como unidade experimental cada gaiola de 0,12 m³ com 10 peixes. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o programa SAEG da Universidade Federal de Viçosa (1982). Os dados de sobrevivência foram transformados pela expressão $y = \arcsen \sqrt{x/100}$, sendo x o valor da variável expresso em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos valores médios de 28,88±2,46 °C; 5,28±0,33 mg/L; 7,37±0,04; 23,75±5,5 µSm/cm, para temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade da água dos tanques, respectivamente. Os parâmetros permaneceram dentro da faixa recomendada por POPMA e GREEN (1990) para permitir o máximo desempenho das tilápias.

De acordo com YANG *et al.* (2006) a ocorrência de anormalidades externas em peixes alimentados com rações deficientes em fósforo está relacionada com a duração do experimento, mas pode ser influenciada por diversos fatores relacionados com os níveis e disponibilidade de minerais na água, espécie e idade do peixes e nível de fósforo disponível da ração (ROY e LALL, 2003).

Durante todo o período experimental, foi observada transparência total da água, obtida pela baixa presença de luz nas caixas, que foram cobertas com sombrite (70%) para minimizar a produção primária. Além disso, as possíveis sobras de ração e as fezes foram sifonadas diariamente para evitar o acúmulo de matéria orgânica, sendo realizada a substituição de 10% da água de cada aquário.

Na Tabela 2, encontram-se a os valores médios de desempenho de juvenis de pacu alimentados com rações contendo níveis crescentes de fitase.

Não foi observada mortalidade dos peixes durante o período experimental. Não foram observados sinais de anormalidades externas ou deformidades ósseas (lordose e escoliose) durante a coleta de ossos para

análise de minerais. Foram observadas diferenças ($P < 0,05$) dos níveis de fitase nas rações sobre as variáveis de ganho em peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e sobrevivência.

Tabela 2. Desempenho de juvenis de pacus alimentados com rações sem (controle) e com diferentes níveis de fitase

Variável	Fitase (UF/kg)				CV ¹
	0	500	1000	2000	
Peso final (g)	25,46	28,98	27,91	29,86	2,04
Ganho em peso (g) ²	10,88	11,50	12,57	13,45	4,80
Conversão alimentar ³	2,02	1,96	1,94	1,28	8,24
Taxa de eficiência protéica ³	1,66	1,71	1,73	2,62	8,97
Sobrevivência (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00

¹Coefficiente de variação

²Efeito linear ($P < 0,05$): ganho de peso ($Y = 10,9680 + 0,0014X$; $R^2 = 0,97$)

³Efeito quadrático: ($P < 0,05$): conversão alimentar ($Y = 2,0076 + 0,0020X - 0,0000003X^2$; $R^2 = 0,98$); taxa de eficiência protéica ($Y = 1,6934 + 0,0017X - 0,0000002X^2$; $R^2 = 0,98$)

Com o aumento dos níveis de fitase nas rações foi observado aumento linear ($P < 0,05$) sobre o ganho de peso dos peixes. Em trabalhos realizados por RODEHUTSCORD e PFEFFER (1995), LANARI *et al.* (1998) com a truta arco-íris, os maiores valores de ganho de peso foram obtidos pelos peixes que consumiram ração com 1000 UF/kg de ração. No entanto, JACKSON *et al.* (1996) e FURUYA *et al.* (2001a) concluíram que a utilização de 500 UF/kg de ração foi suficiente para o máximo ganho de peso de juvenis de bagre do canal e tilápia-do-Nilo, respectivamente. Por outro lado, o resultado obtido no presente estudo é inferior ao encontrado por VIELMA *et al.* (1998), em trabalho realizado com a truta arco-íris, em que observaram maior valor desta variável pelos peixes que receberam rações contendo 1500 UF/kg de dieta, sendo inferior também ao valor determinado por BISWAS *et al.* (2007), para máximo ganho de peso de juvenis de red sea bream (*Pagrus major*), de 2000 UF/kg.

Foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de fitase nas rações sobre a conversão alimentar, em que a melhor conversão alimentar foi estimada com utilização de 433,33 UF/kg de ração. Como o índice de conversão alimentar considera as variáveis de ganho em peso e consumo de ração, o mesmo pode ser considerado mais adequado para representar o desempenho, principalmente para estimar o custo com a alimentação, cujo valor desta variável está estreitamente relacionado com o consumo, custo do kg de ração e com o ganho em peso pelos peixes. Resultados próximos de inclusão de fitase para melhor valor de conversão alimentar

foram obtidos por JACKSON *et al.* (1996) com juvenis de bagre do canal e FURUYA *et al.* (2001a) e LIEBERT e PORTZ (2005) com a tilápia-do-Nilo, de 500 UF/kg de ração.

Foi observado efeito quadrático dos níveis de fitase sobre a taxa de eficiência protéica, em que o maior valor da variável foi estimado com 425 UF/kg de ração. A maior retenção de proteína pelos peixes que receberam as rações com maior inclusão de fitase está relacionada com a maior disponibilidade do fósforo (FURUYA *et al.*, 2001a; YOO *et al.*, 2005) nas rações que foram suplementadas com fitase. Ainda, ocorre aumento da digestibilidade da proteína (DENSTADLI *et al.*, 2007) e aminoácidos (SUGIURA *et al.*, 2001), zinco, magnésio, cobre e ferro (MASUMOTO *et al.*, 2001). A menor utilização da proteína pelos peixes alimentados com as rações sem fitase possivelmente está associada ao fato de que a inibição da β -oxidação dos ácidos graxos que resultou em menor utilização dos lipídios como fonte de energia, sendo utilizada a proteína como fonte alternativa de energia, o que reduziu a utilização da proteína (ROY e LALL, 2003). Por outro lado, a menor utilização da proteína pelos peixes que receberam a dieta com 2000 UF/kg de ração pode estar relacionada com o maior valor de fósforo disponível, que pode ter inibido a utilização de minerais como o cálcio, zinco, magnésio, ferro.

No presente estudo, em função das características das fezes dos peixes, em que foi observada desintegração das mesmas, que impossibilitou a obtenção de dados confiáveis para determinação dos coeficientes de digestibilidade da energia e nutrientes.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios de composição corporal e de minerais nos ossos de juvenis de pacu alimentados com rações sem fitase (controle) e com níveis crescentes de fitase.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de fitase nas rações sobre as variáveis de água, proteína bruta e gordura na carcaça. O fato de não ter sido observado menor deposição de gordura na carcaça em peixes alimentados com a ração sem inclusão de fitase e, portanto, com deficiência de fósforo, discorda dos resultados dos estudos realizados por SAKAMOTO e YONE (1978) com "red sea bream", EYA e LOVELL (1997) com o bagre do canal (ROY e LALL, 2003) e com a truta arco-íris, que observaram maior teor de lipídios na carcaça de peixes alimentados com rações deficientes em fósforo. De acordo com esses autores, o maior teor de gordura em peixes alimentados com rações deficientes em fósforo está relacionado com a inibição do ciclo do ácido cítrico e acúmulo de acetil-

CoA para a biossíntese de lipídios.

Foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de fitase sobre os valores de cálcio e fósforo nos ossos, em que os maiores valores foram estimados com 1875 e 1833 UF/kg de ração, respectivamente. ZHANG *et al.* (2006) observaram que a exigência de fósforo para máxima retenção de fósforo nos ossos em "seabass" (*Lateolabrax japonicus*) japonês foi aproximadamente 33% maior do que a exigência de fósforo para máximo crescimento, fato não encontrado no presente estudo. Os autores ainda citaram que o fósforo presente nos ossos, escamas e em outros tecidos dos peixes possuem capacidade tamponante em situações de mudança do suprimento de fósforo. Assim, a deposição de fósforo nos ossos é superior ao do nível de fósforo para máximo ganho de peso. Assim, não parece adequada a utilização da variável de ganho de peso para estimar o melhor valor de inclusão de fitase, relacionada com a disponibilidade do fósforo da ração.

Tabela 3. Composição química da carcaça (matéria natural) e minerais nos ossos de juvenis de pacu alimentados com rações contendo níveis crescentes de fitase

Variável	Fitase (UF/kg)				CV ¹
	0	500	1000	2000	
Carcaça (%)					
Umidade	70,35	70,10	70,44	69,97	0,94
Proteína bruta	15,54	15,71	15,42	15,62	2,32
Gordura	7,71	8,04	7,91	8,18	5,09
Cinzas ²	3,68	3,70	3,76	3,89	1,97
Ossos (%)					
Cinzas	46,78	47,24	48,04	49,33	1,75
Cálcio ³	18,17	18,34	18,62	18,71	2,14
Fósforo ³	6,64	6,87	7,41	7,42	2,10

¹ CV = Coeficiente de variação

² Efeito linear ($P < 0,05$): cinzas na carcaça ($Y = 3,6780 + 0,0020X$; $R^2 = 0,92$) e cinzas nos ossos ($Y = 46,7222 + 0,0014X$; $R^2 = 0,91$)

³ Efeito quadrático: ($P < 0,05$): cálcio nos ossos ($Y = 18,1560 + 0,00068X - 0,00000016X^2$; $R^2 = 0,91$) e fósforo nos ossos ($Y = 6,5933 + 0,0011X - 0,0000003X^2$; $R^2 = 0,94$)

A mineralização óssea é uma variável representativa do "status" de fósforo em peixes. Devido a importante função na formação da estrutura óssea, um aumento no teor de fósforo em rações de peixes resulta em aumento no conteúdo de fósforo nos ossos, levando a um concomitante aumento nos teores de diversos minerais nos ossos (SATO 2001; ZHANG *et al.*, 2006).

As diferenças entre os valores estimados no presente estudo com os encontrados na literatura podem estar relacionadas com o tipo de variável utilizada para determinar a exigência. Ainda que o efeito do tamanho dos peixes utilizado não

tenha sido especificamente avaliado, sabe-se que a composição corporal em minerais e as exigências de fósforo variam com o aumento do peso dos peixes (RONSHOLDT, 1995; SHEARER, 1995)

De forma geral, os efeitos positivos da adição de fitase sobre a o desempenho produtivo e retenção de minerais na carcaça possivelmente está relacionado com a maior disponibilidade do fósforo, como foi demonstrado por VIELMA *et al.* (1998), em estudo realizado com a truta arco-íris, que avaliaram rações sem e com 1500 UF/kg de ração para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mikiss*) e observaram que a utilização de fitase elevou a disponibilidade do fósforo da

ração sem fitase de 44,5% para 69,7%. Além disso, a utilização de fitase melhora a digestibilidade dos aminoácidos (MCCAUIG *et al.*, 1972) e aumenta a disponibilidade de diversos outros minerais (STOREBAKKEN *et al.*, 1998).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que a suplementação de fitase em rações melhora o desempenho de juvenis de pacu. Em criação intensiva, o fósforo é um dos nutrientes mais poluentes, sendo que o excesso de fósforo na água pode resultar em excessiva eutrofização e, conseqüentemente, prejuízos sobre a qualidade da água e sobre as características sensoriais da carne dos peixes quando há domínio de algas cianofíceas. Assim, a utilização de fitase pode contribuir para minimizar o impacto ambiental na criação de peixes, pois o excesso de fósforo pode aumentar o crescimento de fitoplâncton na água, resultando em flutuações em oxigênio dissolvido (Bock *et al.*, 2006).

Considerando-se as variáveis de crescimento, retenção de nutrientes, composição química da carcaça e retenção de minerais nos ossos, concluiu-se que há necessidade de suplementação de 433,33 UF/kg de ração para juvenis de pacu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS J.W.; MURALI, T.; CAMPBELL, EC. 1973 Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hematocrit levels of catfish. *Journal of Nutrition*, 103: 766-771.
- BAEVERFJORD, G.; ASGARD, T.; SHEARER, K.D. 1998 Shearer. Development and detection of phosphorus deficiency in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and post-smolts. *Aquaculture Nutrition*, 4: 1-11.
- BAKER, D.H. 1986 Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. *Journal of Nutrition*, 116: 2339, 1986.
- BISWAS, A.K.; KAKU, H.; JI, S.G.; SEOKA, M.; TAKII, K. 2007 Use of meat and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 265: 253-260.
- BOCK, C.L.; CANTELMO, O.A.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. 2007 Fitase em rações para tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1455-1461.
- DENSTADLI, V.; STOREBAKKEN, T.; SVIHUS, B.; SKREDE, A. 2007 A comparison of online phytase pre-treatment of vegetable feed ingredients and phytase coating in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in cold water. *Aquaculture* (no prelo).
- EYA, J.C. e LOVELL, R.T. 1986 Available phosphorus requirements of food-size channel "catfish" (*Ictalurus punctatus*) fed practical diets in ponds. *Aquaculture*, 154: 283-291.
- FORSTER, I.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S. 1999 Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*) held in 11°C fresh water. *Aquaculture*, 179: 109-125.
- FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C. 2001a Fitase na Alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): Desempenho e Digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30: 924-929.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, A.C. 2001b Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (Linhagem Tailandesa). *Acta Scientiarum*, 23: 465-469.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. 2004 Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 35: 1110-1116.
- JACKSON, L.S.; LI, M.H.; ROBINSON, E.H. 1996 Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization phytate phosphorus. *Journal of the World Aquaculture Society*, 7:309-313.
- LANARI, D.; D'AGARO, E.; TURRI, C. 1998 Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of plant protein diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 161: 345-356.
- LIEBERT, F.; PORTZ, L. 2005 Nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed plant based

- low phosphorus diets supplemented with graded levels of different sources of microbial phytase. *Aquaculture*, v.248, n.1-4, p.111-119.
- LOVELL, R.T. 1998 *Nutrition and feeding of fish*. New York: Van Nostrand Reinhold, 260p.
- MASUMOTO, T.; TAMURA, B.; SHIMENO, S. 2001 Effects of phytase on bioavailability of phosphorus in soybean meal-based diets for Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science*, 67: 1075-1080.
- MCCUAIG, L.W.; DAVIS, M.I.; MOTZOK, I. 1972 Intestinal alkaline phosphatase and phytase of chicks: effect of dietary magnesium, calcium, phosphorus and thyroactive casein. *Poultry Science*, 51: 526-530.
- NRC - 1993 National Research Council - *Nutritional Requirements of fishes*. Washington: Academic Press. 114p.
- OLIVA-TELES, A.; PEREIRA, J.P.; GOUVEIA, A. 1998 Utilisation of diets supplemented with microbial phytase by seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquatic Living Resource*, 11: 255-259.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; FURUYA, V.R.B.; PEZZATO, A.C. 2002 Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31: 1595-1604.
- POPMA, T.J. AND GREEN, B.W. 1990 *Sex reversal of tilapia in earthen ponds*. Aquaculture production manual. Alabama: Auburn University, Alabama Research and Development. Series 35, 15p.
- POWER HUGHES, K.P.; SOARES, J.H. 1998 Efficacy of phytase on phosphorus utilization in practical diets fed to striped bass *Morone saxatilis*. *Aquaculture Nutrition*, 4: 133-140.
- RODEHUTSCORD, M. AND PFEFFER, E. 1995 Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Water Science and Technology*, 31: 143-147.
- RONSHOLDT, B. 1995 Effect of fish size, age and feed composition on body composition and phosphorus content of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Water Science and Technology*, 31: 137-141.
- ROY, P.K. and LALL, S.P. 2003 Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). *Aquaculture*, 221: 451-468.
- SAJJADIM. AND CARTER, C.G. 2004 Dietary phytase supplementation and the utilisation of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a canola-meal-based diet. *Aquaculture*, 240: 417-431.
- SAKAMOTO, S.; YONE, Y. 1978 Effect of dietary phosphorus level on chemical composition of red sea bream. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 44: 227-229.
- SHEARER, K.D. 1995 The use of factorial modeling to determine the dietary requirements for essential elements in fishes. *Aquaculture*, 133: 57-72.
- SILVA, D.J. 1990 *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 2. ed., Imprensa Universitária: Viçosa, 166p.
- SPINELLI J., HOULE, C.R.; WEKELL, J.C. 1983 The effect of phytates on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. *Aquaculture*, 30: 71-83.
- STOREBAKKEN, T., SHEARER, K.D.; ROEM, A.J. 1998 Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytase treated soy protein based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 161: 365-379.
- SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, M.; HARDY, R.W. 2001 Dietary microbial phytase supplementation and the utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)] fed soybean meal-based diets. *Aquaculture*, 32: 583-592.
- SAEG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 1982 *Centro de Processamento de Dados - UFV/CPD. SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas*. Viçosa: UFV, 52p.
- VIELMA, J., LALL, S.P.; KOSKELA, J. 1998 Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 63: 309-323.
- YANG, S.; LIN, T.; LIU, F. 2006 Influence of dietary phosphorus levels on growth, metabolic response and body composition of juvenile silver perch

(*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture*, v. 253, p. 592-601, 2006.

YOO, G.; WANG, X.; CHOI, S.; HAN, K.; KANG, J.; BAI, S. C. 2005 Dietary microbial phytase increased the phosphorus digestibility in juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed diets containing soybean meal. *Aquaculture*, 243: 315-322.

ZHANG, C.; MAI, K.; AI, Q. ZHANG, W.; DUAN, Q.; TAN, B.; MA, H.; XU, W.; LIUFU, Z.; WANG, X. 2006 Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 255: 201-209.