



Acta Scientiarum. Animal Sciences

ISSN: 1806-2636

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Souza de Castro Silva, Tarcila; Massamitu Furuya, Wilson; Gomes dos Santos, Vivian; Botaro, Daniele; Silva, Lilian Carolina Rosa; Pinsetta Sales, Priscila Juliana; Hayashi, Carmino; dos Santos, Lílian Dena; Rossetto Barriviera Furuya, Valéria

Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de soja integral sem e com fitase para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 27, núm. 3, julio-septiembre, 2005, pp. 371-376

Universidade Estadual de Maringá

.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126471009>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de soja integral sem e com fitase para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Tarcila Souza de Castro Silva^{1*}, Wilson Massamitu Furuya¹, Vivian Gomes dos Santos¹, Daniele Botaro¹, Lilian Carolina Rosa Silva¹, Priscila Juliana Pinsetta Sales¹, Carmino Hayashi², Lílian Dena dos Santos¹ e Valéria Rossetto Barriviera Furuya¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
²Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. *Autor para correspondência. e-mail: tarcilazoo@yahoo.com.br.

RESUMO. Este trabalho foi realizado para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) do farelo de soja integral sem e com (1000 unidades de fitase/kg dieta) suplementação de fitase pela tilápia do Nilo ($110,3 \pm 20$ g). Os peixes foram alimentados com dieta peletizada até saciedade aparente. Foi utilizada dieta referência com 26,76% de proteína bruta e 3400 kcal de energia digestível/kg de dieta. Para a elaboração das dietas-teste o farelo de soja integral substituiu 30% da dieta referência. O óxido de crômio foi utilizado como indicador inerte e as fezes foram coletadas pelo sistema de Guelph modificado. A suplementação de fitase resultou em aumento na disponibilidade do fósforo. Os CDa da matéria seca, energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo e do fósforo total foram, respectivamente: 67,64%; 73,34%; 92,49%; 96,12% e 26,14% e 65,96%; 75,33%; 93,28%; 95,73% e 58,82%, para o farelo de soja integral sem e com suplementação de fitase. Concluiu-se que o farelo de soja integral é efetivamente utilizado pela tilápia do Nilo e que a utilização de fitase aumenta a disponibilidade do fósforo total.

Palavras-chave: digestibilidade, farelo de soja integral, tilápia do Nilo, fitase.

ABSTRACT. Apparent digestibility coefficients of energy and nutrients of full-fat soybean meal with and without phytase for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). This work was carried out to determine the apparent digestibility coefficients (ADC) of energy and nutrients in supplemented (1000 phytase unit/kg of diet) and non supplemented full-fat soybean meal by Nile tilapia (110.3 ± 20 g). Fish were fed on pelletized diet to apparent satiation. A reference diet with 26.76% crude protein and 3400 kcal digestible energy/kg were utilized. To formulate the test diet, the full-fat soybean meal replaced 30% of the reference diet. Chromic oxide was utilized as an inert indicator. Faeces were collected by modified Guelph system. The ADC of dry matter, gross energy, crude protein, ether extract and total phosphorus were, respectively, 67.64, 73.34, 92.49, 96.12 and 26.14% and 65.96; 75.33; 93.28; 95.73 and 58.82% for full-fat soybean meal without and with phytase supplementation. Results show that full-fat soybean meal is effectively utilized by the Nile tilapia and phytase supplementation improves the availability of total phosphorus.

Key words: digestibility, full-fat soybean meal, Nile tilapia, phytase.

Introdução

As tilápias têm se destacado nos estudos envolvendo a digestibilidade da energia e nutrientes de fontes convencionais e alternativas de origem vegetal (Fagbenro, 1998; Pezzato *et al.*, 2002), uma vez que utilizam eficientemente dietas com elevados teores de carboidratos (Degani e Revach, 1991; NRC, 1993), fato atribuído às suas adaptações morfológicas e fisiológicas (Kubarik, 1997). Isso foi

demonstrado por Hanley (1987) e Degani *et al.* (1997), em estudos realizados com a tilápia do Nilo e com a tilápia híbrida (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*), respectivamente.

O farelo de soja é a principal fonte protéica de origem vegetal utilizada em rações para peixes, pela sua disponibilidade no mercado nacional e pelo elevado valor nutritivo (Oliva-Teles *et al.*, 1994; Kaushik *et al.*, 1995; El-Sayed, 1998; Usmani *et al.*,

2003), principalmente pela digestibilidade da proteína e aminoácidos (Masumoto *et al.*, 1996), ainda que apresente deficiência de aminoácidos sulfurados (Gomes *et al.*, 1995; Popma e Lovshim, 1996). Além disso, possui inibidores de proteases, que reduzem a atividade das enzimas digestivas (Webster *et al.*, 1992; Krogdahl *et al.*, 1994) e aumentam a excreção de nitrogênio fecal (Dabrowski *et al.*, 1989; Van Den Iingh *et al.*, 1991). Ainda, a soja e os seus subprodutos possuem outros fatores antinutricionais, destacando-se o ácido fítico (Richie e Brown, 1996; Sugiura *et al.*, 1998), as lectinas, e as saponinas, que afetam negativamente o desempenho dos peixes (Francis *et al.*, 2001).

O fósforo geralmente, é o nutriente mais limitante em grãos de cereais usados na elaboração de dietas para peixes. É um nutriente essencial e sua deficiência leva a uma redução na taxa de crescimento, redução na eficiência alimentar, baixa mineralização óssea (Furuya *et al.*, 2001a). A fitase é uma enzima endógena amplamente utilizada em rações para aves e suínos para aumentar a disponibilidade do fósforo. Além disso, sua suplementação contribui para o aumento da disponibilidade dos aminoácidos e minerais como o cálcio, zinco, magnésio, cobre e ferro (Sugiura *et al.*, 2001).

Vários estudos têm sido realizados para avaliar os efeitos da enzima fitase sobre o desempenho e a disponibilidade dos minerais, principalmente o fósforo. Os efeitos da suplementação de fitase sobre a digestibilidade da energia bruta e dos nutrientes foram demonstrados em trabalhos realizados com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) por Lanari *et al.* (1998) e Forster (1999), com salmão do Atlântico (*Salmo salar*) por Sajjadi e Carter (2004), com "striped bass" (*Morone saxatilis*) por Papatryphon e Soares (2001) e com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por Furuya *et al.* (2001a).

O farelo de soja integral tem sido utilizado em rações para organismos aquáticos para reduzir o custo com a alimentação. Além disso, esse ingrediente é preferido, em relação ao farelo de soja, pois proporciona melhor aparência do grânulo submetido à extrusão. Os estudos têm demonstrado resultados variáveis em função do conteúdo de fatores antinutricionais, principalmente pelo tipo de processamento utilização para sua obtenção.

O farelo de soja integral possui maior teor de lipídios que o farelo de soja (Allan *et al.*, 2000; Rostagno, 2000), constituindo-se em excelente fonte de energia em rações para peixes (Gomes *et al.*, 1995; Fagbenro, 1998), sendo que o conteúdo de energia digestível varia de acordo com a espécie (Wee e Shu,

1989; Fagbenro, 1998) e com o tipo de processamento utilizado (Davies *et al.*, 1997; Bertol *et al.*, 2001).

A determinação da digestibilidade tem sido uma das principais ferramentas para avaliar a qualidade de uma dieta ou ingrediente, indicando o seu valor nutricional, assim como dos níveis de nutrientes não digeridos que irão compor a maior parte dos resíduos acumulados no meio aquático. Poucos são os estudos sobre a determinação dos coeficientes de digestibilidade da energia e nutrientes dos principais ingredientes que são utilizados na formulação de dietas completa para as tilápias.

O presente trabalho teve por objetivo determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de soja integral sem e com suplementação de fitase pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Material e métodos

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá, Estado do Paraná, durante o período de outubro a novembro de 2003.

Foram utilizados 16 juvenis de tilápia do Nilo, revertidos durante a fase larval através da utilização de 60 mg do hormônio 17 α -metiltestosterona/kg de dieta, com peso vivo médio de $110,30 \pm 20,86$ g.

O ingrediente-teste (farelo de soja integral) substituiu 30% da dieta basal, sendo avaliado o valor nutritivo da soja integral sem e com fitase (Natuphos®-5000, BASF). Foi utilizado o farelo de soja "desativado", obtido através de cozimento (65°C a 104°C) em reatores com controle de pressão e vácuo.

Cada dieta foi homogeneizada manualmente e peletizada em diâmetro de 8 mm em moedor de carne. Os péletes foram secos em estufa a 50°C até conterem menos de 10% de umidade, e foram estocadas em geladeira a 5°C.

Para a determinação da digestibilidade aparente da energia bruta e dos nutrientes, foi elaborada uma dieta referência prática com cerca de 27% de proteína bruta e 3400 kcal de energia digestível/kg de dieta (Tabela 1).

Anteriormente ao período de coleta de fezes, os peixes foram adaptados a instalações e dietas, durante período de 30 dias, em que receberam a dieta referência. A elaboração das dietas referência e testes, o manejo dos peixes e a coleta de excretas seguiram as metodologias descritas por Furuya *et al.* (1999) e Pezzato *et al.* (2002).

Os peixes foram distribuídos em duas gaiolas cilíndricas de tela plástica, com volume útil

individual de 70 litros, mantidos durante 12 horas (das 8 horas às 18 horas) em aquários de alimentação com capacidade individual de 230 litros de água. Os aquários de digestibilidade (120 litros) e de alimentação foram mantidos com um sistema de aeração através de pedra porosa acoplada a um aerador central, e biofiltro. Diariamente, das 8 horas e 17 horas foram monitorados os dados de temperatura e oxigênio dissolvido da água dos aquários de alimentação e de coleta de fezes e mantidos entre 25°C a 28°C e 4 a 6 mg/L, através de aquecedores e compressor radial, respectivamente.

Tabela 1. Composição percentual da dieta referência.

Ingredientes	%
Milho	35,10
Farelo de soja	30,70
Farelo de trigo	10,00
Farinha de peixe	15,00
Óleo de soja	6,20
DL-metionina	0,18
L-lisina	0,10
L-treonina	0,10
Fosfato bicálcico	1,50
Suplemento Min.e vitamínico ¹	0,50
Vitamina C ²	0,05
Sal comum	0,35
BHT ³	0,02
Aglutinante ⁴	0,10
Cr ₂ O ₃ ⁵	0,10
Total	100,00
Composição calculada (Base na matéria natural) ⁶	
Matéria seca (%) ⁵	89,22
Energia digestível (kcal/kg) ⁶	3419,81
Proteína bruta (%) ⁵	26,83
Fibra bruta (%) ⁵	3,44
Extrato etéreo (%) ⁵	8,30
Cálcio (%) ⁵	1,31
Fósforo disponível (%) ⁶	0,58
Metionina + cistina (%) ⁶	0,91
Lisina (%) ⁵	1,36
Treonina (%) ⁵	0,85
Triptofano (%) ⁵	0,26

¹Suplemento mineral e vitamínico (Supremais); Composição por quilo de produto: Vit. A=1.200.000 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 = 1.200 mg; pantotenato de cálcio = 12.000 mg; vit. C=48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; ácido nicotínico = 24.000 mg; Fe=10.000 mg; Cu=600 mg; Mn=4.000 mg; Zn=6.000 mg; I=20 mg; Co=2 mg e Se=20 mg. ² Vitamina C com 42% de princípio ativo. ³ Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno). ⁴ Alginato. ⁵ Óxido de crômio (Indicador). ⁶ Valores segundo Hanley (1987), Fagbenro (1998), Furuya *et al.* (2001b) e Pezzato *et al.* (2002).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes das rações foram determinados de acordo com a fórmula descrita por Nose (1960):

$$CDA(\%) = 100 - \left[100 \cdot \left(\frac{\%Cr_2O_{3d}}{\%Cr_2O_f} \right) \cdot \left(\frac{\%N_f}{\%N_d} \right) \right]$$

Em que:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente (%);

%Cr₂O_{3d} = percentagem de óxido de crômio na dieta;

%Cr₂O_f = percentagem de óxido de crômio nas fezes;

% N_f = percentagem de energia ou nutrientes

nas fezes;

% N_d = percentagem de energia ou nutrientes na dieta.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes dos alimentos foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Cho e Slinger (1979):

$$CDA = \frac{CDADT - CDADR \cdot x}{y}$$

Em que:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente da energia ou nutrientes;

CDAD_T = coeficiente de digestibilidade aparente da energia ou nutrientes na dieta teste;

CDADR = coeficiente de digestibilidade aparente da energia ou nutrientes na dieta referência;

x = proporção da dieta referência;

y = proporção do ingrediente teste.

A análise de óxido de crômio foi realizada no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Agronomia da UEM, de acordo com a metodologia descrita por Graner *et al.* (1972). As análises dos alimentos e das dietas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia – DZO/UEM, de acordo com Silva (1990).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de diferenças significativas (P<0,05), foram comparados pelo teste t através do programa SAS (1987).

Resultados e discussão

Na Tabela 2 encontra-se a composição química da ração referência e do farelo de soja integral. O valor de energia bruta do farelo de soja integral foi superior aos dos encontrados por Allan *et al.* (2000) e por Oliva-Telles *et al.* (1994), enquanto que o teor de proteína bruta foi igual ao determinado por Usmani *et al.* (2003).

Tabela 2. Composição química da ração referência e do farelo de soja integral (Matéria natural).

Item	Ração referência	Farelo de soja integral
Matéria seca (%)	88,15 ± 0,01	90,25 ± 0,04
Energia bruta (kcal/kg)	4228,01 ± 0,78	5240,00 ± 28,28
Proteína bruta (%)	26,76 ± 0,03	37,25 ± 0,12
Extrato etéreo (%)	7,50 ± 0,02	17,81 ± 0,08
Fibra bruta (%)	4,18 ± 0,10	6,14 ± 0,22
Cálcio (%)	1,11 ± 0,05	0,21 ± 0,14
Fósforo (%)	0,91 ± 0,02	0,49 ± 0,02

O valor de extrato etéreo aproximou-se dos determinados por Masumoto *et al.* (1996), Allan *et al.* (2000) e Rostagno *et al.* (2000). Por outro lado, o valor de fósforo foi ligeiramente inferior ao descrito por Richie e Brown (1996). As diferenças nos valores

podem estar relacionadas com a variedade de soja utilizada e/ou análises laboratoriais.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta e nutrientes digestíveis da ração referência e do farelo de soja integral sem e com fitase.

Tabela 3. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e de energia bruta e nutrientes digestíveis do farelo de soja integral sem e com fitase.

Item	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)	
	Sem fitase	1000 UF/kg dieta
Matéria seca	67,64 ± 0,25a	65,96 ± 0,53a
Energia bruta (kcal/kg)	73,34 ± 0,36a	75,33 ± 4,87a
Proteína bruta (%)	92,49 ± 0,68a	93,28 ± 0,43a
Extrato etéreo (%)	96,12 ± 1,09a	95,73 ± 1,97a
Fósforo (%)	26,14 ± 3,50b	58,82 ± 2,28a

Letras distintas em uma mesma linha indicam diferenças ($P<0,05$) pelo teste *t*.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca do farelo de soja integral encontrado neste estudo foi inferior ao determinado por Gomes et al. (1995), de 75,4% e por Allan et al. (2000), de 77,2%, em estudos realizados com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e com “silver perch” (*Bidyanus bidyanus*), respectivamente. Além disso, o CDA da energia bruta do farelo de soja integral obtido neste trabalho também foi inferior ao obtido por Gomes et al. (1995), de 80,2% e por Allan et al. (2000), de 79,8%.

A suplementação de fitase não acarretou em aumento no CDA da matéria seca do farelo de soja integral. Papatryphon e Soares (2001) também não observaram melhora no CDA do farelo de soja pela adição de fitase em estudo realizado com “striped bass”.

Neste experimento, o CDA da proteína bruta do farelo de soja integral sem suplementação de fitase foi igual ao obtido por Allan et al. (2000) e superior aos valores obtidos por Masumoto et al. (1996), de 83,2% em trabalho com “Yellowtail” (*Seriola quinqueradiata*) e por Usmani et al. (2003), de 87,2%; 84,6%; e 87,5%, para *Clarias batrachus*, *Heteropneustes fossilis* e *Clarias gariepinus*, respectivamente.

O farelo de soja e o farelo de soja integral possuem inibidores de tripsina, carboidratos não digestíveis, lectinas, saponinas, que afetam a digestibilidade da proteína (Krogdahl et al., 1994). Atualmente, tem-se desenvolvido estudos para aumentar a inclusão de fontes protéicas de origem vegetal em dietas completas para peixes, sendo que as inovações tecnológicas para o processamento do farelo de soja e da soja integral tem contribuído para a elaboração de dietas de mínimo custo e que permitam o adequado crescimento dos peixes.

O elevado CDA da proteína bruta do farelo de soja integral indica que o mesmo foi submetido a um

adequado processamento, inativando os inibidores de proteases, que reduzem a atividade das enzimas digestivas (Webster et al., 1992; Krogdahl et al., 1994) e aumentam a excreção de nitrogênio fecal (Dabrowski et al., 1989; Van Den Ingh et al., 1991). Os dados de digestibilidade da proteína obtido neste trabalho com a soja integral suplementada com fitase discorda dos obtidos com “striped bass” por Papatryphon e Soares (2001). Por outro lado, Sajjadi e Carter (2004) não observaram aumento na digestibilidade de dietas sem e com suplementação de fitase para o salmão do Atlântico.

A suplementação de fitase não resultou em aumento ($P>0,05$) na digestibilidade da energia bruta. Forster et al. (1999) observaram que a adição de fitase resultou em aumento no valor energético do farelo de canola, fato que não foi observado por Lanari et al. (1998) em dietas elaboradas com base em proteína do farelo de soja.

O CDA do extrato etéreo do farelo de soja integral encontrado neste estudo foi superior ao determinado por Usmani et al. (2003), de 88,2% e 89,3% para o *Clarias gariepinus* e *Clarias batrachus*, respectivamente. O conteúdo de energia digestível do farelo de soja integral varia de acordo com a variedade de soja (Wee e Shu, 1989; Fagbenro, 1998) e o tipo de processamento utilizado (Davies et al., 1997; Bertol et al., 2001). O elevado CDA do extrato etéreo obtido neste estudo confirma a citação de Gomes et al. (1995) de que esse ingrediente constitui em excelente fonte de energia em rações para peixes.

O CDA do fósforo do farelo de soja integral obtido neste trabalho foi superior ao encontrado por Richie e Brown (1996), de 8,4%. Por outro lado, aproxima-se dos coeficientes obtidos por Sugiura et al. (1998), com “coho salmon” (*Oncorhynchus kisutch*) de 28,4% e com a truta arco-íris de 22%. Cerca de 67% do fósforo total presente nas sementes de oleaginosas, grãos de cereais e seus subprodutos encontra-se na forma de fitato, de baixa disponibilidade para os peixes (NRC, 1993).

A adição de fitase resultou em aumento ($P<0,008$) na disponibilidade do fósforo do farelo de soja integral.

Os efeitos positivos da suplementação de fitase sobre a utilização do fósforo fítico foi demonstrado em estudos realizados com a truta arco-íris por Lanari et al. (1998) e Vielma et al. (2000). O aumento na disponibilidade do fósforo do farelo de canola suplementado com fitase também foi obtido por Richie e Brown (1996) e Forster (1999), em trabalho realizado com essa mesma espécie. O nitrogênio e o fósforo são os nutrientes mais poluentes no meio aquático e, em excesso, estimulam o crescimento de

algas, o que pode comprometer sua qualidade e também as características organolépticas da carne dos peixes (Van Der Ploeg e Tucker, 1994).

As diferenças nos CDa obtidos no presente estudo, em relação aos valores da literatura podem estar relacionados com a espécie de peixe utilizada, tipo e composição da dieta referência e processamento ao qual foi submetido o alimento-teste.

Os valores de CDa obtidos justificam a utilização do farelo de soja integral em rações para tilápia do Nilo.

A determinação da digestibilidade tem sido uma das principais ferramentas para avaliar a qualidade de uma dieta ou ingrediente, indicando o seu valor nutricional, assim como dos níveis de nutrientes não digeridos que irão compor a maior parte dos resíduos acumulados no meio aquático. Apesar da sua importância socio-econômica em diversos países, poucos são os estudos sobre a determinação dos coeficientes de digestibilidade da energia e nutrientes dos principais ingredientes que são utilizados na formulação de dietas completas para as tilápias.

Conclusão

O farelo de soja integral apresenta coeficientes de digestibilidade aparente para a matéria seca, energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo e fósforo de: 67,64%; 73,34%; 92,49%; 96,12% e 26,14% e 65,96%; 75,33%; 93,28%; 95,73% e 58,82%, respectivamente, sem e com suplementação de fitase.

A utilização de fitase exógena resulta em aumento na disponibilidade do fósforo do farelo de soja integral.

Referências

- ALLAN, G.L. *et al.* Replacement of fish meal diets for Australian silver perch, *Bidyanus Bidyanus*: I. digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 186, p. 293-310, 2000.
- BERTOL, T.R. *et al.* Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 150-157, 2001.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.I. Apparent digestibility measurement infeedstuff for rainbow trout. In: WORLD SYMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISHFEED TECHNOLOGY, Hamburg, 1978, *Proceedings...* Heeneman: Halver, J.; Tiews, K., 1979, p. 239-247.
- DABROWSKI, K. *et al.* Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean protein on growth, food utilization and proteolitic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). New in vivo test for exocrine pancreatic secretion. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 77, 1989, p. 29-49.
- DAVIES, S.J. *et al.* Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 28, p. 317-328, 1997.
- DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). *Aquacult. Fish. Manage.*, Amsterdam, v. 22, p. 397-403, 1991.
- DEGANI, G. *et al.* Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*). *Israeli J. Aquacult.*, Bamidgeh, v. 49, n. 3, p. 115-123, 1997.
- EL-SAYED, A.F.M. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 29, p. 275-280, 1998.
- FAGBENRO, O. Apparent digestibility of various legumes seed meals in Nile tilapia diets. *Aquacult. Int.*, Dordrecht, v. 6, p. 83-87, 1998.
- FORSTER, I. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v. 5, p. 143-145, 1999.
- FRANCIS, G. *et al.* Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 199, p. 197-227, 2001.
- FURUYA, W.M. *et al.* Digestibilidade aparente da proteína e aminoácidos do farelo de canola pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: ACUICULTURA VENEZUELA, 1999, Puerto La Cruz. Anais... Puerto La Cruz: WAS/LAC, 1999. p. 206-217.
- FURUYA, W.M. *et al.* Fitase na Alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): Desempenho e Digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 924-929, 2001a.
- FURUYA, W.M. *et al.* Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (Linhagem Tailandesa). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2001b.
- GOMES, E.F. *et al.* Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 130, p. 177-186, 1995.
- GRANER, C.A.F. Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida. 1972. Tese (Doutorado)-Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs in the effects of feeding selectivity on digestibility determination in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 6, p. 163-179, 1987.
- KAUSHIK, S.J. *et al.* Partial and total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*.

- Aquaculture*, Amsterdam, v. 133, p. 257-274, 1995.
- KROGDAHL, A. et al. Soybean proteinase inhibitors effect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem. Physiol.*, London, v. 107, n. 1, p. 215-219, 1994.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. *Feed Int.*, Louisiana, v. 6, p. 16-18, 1997.
- LANARI, D. et al. Use of nonlinear regression to evaluate the effects of fitase enzyme treatment of plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 161-163 p. 45-356. 1998.
- MASUMOTO, T. et al. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 146, p. 109-119, 1996.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus*) L. and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). *Bulletin Freshw. Fish. Res. Lab.*, Tokyo, v. 10, p. 11-22, 1960.
- NRC-National Research Council - *Nutritional Requirements of fishes*. Washington: Academic Press. 1993.
- OLIVA-TELES, A. et al. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 124, p. 343-349, 1994.
- PAPATRYPHON, E.; SOARES, J.H. The effect of phytase on apparent digestibility of four practical plant feedstuffs fed to striped bass *Morone saxatilis*. *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v. 7, p. 161-167, 2001.
- PEZZATO, L.E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- POPMA, T.J.; LOVSHIN, L.L. *Worldwide prospects for commercial production of tilapia*. Res. Develop. Series, Alabama, n. 41., 23p. 1996.
- RICHIE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 142, n. 3/4, p. 269-282, 1996.
- ROSTAGNO H.S. *Tabelas brasileiras para aves e suínos, composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SAJJADI, M.; CARTER, C.G. Effect of phytic acid and phytase on feed intake, growth, digestibility and trypsin activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.). *Aquacult. Nutr.*, Oxford, v. 10, n. 2, p. 135-142, 2004.
- SAS Statistical Guide for Personal Computers. SAS Institute, 5 ed., Cary, NC, 1987.
- SILVA, S.S. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990.
- SUGIURA, S.H. et al. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 159, p. 177-202, 1998.
- SUGIURA, S.H. et al. 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*, Amsterdam, v. 32, n. 7, p. 583-592, 2001.
- USMANI, N. et al. Nutrient digestibility studies in *Heteropneustes fossilis* (Bloch), *Clarias batrachus* (Linnaeus) and *C. gariepinus* (Burchell). *Aquacult. Res.*, Oxford, v. 34, p. 1247-1253, 2003.
- VAN DEN INGH, T.S.G.A.M. et al. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*): a morphological study. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 94, p. 297-305, 1991.
- VAN DER PLOEG, M.; TUCKER, C.S. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, from commercial ponds in Mississippi. *J. Appl. Aquacult.*, Binghamton, v. 3, p. 21-140, 1994.
- VIELMA, J. 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*, Amsterdam, v. 183, p. 349-362, 2000.
- WEBSTER, C.D. et al. Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 103, p. 141-150, 1992.
- WEE, K.L.; SHU, S. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 81, p. 303-314, 1989.

Received on April 02, 2004.

Accepted on August 17, 2005.