

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FITASE EM DIETAS PARA TAMBAQUI

Lian Valente BRANDÃO¹; Geovanna Letícia Oliveira TENÓRIO¹; Verúcia Maria Dias BRANDÃO²; Léa Carolina de Oliveira COSTA¹; Geraldo Pereira PEREIRA JUNIOR³; Rodrigo ROUBACH⁴

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de comparar a ação da fitase no desempenho de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e na incorporação de fósforo na água em tanques. Foram utilizadas quatro rações, isoproteicas (30% PB) e isocalóricas, sendo uma padrão (controle), sem suplementação de fitase, e três com diferentes níveis de fitase (1.000, 1.500 e 2.000 uf kg⁻¹), com três repetições, por um período de 45 dias. Os resultados comprovaram que a utilização de fitase nas rações não interferiu no ganho de peso, conversão alimentar e sobrevivência dos peixes, mas pode reduzir a excreção de fósforo pelos animais em 21%, minimizando o impacto ambiental gerado por este nutriente.

Palavras chave: nutrição de peixes; fósforo; qualidade da água de cultivo; *Colossoma macropomum*

INFLUENCE OF PHYTASE ADDITION IN DIETS FOR TAMBAQUI

ABSTRACT

This research was carried out to compare the effect of phytase on performance, and in the incorporation of phosphorus in tanks with tambaqui. Four isoproteic (30%) and isocaloric diets were used: one standard (control), without phytase supplementation, and other three with different phytase levels (1,000, 1,500 and 2,000 uf kg⁻¹), with three replication each diet, during 45 days. The results demonstrated that the use of phytase in diets had no effect on weight gain, feed conversion and fish survival, but can reduce fish phosphorus excretion by 21%, minimizing the impacts caused by this nutrient.

Keywords: fish nutrition; phosphorus; water quality; *Colossoma macropomum*

Nota Científica: Recebida em 16/10/2014 - Aprovada em 21/10/2015

¹ Instituto Federal do Pará (IFPA), Campus Castanhal. BR 316, km 61 - Saudade II - Bloco C - 2º pavimento - CEP: 68740-000 - Castanhal - PA - Brasil. e-mail: lianpesca@yahoo.com.br (autora correspondente); geovanna.tenorio85@yahoo.com.br; leacarolinacosta@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Pará (UFPA). Av. dos Universitários, s/n - Jaderlândia - CEP: 68746-30 - Castanhal - PA - Brasil. e-mail: veruciadias@yahoo.com.br

³ Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ). R. José Breves, 550 - Centro Pinheiral - CEP: 27197-000 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil. e-mail: geraldoinpa@hotmail.com

⁴ Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), Coordenação Geral de Planejamento e Ordenamento da Aquicultura Marinha em Estabelecimentos Rurais. Setor Bancário Sul - Quadra 02 - Bloco J. - Ed. Carlton Tower - CEP: 70070-120 - Brasília - DF - Brasil. e-mail: rodrigo.roubach@mpa.gov.br

INTRODUÇÃO

A região Amazônica dispõe de vários fatores que favorecem a piscicultura: clima, solo, água abundante e de qualidade e, principalmente, diversidade de fauna ictiológica, com mais de 2.000 espécies (MELO *et al.*, 2001; PEREIRA-JUNIOR *et al.*, 2013).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*), pertencente à família Characidae, subfamília Serrasalminae (ARAÚJO-LIMA e GOULDING, 1998), é a espécie mais cultivada nessa região (VAL *et al.*, 2000; PADUA *et al.*, 2012) e com maior disponibilidade de juvenis. Segunda maior espécie de peixe de escamas da Amazônia, alcança até 1 m de comprimento e 30 kg de peso. Possui alto valor comercial, pois sua carne é bastante apreciada. Apresenta hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, tolerando baixos teores de oxigênio dissolvido na água, além de fácil adaptação à alimentação artificial e à técnicas de reprodução induzida já conhecidas (GRAEF, 1995; RODRIGUES, 2014).

Em piscicultura intensiva, grande parte dos problemas de qualidade da água está relacionada ao uso de alimentos de má qualidade e estratégias de alimentação inadequadas (KUBITZA, 2003). A liberação de nutrientes no meio ambiente pelos efluentes de pisciculturas está também associada a dietas de baixa digestibilidade (MELO *et al.*, 2012).

O fósforo é o segundo mineral mais abundante na composição dos tecidos animais, sendo que 80% do fósforo total está presente nos ossos e dentes, e o restante, distribuído entre fluídos e outros tecidos (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999), como participação na formação de membranas celulares e utilização e transferência de energia na forma de ATP (DIEMER *et al.*, 2014). O excesso desse mineral, porém, pode levar à eutrofização, que compromete a qualidade da água (DIEMER *et al.*, 2014), e alterar as características organolépticas da carcaça de peixes (VAN DER PLOEG e TUCKER, 1994).

Segundo CYRINO *et al.* (2010), hábitos alimentares e dietas dos peixes influenciam diretamente seu comportamento, integridade física, funções fisiológicas (reprodução e crescimento),

como também alteram as condições ambientais dos sistemas de produção.

No entanto, com a crescente pressão para reduzir a degradação aquática, tem-se priorizado as pesquisas para minimizar a excreção de nutrientes que favorecem a proliferação de fitoplâncton. Dentre estes, destaca-se o fósforo (P), principalmente nas criações intensivas, que dependem exclusivamente de rações balanceadas, uma vez que a ração é considerada a maior fonte de adição deste nutriente no ambiente. Esse nutriente não pode ser totalmente absorvido pelos animais monogástricos por se apresentar cerca de 75% na forma de ácido fítico (fitato), substância não hidrolisável no intestino de monogástricos, pois sua mucosa não secreta a enzima fitase (POWER-HUGHES e SOARES, 1998; VIELMA *et al.*, 1998).

Segundo KESHAVARZ (1999), o fitato 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 pelos animais monogástricos, diminuindo a energia disponibilizada pela ração. Desta forma, a suplementação de fósforo nas rações geralmente é realizada com o fosfato bicálcio, que eleva de 2,5 a 3,0% o custo total da ração (BORGES, 1997).

Visando a redução nos custos econômicos e ambientais de produção, as pesquisas atuais tem focado a busca pela melhoria na eficiência de utilização dos nutrientes associada ao menor impacto no ambiente, sendo que uma das soluções encontradas foi a adição de enzimas exógenas nas rações.

A inclusão da enzima fitase, uma fosfatase que retira fósforo de qualquer substrato, em dietas com altos percentuais de ingredientes vegetais pode reduzir a necessidade de adição de fósforo inorgânico e contribuir para a redução da descarga desse elemento nos efluentes de piscicultura (BRANDÃO, 2009). Vários autores encontraram efeitos positivos da inclusão de fitase em rações para peixes (JACKSON *et al.*, 1996; OLIVIA-TELES *et al.*, 1998; VIELMA *et al.*, 2000; FURUYA *et al.*, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2005; SARDAR *et al.*, 2007; CAO *et al.*, 2008).

Segundo BOCK *et al.* (2007), o fósforo é considerado o principal nutriente que enriquece e degrada os ambientes aquaculturais de água doce. Desta forma, estudos para a redução deste nutriente em sistemas aquícolas são necessários para otimizar a produção e reduzir seus impactos.

Neste sentido, esta pesquisa visou avaliar o desempenho zootécnico e a excreção de fósforo por juvenis de tambaqui alimentados com rações contendo níveis crescentes de fitase, no intuito de gerar subsídios para a redução da carga poluente em efluentes de piscicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação de piscicultura da Secretaria de Pesca e Aquicultura do Pará - Sepaq, com duração de 45 dias. Foram utilizados 120 juvenis de tambaqui com peso inicial de $12 \pm 0,6$ g, distribuídos em 12 cones (10 peixes por cone/unidade experimental) com 70 L de volume útil, equipados com sistema de aeração artificial e renovação de água na taxa de 1 L min^{-1} . O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 quatro tratamentos (níveis de inclusão de fitase) e três repetições.

As rações oferecidas foram baseadas em ingredientes de origem vegetal, como milho e farelo de soja, todas isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas, com relação energia bruta: proteína bruta (E:P) próxima a 12:1.

Para confecção da ração, após a pesagem, os ingredientes foram misturados em uma betoneira (marca CSM, Modelo 1 traço/CS400; 26 rpm e 2CV) durante 20 minutos. Após homogeneização, o material foi extrusado, formando peletes de 2 mm de diâmetro. Para adição da fitase aos tratamentos, após mistura dos ingredientes, a enzima foi dissolvida em água morna ($40 \text{ }^\circ\text{C}$) na proporção de 30% do peso seco da dieta (FURUYA *et al.*, 2001), e pulverizada sobre as dietas nos níveis de 1.000, 1.500 e 2.000 unidades de fitase ativa (UFA) kg^{-1} de ração. A fitase utilizada foi a Natuphos® 5000 G, fornecida pela BASF S.A., obtida por fermentação por fungos do grupo *Aspergillus niger* que, conforme o fabricante, contém atividade inicial mínima de 5.000 UFA g^{-1} .

A Tabela 1 apresenta as análises da composição centesimal (AOAC, 1995) dos ingredientes utilizados em todas as rações experimentais e a Tabela 2, a composição percentual da dieta controle.

As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, na quantidade de 5% da biomassa, sendo a qualidade da água monitorada duas vezes na semana, com a verificação do oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), temperatura ($^\circ\text{C}$), pH e condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), por meio de dois aparelhos multiparâmetros marca YSI: Oxímetro/Condutivímetro, Modelo 85-25 e pHmetro/Termômetro, Modelo 60-10. Os níveis de amônia foram determinados pelo Método do Endofenol.

Tabela 1. Composição centesimal (%; UM: Umidade; CZ: Cinzas; EE: Extrato Etéreo; PB: Proteína Bruta; FB: Fibra Bruta; ENN: Extrato Não Nitrogenado) dos ingredientes das rações utilizadas no teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.

Ingredientes	UM (%)	CZ (%)	EE (%)	PB (%)	FB (%)	ENN (%)
Farelo de soja	10,2	6,5	2,5	49,9	5,1	25,8
Farelo de milho	10,5	0,6	4,1	9,1	1,8	73,9
Farinha de trigo	12,0	0,4	1,2	11,7	1,3	73,4
Premix*	0	100	0	0,0	0	0
Protenose	8,8	2,2	0,5	69,0	5,0	14,5
Óleo de soja	0	0	100	0,0	0	0

*Premix Vitamínico e mineral kg^{-1} : fósforo 0,5%; cobre 2,66 mg; ferro 16,66 mg; iodo 0,25 mg; manganês 25 mg; zinco 16,6 mg; vit. A 3,33 UI; vit. E 2 UI; vit. C 1,000 ppm, vit. D3 800 UI; vit B10 46 mg; vit. B12 3,33 mg; vit B2 1,66 mg; vit K 0,52 mg; L-lisina (99%); DL metionina (99%).

Tabela 2. Composição (%) e valores nutricionais da dieta experimental (dieta controle) usada no teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase. (PB: Proteína Bruta; EB: Energia Bruta).

Ingredientes	%
Farelo de soja	45
Farelo de milho	23
Farinha de trigo	18
Premix*	1
Protenose	11
Óleo de soja	2
Total	100
PB ração	30,51(%)
EB ração	395,22 (kcal 100 g ⁻¹)
EB:PB	12,95

*Premix vitamínico e mineral kg⁻¹: fósforo 0,5%; cobre 2,66 mg; ferro 16,66 mg; iodo 0,25 mg; manganês 25 mg; zinco 16,6 mg; vit. A 3,33 UI; vit. E 2 UI; vit. C 1,000 ppm; vit. D3 800 UI; vit B1 0,46 mg; vit. B1 2 3,33 mg; vit B2 1,66 mg; vit K 0,52 mg. L-lisina (99%); D-metionina (99%).

As análises de fósforo total foram realizadas em amostras de água coletadas com garrafa Van Dorn) com capacidade de 600 mL, nos últimos cinco dias de experimento. Para obtenção destes dados foi utilizado o método da fotometria, com uso de um fotômetro MERCK, modelo NOVA 60.

Os dados de excreção de fósforo total foram analisados, após a realização dos testes de

normalidade e homocedasticidade, por ANOVA, complementada pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Para obtenção dos dados de desempenho zootécnico foram realizadas duas biometrias, uma no início e outra ao final do experimento. A avaliação do desempenho dos juvenis de tambaqui submetidos a diferentes níveis de inclusão de fitase na ração foi realizada com base nos seguintes dados:

- Ganho de Peso: GP (g) = peso final (g) - peso inicial (g);

- Conversão Alimentar Aparente: CAA = quantidade de ração fornecida (g)/ganho de peso (g);

- Sobrevivência: S% = Total de peixes vivos ao final /Total de peixes no início x 100.

Para a análise estatística, os dados zootécnicos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% para discriminação das médias.

RESULTADOS

Os valores médios dos parâmetros de qualidade da água monitorados durante o experimento não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3) e permaneceram dentro dos valores recomendados para o cultivo de tambaqui (KUBITZA, 2003).

Tabela 3. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água nas unidades experimentais durante o teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.

Parâmetro	Unidade	Tratamentos			
		Controle	1.000 uF	1.500 uF	2.000 uF
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	4,9 \pm 0,1	5,7 \pm 0,4	5,1 \pm 0,4	5,3 \pm 0,2
Temperatura	°C	28,2 \pm 0,3	27,8 \pm 0,2	27,7 \pm 0,4	27,9 \pm 0,2
pH		5,9 \pm 0,2	6,1 \pm 0,4	6,2 \pm 0,6	6,1 \pm 0,4
Condutividade	μ S cm ²	20,0 \pm 0,8	19,0 \pm 0,8	22,0 \pm 0,8	20,0 \pm 0,4
Amônia total	mg L ⁻¹	0,5 \pm 0,2	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2

Os resultados obtidos para sobrevivência, ganho de peso e conversão alimentar não

apresentaram diferenças significativas (ANOVA; $P>0,05$) entre as dietas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios (\pm desvio padrão) de Sobrevivência (S), Ganho de Peso (GP) e Conversão Alimentar Aparente (CAA) de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase, após 45 dias de experimento.

Tratamento	Variáveis de desempenho		
	S(%)	GP (g)	CA
Sem fitase	100	33,9 \pm 0,9 ^a	1,2 \pm 0,9 ^a
1.000 uF	100	34,9 \pm 0,8 ^a	1,1 \pm 0,8 ^a
1.500 uF	100	35,0 \pm 0,8 ^a	1,1 \pm 0,8 ^a
2.000 uF	100	35,2 \pm 0,8 ^a	1,1 \pm 0,8 ^a

uF: unidades de fitase. Letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

No entanto, apesar dos resultados similares entre os quatro tratamentos quanto aos parâmetros de desempenho e de qualidade da água, a concentração de fósforo na água dos tanques onde os peixes foram alimentados com a ração controle (sem adição de fitase) foi significativamente maior ($P < 0,05$) do que na água dos demais tanques, onde os peixes foram alimentados com ração suplementada com fitase (Figura 1). Ao analisar a média de fósforo total presente na água do tanque do tratamento controle (11,82 $\mu\text{g L}^{-1}$) e comparar com a média obtida entre os tratamentos com adição de fitase (9,3 $\mu\text{g L}^{-1}$), observou-se redução significativa deste nutriente (em torno de 21%).

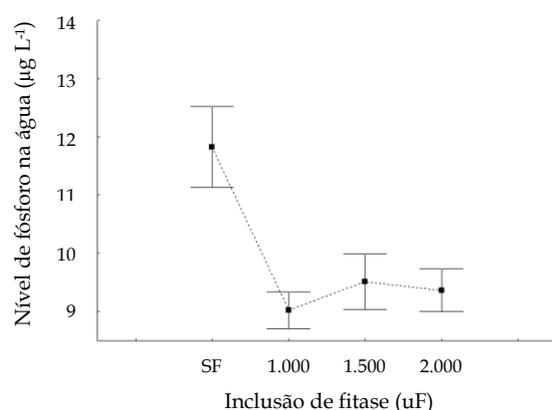


Figura 1. Níveis de fósforo total na água dos quatro tratamentos avaliados. As barras mostram o intervalo de confiança de 95%. SF: sem inclusão de fitase; 1.000: inclusão de 1.000 uF; 1.500: inclusão de 1.500 uF; 2.000: inclusão de 2.000 uF.

Os níveis de fósforo na água não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos com suplementação de fitase (1.000 uF, 1.500 uF e 2.000 uF).

DISCUSSÃO

A suplementação de fitase nos três níveis avaliados neste estudo proporcionou maior assimilação ($P < 0,05$) de fósforo em relação à dieta controle (sem adição de fitase), demonstrando a efetiva ação da enzima em disponibilizar o fósforo fítico dos ingredientes de origem vegetal. No entanto, esta melhor assimilação não resultou em melhor desempenho zootécnico dos animais, o que poderia ser atribuído a prováveis níveis insuficientes de fósforo nas dietas experimentais, devido à ausência de suplementação de fosfato bicálcio na formulação. Resultados semelhantes descritos por, FAO (1980), LOVELL (1981) e BOCK *et al.* (2007), os levou a afirmar que a deficiência de fósforo na dieta reduz o apetite e ocasiona atraso no desenvolvimento.

Os resultados também podem ser explicados pelo fato de o fósforo fítico, presente nos alimentos de origem vegetal, possuir a habilidade de se ligar a proteínas, o que acarreta decréscimo em sua solubilidade e, conseqüentemente, redução na sua disponibilidade (LIGEIRO, 2007). No mesmo sentido, FURUYA *et al.* (2005), ao trabalhar com tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, também não observaram melhora na conversão alimentar em dietas com 25% de proteína bruta suplementadas com fitase.

Por outro lado, embora os resultados de desempenho obtidos neste estudo não tenham melhorado com a suplementação de fitase, diversos autores relatam respostas satisfatórias em suas pesquisas. FURUYA *et al.* (2001), observaram que a utilização de ração com 700 uF kg^{-1} é adequada para o desempenho produtivo, digestibilidade da proteína e disponibilidade do cálcio e fósforo para a tilápia do Nilo, *O. niloticus*, quando alimentada com ração à base de ingredientes de origem vegetal na fase inicial do ciclo de vida.

LANARI *et al.* (1998) e VIELMA *et al.* (1998), em trabalhos realizados com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), também observaram melhora no ganho de peso dos peixes que

receberam rações contendo 1.000 e 1.500 UF kg⁻¹ de ração, respectivamente.

Neste trabalho, para viabilizar o estudo de retenção de fósforo fítico, todas as dietas experimentais apresentaram a mesma formulação, tendo em vista que o cálculo é feito pela mensuração do teor de fósforo na dieta e no excreta. Como os níveis de fósforo na água não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos com suplementação de fitase (1.000 uF, 1.500 uF e 2.000 uF), recomenda-se que a sua adição seja feita no menor nível (1.000 uF) para minimizar o custo total da ração e propiciar incremento na biodisponibilidade de fósforo e conseqüente redução de seu lançamento no ambiente aquático.

Para o catfish (*Ictalurus punctatus*), VAN DER PLOEG e TUCKER (1994) observaram que a presença de fitase aumentou a digestibilidade da proteína e a disponibilidade de minerais, favorecendo o desempenho da espécie e diminuindo a descarga de nutrientes para o meio aquático. BOCK *et al.* (2007), em estudo com tilápia do Nilo, *O. niloticus*, observaram redução significativa ($P<0,05$) na excreção de fósforo ao se suplementar a ração com 1.500 ou 2.000 uF kg⁻¹. FURUYA *et al.* (2005), ao suplementar dietas para tilápia do Nilo com fitase (500 UF kg⁻¹) também obtiveram melhores resultados de desempenho e redução na excreção de nitrogênio e fósforo para o meio aquático.

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⁻¹ nas dietas.

Por fim, os resultados obtidos neste trabalho corroboram o estudo de SIMONS *et al.* (1990), que afirmam que a redução da suplementação de fósforo inorgânico e o aumento do uso do fósforo fítico pelo animal, a partir da suplementação com a enzima fitase, além de resultar na diminuição da excreção de fósforo, proporciona redução significativa nos custos de alimentação. Desta forma, estudos para a sua redução em sistemas aquícolas são necessários para otimizar a produção e reduzir seus impactos.

CONCLUSÃO

A inclusão de fitase em rações à base de ingredientes de origem vegetal para juvenis de

tambaqui (*C. macropomum*) nos níveis avaliados aumenta a biodisponibilidade do fósforo para a espécie, minimizando em até 21% a eliminação deste nutriente no corpo hídrico.

Os resultados obtidos demonstram ser possível utilizar uma ração com menor impacto ambiental, adicionando-se 1.000 uF kg⁻¹, evitando gastos desnecessários na elaboração da ração.

REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1995 *Official methods of analysis*. 17^a ed., 1141p.
- ARAÚJO-LIMA, C. e GOULDING, M. 1998 *Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia*. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq. Tefé, AM. 187p.
- BOCK, C.L.; PEZZATO, L.E.; CANTELMO, O.A.; BARROS, M.M. 2007 Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(5): 1455-1461.
- BORGES, F.M.O. 1997 Utilização de enzimas em dietas avícolas. In: *Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG*. Belo Horizonte. n.20, p.5-30.
- BRANDÃO, L.V. 2009 Utilização de fitase em dietas para peixes. *PUBVET. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 3(5): 10p. Art.#501. [on line] URL: <<http://www.pubvet.com.br/>>
- CAO, L.; YANG, Y.; WANG, W.M.; YAKUPITIYAGE.; YUAN, D.R.; DIANA, J.S. 2008 Effects of pretreatment with microbial phytase on phosphorous utilization and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 14(2): 99-109.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J. DE A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. 2010 A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(supl. especial): 68-87.
- DIEMER, O; BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.A.; SARY, C.; NEU, D.H.; FEIDEN, A. 2011 Níveis de fósforo total na alimentação de juvenis de jundiá criados em tanques-rede. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(4): 559-563.
- DIEMER, O.; BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.A.; KLEIN, S.; FEIDEN, A. 2014 Fósforo na

- alimentação de pacus criados em tanques-rede. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66(4): 1243-1250.
- FAO. 1980 *Fish feed technology*. Rome: FAO. p.105-108. (ADCP/REP/8011).
- FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C. 2001 Fitase na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(3): 924-929.
- FURUYA, W.M.; SANTOS, V.G.; BORATO, D.; HAYASHI, C.; SILVA, L.C.R. 2005 Níveis de proteína e fitase em rações de terminação para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia*. UNIPAR, 8(1): 11-17.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; KLEEMAN, G.K.; ROCHA, D.F. 2005 Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6): 2155-2163.
- GRAEF, E.W. 1995 As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: VAL, A.L. e HONCZARYK, A. (eds) *Criando peixes na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p.29-43.
- JACKSON, L.S.; LI, M.H.; ROBINSON, E.H. 1996 Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytase phosphorus. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(3): 309-313.
- KESHAVARZ, K. 1999 "Por que es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras?" *Indústria Avícola*, 46(10): 13-14.
- KUBITZA, F. 2003 Qualidade do alimento e qualidade da água. In: *Acqua Supre. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. Fernando Kubitza. Jundiaí. 229p.
- 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(1-4): 345-356.
- LIGEIRO, E.C. 2007 *Efeito da utilização da fitase sobre o desempenho, qualidade dos ovos, avaliação econômica e excreção de fósforo e nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo ingredientes alternativos*. São Paulo 81f. (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista - UNESP) Disponível em: <<http://acervodigital.unesp.br/handle/unesp/176475>> Acesso em: 09 dez. 2015.
- LOVELL, R.T. 1981 *Manual for fish feed analysis and fish nutrition studies*. Auburn: Auburn University. 65p.
- MELO, L.A.S.; IZEL, A.C.U.; RODRIGUES, F.M. 2001 *Criação de tambaqui (Colossoma macropomum) em viveiros de argila/barragens no Estado do Amazonas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. BRASIL. 30p.
- MELO, K.D.M.; AIURA, F.S.; TESSITORE, A.J.A.; AIURA, A.L.O.; MACIEL, M.P.; AROUCA, C.L.C. 2012 Adição de fitase em rações para tilápia-do-Nilo. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 107(581-582): 85-89.
- OLIVIA-TELES, A.; PEREIRA, J.P.; GOUVEIA, A. GOMES, E. 1998 Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass. *Aquatic Living Resources*, 11(4): 255-259.
- PADUA, S.B.; PILARSKI, F.; SAKABE, R.; DIAS-NETO, J.; CHAGAS, E.C.; ISHIKAWA, M.M. 2012 Heparina e K3 EDTA como anticoagulantes para tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1816). *Revista Acta Amazônica*, 42(2): 293-298.
- PEREIRA JUNIOR, G.P.; PEREIRA, E.M.O.; PEREIRA FILHO, M.; BARBOSA, P.S.; SHIMODA, E.; BRANDÃO, L.V. 2013 Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, CRANTZ) em substituição ao milho (*Zea mays*). *Revista Acta Amazonica*, 43(2): 217-226.
- POWER-HUGHES, K.P. e SOARES, J.H. 1998 Efficacy of phytase on phosphorus utilization in practical diets fed to striped bass *Morone saxatilis*. *Aquaculture Nutrition*, 4(2): 133-140.
- RODRIGUES, A.P.O. 2014 Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Boletim do Instituto da Pesca*, 40(1): 135-145.
- SARDAR, P.; RANDHAWA H.S.; ABID, M.; PRABHAKAR, S.K. 2007 Effect of dietary

- microbial phytase supplementation on growth performance, nutrient utilization, body compositions and haemato-biochemical profiles of *Cyprinus carpio* (L.) fingerlings fed soyprotein-based diet. *Aquaculture Nutrition*, 13(6): 444-456.
- SIMONS, P.C.M.; VERSTEEGH, H.A.V.; JONGLOED, A.W.; KEMME, P.A.; SLUMP, P.; BOS, K.D.; WOLTERS, M.G.E.; BEUDEKER, R.F.; VERSHOOR, G.J. 1990 Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pig. *British Journal Nutrition*, 64(2-3): 525-540.
- UNDERWOOD, E.J. e SUTTLE, N.F. 1999 *The mineral nutrition of livestock*. 3ª ed. Wallingford: Cabi. p.105-148.
- VAL, A.L.; ROLIM, P.R.; RABELO, H. 2000 Situação atual da aquicultura na Região Norte. In: VALENTE, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (eds) *Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq; MCT. p.247-266.
- VAN DER PLOEG, M. e TUCKER, C.S. 1994 Seasonal trends in flavor quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, from commercial ponds in Mississippi. *Journal of applied Aquaculture*, 3(1-2): 121-140.
- VIELMA, J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. 1998 Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 63(3-4): 309-323.
- VIELMA J.; MÄKINEN, T.; EKHOLM, P.; KOSKELA, J. 2000 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*, 183(3-4): 349-362.