

DIGESTIBILIDADE DE FONTES PROTEICAS E DISPONIBILIDADE DE FOSFATOS INORGÂNICOS EM TRÊS FASES DE DESENVOLVIMENTO DA TILÁPIA-DO-NILO

Luis Gabriel Quintero PINTO¹, Luiz Edivaldo PEZZATO², Blanca Stella Pardo GAMBOA³,
Daniel de Magalhães ARAUJO⁴

RESUMO

A digestibilidade aparente dos nutrientes de ingredientes proteicos e fosfatos inorgânicos foi comparada em três diferentes fases de desenvolvimento da tilápia-do-nilo. Os ingredientes testados foram farinha de peixe, farinha de vísceras de aves, farinha de carne e ossos, glúten de milho, farelo de soja, farelo de algodão, fosfato monobicálcico, fosfato bicálcico, fosfato monopotássico e ácido fosfórico. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) de matéria seca, proteína, energia, P, Ca e Mg foram determinados com peixes de 25 g, 250 g e 500 g. Concluiu-se que a capacidade da tilápia-do-nilo de digerir os alimentos e absorver os nutrientes é dependente do peso corporal e das características do alimento avaliado. Houve tendência de melhor aproveitamento de nutrientes dos alimentos de origem animal e das fontes inorgânicas pelos peixes de 25 g. Os peixes de 250 g e 500 g mostraram melhor aproveitamento dos nutrientes das fontes proteicas de origem vegetal, quando comparados aos peixes de 25 g.

Palavras-chave: estágio de desenvolvimento; nutrientes digestíveis; fósforo disponível; ingredientes proteicos; *Oreochromis niloticus*; suplementos minerais

PROTEIN SOURCES DIGESTIBILITY AND INORGANIC PHOSPHATES AVAILABILITY BY NILE TILAPIA IN TREE DEVELOPMENT STAGES

ABSTRACT

Apparent digestibility of nutrients in several protein ingredients and inorganic phosphates were compared in three Nile tilapia different development stage. The ingredients tested were fish meal, chicken by-product meal, meat and bone meal, corn gluten, soybean meal, cotton seed meal, mono-bi-calcium phosphate, bi-calcium phosphate, mono-potassium phosphate and phosphoric acid. The apparent digestibility coefficients of dry matter, crude protein, gross energy, phosphorus, calcium and magnesium were determined with 25g, 250g and 500g fish. It was concluded that, the capacity of Nile tilapia to digesting feed and absorbing nutrients is dependent on the body weight and characteristics of food evaluated. There was a trend to better utilization of nutrients from animal origin foods and inorganic sources by 25g fish. The fishes with 250g and 500g showed better use of plant protein sources than 25g fish.

Key Words: Development stages; digestible nutrients; mineral supplements; *Oreochromis niloticus*; phosphorus available; protein ingredients

Artigo Científico: Recebido em 16/02/2016; Aprovado em 22/12/2016

¹Universidad Nacional de Colombia, FMVZ, Ciudad Universitaria, 091, Bogotá, Colombia. E-mail: lgquinterop@unal.edu.co (autor correspondente).

²Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal. Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal 560, CEP 18610-000 Botucatu, SP.

³Gobernación de Cundinamarca. Calle 26, n.51-53, Torre Central, Piso 05. Bogotá, Colombia.

⁴Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Satuba. Rua 17 de Agosto s/n, Zona Rural, Cep: 57120-000. Satuba, AL.

INTRODUÇÃO

A tilápia-do-nylo é uma das principais espécies aquícolas de peixe com o mais rápido crescimento da oferta em nível mundial, sendo que, para o período 2011-2030, há estimativa de 30% de aumento da sua produção (FAO, 2014). O Brasil está entre os sete maiores produtores mundiais de tilápia, tendo sua produção aumentada em 130% entre 2008 e 2011 (MPA, 2014). Diante disso, a tilápia-do-nylo consolidou-se como a mais importante espécie para a aquicultura nacional (FRECCIAL *et al.*, 2014), tanto que, conforme FURUYA (2013), a tilapicultura desempenha papel cada vez mais importante na economia de muitas regiões brasileiras ao longo das últimas duas décadas. O destacado crescimento da produção desta espécie, dentre inúmeros outros fatores, está correlacionado à profissionalização da piscicultura no país, à intensificação dos sistemas de produção e ao acúmulo de conhecimentos sobre sua nutrição e alimentação.

A intensificação da produção é acompanhada por proporcional aumento da necessidade de desenvolvimento de tecnologias para a fabricação de rações completas que, consequentemente, demandam melhor conhecimento sobre os ingredientes utilizados nas rações e seu aproveitamento pelos peixes. Assim, CYRINO *et al.* (2010) afirmam que, para a utilização segura e eficiente de um ingrediente nas rações, são necessários conhecimentos sobre a digestibilidade, evitando efeitos negativos sobre o animal, mas também sobre o ambiente, uma vez que rações bem formuladas podem reduzir a geração de resíduos do alimento consumido.

A alimentação constitui importante fator a ser considerado na piscicultura intensiva porque, segundo KOCH *et al.* (2014), assim como em outros sistemas de confinamento, o custo com rações balanceadas responde por parcela significativa dos custos totais de produção. Também é necessário considerar que o desempenho zootécnico dos peixes é totalmente dependente de sua nutrição. Além da incontestável importância nutricional da proteína, TEIXEIRA *et al.* (2010) afirmam que este é o nutriente mais oneroso das dietas. Assim, para LAZZARI *et al.* (2006), a busca de uma ração balanceada que proporcione maior crescimento aos peixes passa pela utilização adequada das melhores fontes proteicas disponíveis. Pode-se, com isto, ratificar que são necessários os estudos de digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes proteicos para os

peixes, sendo estes não apenas fontes de proteína (aminoácidos), mas também de energia, lipídios, vitaminas e minerais.

Considerável fração das rações para piscicultura é composta por ingredientes de origem vegetal, sendo o farelo de soja a principal fonte de proteína vegetal e que tem o glúten de milho e o farelo de algodão como sucedâneos comuns. Entretanto, a presença do fitato nos vegetais, segundo FERKET (1993), pode indisponibilizar o fósforo e quelatar cátions divalentes (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} e Cu^{2+}), reduzindo a digestibilidade da proteína e energia e aumentando, assim, a excreção de minerais e nitrogênio no ambiente. Por sua vez, algumas das principais fontes de proteína de origem animal utilizadas nas rações de peixes, como as farinhas de peixe, de vísceras de aves e de carne e ossos, possuem significativas quantidades de minerais disponíveis, que superam as necessidades nutricionais dos animais em cálcio e fósforo, e os excedentes ingeridos são excretados no ambiente.

Uma das formas de reduzir as descargas de metabólitos da aquicultura no ambiente é a adoção da alimentação por fase, fornecendo dietas altamente digestíveis e que atendam às necessidades nutricionais dos organismos em cada período de cultivo, assim, gerando menor quantidade de dejetos. Para isto, são necessários estudos que abordem não somente as exigências nutricionais por fase, mas a digestibilidade em diferentes fases de crescimento das espécies.

Desta maneira, com a pesquisa, teve-se por objetivo determinar os valores digestíveis de seis alimentos proteicos e quatro fontes inorgânicas de fósforo para tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e sua possível variação em três diferentes faixas de peso vivo dos peixes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista - UNESP, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (AquaNutri) do Departamento de Nutrição Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu.

Foram determinados, em três fases de desenvolvimento da tilápia-do-nylo, os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da

proteína bruta e da energia bruta e a disponibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio contidos nos alimentos proteicos: farinha de peixe, farinha de vísceras de aves, farinha de carne e ossos, glúten de milho, farelo de soja e farelo de algodão. Em relação às fontes inorgânicas: fosfato monobicálcico, fosfato bicálcico, fosfato monopotássico e ácido fosfórico foi determinada a disponibilidade aparente do fósforo e do cálcio. A composição bromatológica e os valores energéticos dos alimentos proteicos e as concentrações de minerais das fontes inorgânicas estão apresentados na Tabela 1.

Utilizaram-se exemplares machos revertidos de tilápia-do-nylo, com pesos médios iniciais de 25,0 g

na fase de crescimento ($24,75 \pm 0,66$ g); 250,0 g na fase de engorda ($247,52 \pm 15,15$ g) e 500,0 g na fase de acabamento ($494,56 \pm 39,83$ g). Os indivíduos foram distribuídos em aquários de 300 litros, em uma densidade de 1,20 kg por aquário para a fase de crescimento, 1,75 kg por aquário para a fase de engorda e 2,50 kg por aquário para a fase de acabamento.

Nas três fases de desenvolvimento, os peixes foram aclimados e condicionados ao manejo e às dietas experimentais por 15 dias. Nesse período, receberam nos primeiros oito dias uma ração basal, nos três dias subsequentes receberam gradativamente as rações-teste e nos últimos quatro dias, apenas as rações-teste.

Tabela 1. Composição bromatológica e valores energéticos dos alimentos proteicos de origem animal e vegetal e das fontes inorgânicas de minerais avaliadas (Base 100% da MS).

Fonte	MS ⁽¹⁾ (%)	PB ⁽²⁾ (%)	EB ⁽³⁾ (kcal kg ⁻¹)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)
<i>Proteicas de origem animal</i>						
Farinha de peixe	91,87	56,19	4057	3,20	6,66	0,52
Farinha de vísceras de aves	92,54	64,65	5008	2,54	4,52	0,29
Farinha de carne e ossos	93,13	48,59	3840	6,85	11,77	0,46
<i>Proteicas de origem vegetal</i>						
Glúten de milho	89,66	70,56	5752	0,54	0,02	0,06
Farelo de soja	87,91	51,75	4665	0,73	0,35	0,58
Farelo de algodão	91,19	49,03	4983	1,30	0,59	1,36
<i>Inorgânicas de minerais</i>						
Fosfato monobicálcico	98,36	-	-	18,96	22,34	0,73
Fosfato bicálcico	98,42	-	-	19,89	24,84	0,88
Fosfato monopotássico	99,55	-	-	24,11	-	-
Ácido fosfórico	85,00	-	-	28,00	-	0,31

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EB = energia bruta; P = fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio

Foram elaboradas 11 rações, sendo uma ração-referência (basal) e dez diferentes rações-teste. As rações-teste foram preparadas substituindo-se uma quantidade da dieta basal pelo ingrediente avaliado. As substituições da ração basal pelos ingredientes-teste foram realizadas na base seca: farinha de peixe (16,00%); farinha de vísceras de aves (17,50%); farinha de carne e ossos (7,00%); glúten de milho (30,00%); farelo de soja (30,00%); farelo de algodão (30,00%); fosfato monobicálcico (2,00%); fosfato bicálcico (2,00%); fosfato monopotássico (2,00%); e ácido fosfórico (1,85%), conforme descrito na Tabela 2.

As substituições foram feitas com base na matéria

seca, mantendo os níveis de fósforo total próximos de 0,8%, para os alimentos proteicos de origem animal e fontes inorgânicas de minerais, e de 0,5%, para os alimentos proteicos de origem vegetal. A restrição feita aos ingredientes vegetais foi estabelecida com base na porcentagem de inclusão máxima que permitiu a extrusão das rações.

Na preparação das rações, os ingredientes foram moídos até um diâmetro menor que 0,42 mm (Mesh 40). As rações foram extrusadas de forma a se apresentarem com comprimento de 4,0 mm e diâmetros de 4,00; 8,00 e 12,00 mm, conforme o tamanho do peixe nas três fases de estudo

(crescimento, engorda e acabamento). Após extrusão, as rações foram secas em estufa de recirculação a 65°C, retiradas e mantidas até atingirem temperatura

ambiente, quando foram identificadas e armazenadas à temperatura de -20°C até a utilização.

Tabela 2. Composição percentual e bromatológica da ração-referência e percentuais de substituição da ração-referência pelos ingredientes-teste (Base 100% da MS).

Ingrediente	(%)	Valor nutricional	(%)
<i>Ração-referência (basal)</i>			
Farelo de soja	37,32	Matéria seca %	94,16
Glúten de milho	17,62	Proteína bruta %	34,60
Farelo de trigo	6,08	Energia bruta Kcal kg ⁻¹	4760
Farinha de mandioca	12,48	Fibra bruta %	4,00
Quirera de arroz	12,00	Extrato etéreo %	4,00
Amido de milho	10,32	Amido %	40,29
Óleo de milho	2,32	Matéria mineral %	3,85
L- Lisina HCl	0,41	Ca %	0,18
DL-Metionina	0,35	P Total %	0,42
L-Treonina	0,09	Magnésio %	0,35
BHT (antioxidante)	0,02	Sódio %	0,13
Suplemento vitamínico ⁽¹⁾	0,30	Lisina %	1,74
Sal comum (NaCl)	0,30	Metionina %	0,91
Vitamina C (35%)	0,08	AAS %	1,41
Óxido de crômio-III (Cr2O3)	0,30	Treonina %	1,29
Total	100,0	Triptofano %	0,34
		Vitamina C mg kg ⁻¹	280
<i>Ração-teste</i>			
Ração de referência (%)	100 - X		
Fonte a ser testada (%) ⁽²⁾	X		

⁽¹⁾ Suplemento vitamínico - Supremais: níveis de garantia por kg do 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; ácido fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; colina, 65.000 mg; niacina, 24.000 mg. ⁽²⁾ X = substituições em base seca de: farinha de peixe (16,00%); farinha de vísceras de aves (17,50%); farinha de carne e ossos (7,00%); glúten de milho (30,00%); farelo de soja (30,00%); farelo de algodão (30,00%); fosfato monobásico (2,00%); fosfato bicásico (2,00%); fosfato monopotássico (2,00%); ácido fosfórico (1,85%).

As análises bromatológicas e do teor de minerais dos ingredientes das rações e das fezes foram realizadas, respectivamente, no Laboratório de Bromatologia da FMVZ e no Laboratório de Química do Instituto de Biociências, ambos da UNESP - Campus de Botucatu - SP. Para as análises bromatológicas empregou-se a metodologia descrita em AOAC (2005). O teor de matéria seca foi calculado após secagem em estufa à temperatura de 105°C até peso constante; a proteína bruta foi determinada pelo método micro Kjeldahl, utilizando-se o fator

6,25 na conversão do N para proteína, e a energia bruta, em bomba calorimétrica. Para avaliação das concentrações dos minerais, os ingredientes, rações e fezes foram digeridos em ácido nítrico e ácido perclórico concentrados para posterior quantificação. As concentrações de crômio, cálcio e magnésio foram determinadas por espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS) (COOKBOOK SHIMADZU, 2002), e o teor de fósforo, por espectrofotometria no visível (MARKZENK, 1976).

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da disponibilidade

dos minerais foi adotada a metodologia recomendada por SUGIURA *et al.* (1998) e PEZZATO *et al.* (2004). Foi avaliado um dos alimentos proteicos ou um dos suplementos inorgânicos por vez, em quatro repetições simultâneas.

Os coeficientes de digestibilidade/disponibilidade aparente dos nutrientes das rações experimentais foram calculados pela técnica de proporções, com base nos teores de óxido de cromo-III e do nutriente nas rações e nas fezes, utilizando a fórmula descrita por CHO e SLINGER (1979):

$$CDa(N) = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_3 R}{\%Cr_2O_3 F} \right) \times \left(\frac{\%NF}{\%NR} \right) \right]$$

Em que:

CDa(N) = Coeficiente de digestibilidade/disponibilidade aparente do nutriente;

%Cr₂O₃R e %Cr₂O₃F = % de óxido de cromo-III na ração e % de óxido de cromo-III nas fezes;

%NR e %NF = % nutriente na ração e % nutriente nas fezes.

Os coeficientes de digestibilidade/disponibilidade dos nutrientes dos ingredientes foram estimados indiretamente com base nos CDa das dietas experimentais, de acordo com a fórmula descrita por SUGIURA *et al.* (1998):

$$CDaNI = \frac{CDaRT * NRT - (CDaRB * NRB * \%I)}{\%RB * NI}$$

Em que:

CDaNI = coeficiente de digestibilidade/disponibilidade aparente do nutriente no ingrediente;

CDaRT = coeficiente de digestibilidade/disponibilidade aparente do nutriente na ração-teste;

CDaRB = coeficiente de digestibilidade/disponibilidade aparente do nutriente na ração basal (referência);

NRT, NRB e NI = teor de nutrientes contidos nas rações-teste e basal e no ingrediente testado;

%I e %RB = % de inclusão do ingrediente-teste e da ração basal (referência).

Os valores médios obtidos para temperatura,

oxigênio dissolvido e pH da água dos aquários experimentais foram, respectivamente, 28,0 ± 1,9°C; 6,2 ± 1,0 mg L⁻¹ e 7,4 ± 0,6. A iluminação do local foi controlada por meio de lâmpadas fluorescentes, mantendo-se diariamente o período iluminado entre as 6 e as 18 horas.

Para análise estatística, utilizou-se o programa de Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.1 (Fundação Arthur Bernardes - UFV, 2007). Os resultados dos estudos foram avaliados pela técnica da análise de variância e, quando significativos, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de médias de Tukey, em nível de 5,00% de significância.

RESULTADOS

Digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia dos ingredientes

Na Tabela 3 encontram-se os valores das médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) para a matéria seca, a proteína bruta e a energia bruta dos ingredientes proteicos de origem animal e de origem vegetal, para as três fases de desenvolvimento avaliadas (fases de crescimento - 25 g, engorda - 250 g e acabamento - 500 g).

As fontes proteicas de origem animal não revelaram diferenças estatísticas para os CDAs da proteína bruta em função do tamanho do peixe avaliado. Dentre os ingredientes proteicos de origem animal, em termos absolutos, observou-se que a farinha de vísceras de aves apresentou os mais altos CDAs para a matéria seca, proteína e energia, de forma a se apresentarem semelhantes aos da farinha de peixe, considerada alimento proteico de origem animal ideal para peixes.

Os CDAs da MS da farinha de peixe e da farinha de vísceras de aves foram superiores para os peixes de 25 g em relação aos demais, sendo que esta variável não diferiu entre os peixes de 250 g e 500 g. Para os CDAs da PB dos ingredientes proteicos de origem animal não houve influência da fase de desenvolvimento do peixe. Com relação aos CDAs da EB da farinha de peixe, os animais de 25 g apresentaram maior capacidade digestiva, enquanto aqueles com 250 g e 500 g tiveram capacidades digestivas semelhantes (Tabela 3). Em relação aos CDAs da EB da farinha de vísceras de aves, observou-se que quanto maior o peso dos peixes, menor o

valor dos coeficientes, sendo então maior para os animais de 25 g, intermediário para aqueles de 250 g e menor para os animais de 500 g. Os CDAs da EB da farinha de carne e ossos foram maiores para os peixes de 250 g, intermediário para os de 500 g

e menores para os peixes de 25 g. Considerando os valores absolutos, observou-se que a farinha de carne e ossos apresentou os mais baixos CDAs dentre os ingredientes proteicos de origem animal, especialmente a matéria seca e a energia bruta.

Tabela 3. Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta de farinhas de peixe (FP), vísceras de aves (FVA) e carne e ossos (FCA); glúten de milho (GM), farelo de soja (FS) e farelo de algodão (FA) para tilápia-do-nilo em função da fase de desenvolvimento.

Item	CDA MS (%)			CDA PB (%)			CDA EB (%)		
	Fase			Fase			Fase		
	Cres ⁽¹⁾	Eng ⁽²⁾	Acab ⁽³⁾	Cres	Eng	Acab	Cres	Eng	Acab
Alimento de origem animal									
FP	88,47 ^a	83,39 ^b	83,56 ^b	91,09	91,51	91,46	97,53 ^a	91,09 ^b	91,58 ^b
FVA	93,13 ^a	84,75 ^b	84,27 ^b	92,98	91,93	91,34	97,26 ^a	89,53 ^b	84,11 ^c
FCO	68,43	71,00	67,48	87,14	89,06	88,60	56,42 ^c	64,55 ^a	60,80 ^b
Alimento de origem vegetal									
GM	82,07 ^b	85,11 ^a	86,81 ^a	96,67 ^a	97,30 ^a	92,12 ^b	80,60 ^b	84,70 ^a	87,24 ^a
FS	66,73 ^b	75,92 ^a	73,84 ^a	93,00	94,64	94,43	62,15 ^b	75,78 ^a	76,87 ^a
FA	87,73 ^a	84,45 ^b	85,01 ^b	92,33	92,57	92,88	89,83 ^b	88,66 ^b	91,90 ^a

Valores com letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$). ¹Fase de crescimento (± 25 g); ²Fase de engorda (± 250 g); ³Fase de acabamento (± 500 g).

Considerando os valores absolutos dos CDAs dentre os ingredientes proteicos de origem vegetal, destacam-se os altos CDAs para a matéria seca e para a energia bruta apresentados pelo glúten de milho e pelo farelo de algodão e os baixos coeficientes obtidos com o farelo de soja. Tal resposta foi especialmente exibida pelos peixes mais novos (25 g). Entretanto, os três ingredientes de origem vegetal apresentaram os mais altos CDAs (superiores a 92,0%) para a proteína bruta.

Para os ingredientes proteicos de origem vegetal, os CDAs da MS do GM e do FS foram iguais entre si nos peixes de 250 g e 500 g e melhores do que os apresentados pelos peixes de 25 g. Para os CDAs da MS do FA, a situação foi inversa, isto é, os peixes de 25 g aproveitaram o alimento com maior eficiência do que os peixes maiores (Tabela 3). Para o CDA da PB houve diferença entre os pesos dos peixes apenas para o GM, em que os peixes de 25 g e 250 g aproveitaram melhor este nutriente do que aqueles de 500 g. Para os CDAs da EB dos ingredientes vegetais, de forma geral, os peixes de 250 g e 500 g foram mais eficientes no aproveitamento da energia, com exceção para o FA, que teve a EB melhor aproveitada apenas

pelos peixes de 500 g e de maneira semelhante pelos peixes dos demais tamanhos.

Disponibilidade aparente do fósforo, cálcio e magnésio dos ingredientes

Os valores médios dos coeficientes de disponibilidade aparente do fósforo, cálcio e magnésio dos ingredientes proteicos de origem animal, de origem vegetal e das fontes minerais, em função da fase de desenvolvimento dos peixes, encontram-se na Tabela 4.

Para os CDAs do fósforo dos ingredientes proteicos de origem animal houve diferença apenas para a FP, e indicam que os peixes de 25 g e de 250 g aproveitaram melhor o mineral em relação aos peixes maiores. Para os CDAs do cálcio, para a FP e FVA, observou-se melhor aproveitamento do mineral pelos peixes de 25 g e 250 g que por aqueles de 500 g. Os CDAs do magnésio dos ingredientes proteicos de origem animal não diferiram entre os peixes de diferentes tamanhos.

Tabela 4. Coeficientes de disponibilidade aparente do fósforo, cálcio e magnésio de farinhas de peixe (FP), vísceras de aves (FVA) e carne e ossos (FCA); glúten de milho (GM), farelo de soja (FS) e farelo de algodão (FA); fosfatos monobicálcico (FMBC), bicálcico (FBC) e monopotássico (FMK); e ácido fosfórico (AF) em função da fase de desenvolvimento da tilápia-do-nilo.

Item	CDA P (%)			CDA Ca (%)			CDA Mg (%)		
	Fase			Fase			Fase		
	Cres ⁽¹⁾	Eng ⁽²⁾	Acab ⁽³⁾	Cres	Eng	Acab	Cres	Eng	Acab
Alimento de origem animal									
FP ⁽⁴⁾	52,45 ^a	51,57 ^a	49,57 ^b	84,73 ^a	86,90 ^a	52,53 ^b	77,76	76,77	76,89
FVA ⁽⁵⁾	45,94	45,77	46,60	64,13 ^a	66,52 ^a	53,02 ^b	76,52	73,77	74,25
FCO ⁽⁶⁾	43,11	45,48	43,77	47,60	46,92	49,01	79,86	76,87	75,62
Alimento de origem vegetal									
GM ⁽⁷⁾	24,88 ^b	30,78 ^a	32,84 ^a	0,00	0,00	0,00	37,40	40,87	41,56
FS ⁽⁸⁾	24,01 ^b	27,60 ^{ab}	28,62 ^a	0,00	0,00	0,00	66,52	68,45	69,72
FA ⁽⁹⁾	38,09 ^b	43,39 ^a	44,06 ^a	0,00	0,00	0,00	78,38	75,09	76,46
Fonte mineral									
FMBC ⁽¹⁰⁾	93,56 ^a	89,17 ^b	88,76 ^b	46,51	52,22	51,97	-	-	-
FBC ⁽¹¹⁾	94,29	94,95	93,84	78,47 ^a	75,17 ^a	66,33 ^b	-	-	-
FMK ⁽¹²⁾	93,91 ^a	93,10 ^{ab}	90,22 ^b	-	-	-	-	-	-
AF ⁽¹³⁾	99,60	97,31	97,16	-	-	-	-	-	-

Valores com letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$). ¹ Fase de crescimento (± 25 g); ² Fase de engorda (± 250 g); ³ Fase de acabamento (± 500 g).

Para os CDAs do fósforo dos ingredientes proteicos de origem vegetal, de forma geral, os peixes maiores aproveitaram de melhor maneira o mineral dos ingredientes, enquanto os peixes de 250 g o fizeram de maneira intermediária e os peixes de 25 g apresentaram a menor capacidade de aproveitar o fósforo dos ingredientes vegetais.

Com relação ao aproveitamento do fósforo das fontes minerais utilizadas em dietas, houve diferença de aproveitamento dos fosfatos monobicálcico e monopotássico em decorrência do tamanho dos peixes. Para o primeiro ingrediente, os peixes menores aproveitaram o fósforo melhor do que os demais. Para o segundo ingrediente, os peixes de 25 g aproveitaram melhor e os peixes maiores aproveitaram com menos eficiência o fósforo, sendo que os peixes de 250 g não diferiram daqueles maiores e menores.

DISCUSSÃO

Assim como no presente estudo, a alta digestibilidade da farinha de vísceras de aves por

tilápias também foi destacada por PEZZATO *et al.* (2002) com peixes de 100 g e por GUIMARÃES *et al.* (2012) com peixes de 86 g. Farinha de vísceras de aves e farinha de peixe apresentaram maior digestibilidade da matéria seca e energia nos peixes de 25 g do que naqueles de 250 g e 500 g. Tal diferença pode ser atribuída à maior demanda por nutrientes em peixes mais jovens, sendo necessário, para isso, que possuam maior capacidade absorviva para sustentar suas altas taxas de crescimento corporal nas fases iniciais de vida.

O valor do coeficiente de digestibilidade de 88,47% para a matéria seca apresentada na fase de crescimento para farinha de peixe foi semelhante aos valores determinados para essa mesma espécie por MEURER *et al.* (2003) (87,63%, peixes de 87 g) e por KOPRUCU e OZDEMIR (2005) (91,60%, peixes de 25 g). Entretanto, esse coeficiente se mostrou maior que os observados, também para a tilápia, por FURUYA *et al.* (2001) (79,78%, peixes de 25 g), PEZZATO *et al.* (2002) (57,46%, peixes de 100 g) e GUIMARÃES *et al.* (2012) (66,58%, peixes de 86 g).

No presente estudo, os CDAs da matéria seca da farinha de vísceras de aves apresentados nas

três fases de desenvolvimento da tilápia foram superiores aos verificados por PEZZATO *et al.* (2002): 73,87%, MEURER *et al.* (2003): 62,21% (peixes de 87 g) e GUIMARÃES *et al.* (2012): 81,09% (peixes de 86 g). Segundo HARDY (1996), a farinha de vísceras de aves, assim como a farinha de peixe, possui composição bastante variável, podendo ter alta percentagem de minerais. Conforme BOSCOLO *et al.* (2005), a variação da composição deste alimento decorre da proporção de penas e de outras partes, como pés, cabeças, carcaças e restos de produção de filés. Assim, os melhores CDAs obtidos no presente estudo podem decorrer de uma melhor qualidade do ingrediente em relação às farinhas de vísceras estudadas pelos demais autores.

Com relação à farinha de carne e ossos, esta foi o ingrediente proteico de origem animal com a mais baixa digestibilidade da matéria seca nas três fases estudadas. Entretanto, tal resultado se mostra bem superior aos apresentados por PEZZATO *et al.* (2002): 46,97% e GUIMARÃES *et al.* (2012): 47,58%, demonstrando que este ingrediente realmente é de inferior digestibilidade para a espécie estudada, mas que seu aproveitamento é dependente da fase de vida dos peixes.

Os CDAs da proteína bruta da farinha de peixe foram similares aos reportados por SKLAN *et al.* (2004): 90,02% em pesquisas com o híbrido *O. niloticus* x *O. aureus* e por MEURER *et al.* (2003): 90,66% e KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 90,50% com tilápia-do-nilo. Os demais valores encontrados na literatura foram inferiores, variando entre 78,55% e 86,49% para juvenis de tilápia-do-nilo (FURUYA *et al.*, 2001; LOVELL, 2002 e PEZZATO *et al.*, 2002). De acordo com HU *et al.* (2012), a qualidade da farinha de peixe pode ser afetada por diversos fatores, como a espécie de peixe que originou a farinha, frescor, processamento, condições de armazenagem e vida de prateleira, sendo este padrão de qualidade classificado de acordo com o teor de nutrientes. Neste sentido, devido à composição e qualidade variáveis, SEVGILI *et al.* (2015) afirmam que a avaliação do valor nutricional de diferentes farinhas de peixe parece ser fundamental.

O valor da digestibilidade da proteína bruta da farinha de vísceras de aves foi superior aos resultados da literatura: para tilápia-do-nilo variaram de 73,87% a 87,24% (PEZZATO *et al.*, 2002; MEURER *et al.*, 2003), e para tilápia híbrida foi de 87,10% (SKLAN *et al.*, 2004). MEURER *et al.* (2003) justificaram os valores de

CDAs considerados regulares para a proteína bruta e energia bruta, assim como os valores baixos para a matéria seca, como sendo decorrentes dos altos percentuais de minerais e de lipídios do ingrediente. Entretanto, FARIA *et al.* (2002) estudaram a inclusão de até 20% de farinha de vísceras em rações para tilápias e afirmam que a taxa de eficiência proteica e de retenção de nitrogênio aumentaram linearmente com o aumento dos níveis do ingrediente nas rações o que, segundo os autores, demonstra a melhora na utilização da proteína da ração. Estes resultados reforçam a inferência anterior, de que a qualidade da farinha de vísceras utilizada no presente estudo pode ser superior à qualidade daquelas estudadas pelos demais autores citados.

O valor médio dos CDAs da proteína bruta da farinha de carne e ossos mostrou-se um pouco menor em relação ao dos demais ingredientes do grupo para as três fases de desenvolvimento dos peixes, entretanto, essa média foi superior à apresentada, também para a tilápia-do-nilo por LOVELL (2002): 77,70% e por PEZZATO *et al.* (2002): 73,19%. Os CDAs da energia bruta da farinha de carne e ossos foram os menores dentre aqueles dos ingredientes de origem animal e confirmam os resultados obtidos com essa espécie por LOVELL (2002): 68,70%, PEZZATO *et al.* (2002): 75,35% e GUIMARÃES *et al.* (2012): 65,17%. ABIMORAD e CARNEIRO (2004) estudaram a digestibilidade da farinha de peixe e da farinha de carne e ossos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e, ao obterem melhores CDAs da EB e PB para a farinha de carne e ossos, afirmam que a qualidade de ambos os ingredientes varia consideravelmente no Brasil e que a farinha de carne e ossos que utilizaram foi de boa qualidade.

O CDA da energia bruta da farinha de peixe na fase de crescimento se mostrou maior que os encontrados com essa mesma espécie (valores entre 72,24 e 92,10%) por FURUYA *et al.* (2001), LOVELL (2002), PEZZATO *et al.* (2002), MEURER *et al.* (2003), KOPROCU e OZDEMIR (2005) e GUIMARÃES *et al.* (2012) e ainda similar, nas fases de engorda e acabamento, ao registrado por SKLAN *et al.* (2004): 89,20%. Desta forma, mais uma vez, pode-se atribuir os melhores resultados à qualidade da matéria prima utilizada.

Em relação à matéria seca do glúten de milho, os CDAs mostraram-se similares ao CDA de 86,22% encontrado por GUIMARÃES *et al.* (2012), quando trabalharam com peixes de 86 g. Entretanto, esses

valores se mostram inferiores aos obtidos por PEZZATO *et al.* (2002): 91,96%, para peixes de 100 g, por MEURER *et al.* (2003): 91,01%, para peixes de 87 g, e por KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 93,20%, para peixes de 27 g. Os CDAs da matéria seca do farelo de algodão foram superiores aos apresentados por PEZZATO *et al.* (2002): 53,11%, para peixes de 100 g, e por GUIMARÃES *et al.* (2012): 35,18%, para peixes de 86 g.

Os valores dos CDAs da matéria seca do farelo de soja nas três fases foram superiores ao valor apresentado por GUIMARÃES *et al.* (2012): 57,76% (peixes de 86 g) e inferiores aos encontrados por FURUYA *et al.* (2001): 89,01% (peixes de 25 g) e por KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 90,90% (peixes de 25 g). Entretanto, o coeficiente de digestibilidade da matéria seca verificado para o farelo de soja na fase de crescimento se mostrou semelhante ao observado por BOSCOLO *et al.* (2002): 65,49% (peixes de 37 g).

O glúten de milho apresentou CDAs para a proteína bruta, nas três fases estudadas, superiores ao encontrado com a espécie por KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 89,55% (peixes de 27 g). Valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa para os peixes nas fases de crescimento e de engorda foram obtidos com essa espécie por PEZZATO *et al.* (2002): 95,96% (peixes de 100 g) e por MEURER *et al.* (2003): 97,61% (peixes de 87 g) e com o híbrido por SKLAN *et al.* (2004): 96,50% (pesos entre 100 g e 150 g).

Os valores dos CDAs da proteína bruta do farelo de soja foram próximos ao valor de 94,40%, obtido para essa mesma espécie por LOVELL (2002). Entretanto, coeficiente superior foi observado por SKLAN *et al.* (2004): 96,20%. Em pesquisas com a tilápia-do-nylo (25 g a 100 g de peso), FURUYA *et al.* (2001), BOSCOLO *et al.* (2002), PEZZATO *et al.* (2002) e KOPRUCU e OZDEMIR (2005) encontraram coeficientes entre 87,40% e 92,72%. Para os CDAs do farelo de algodão registrados neste trabalho, verifica-se que seus valores são superiores aos encontrados por PEZZATO *et al.* (2002): 74,87% (peixes de 100 g) e por KLEEMANN *et al.* (2009): 71,56% a 74,81% (peixes de 100 g), para farelos de algodão com três diferentes concentrações proteicas (28, 38 e 46% de proteína bruta).

As dietas comerciais para tilápias nas fases iniciais de vida possuem alta concentração proteica e, conforme MEURER *et al.* (2005), são compostas principalmente por fontes proteicas de origem animal, como as farinhas de peixe ou de vísceras

de aves. No presente estudo, os peixes mais jovens aproveitaram melhor a proteína da farinha de peixe, enquanto aqueles nas fases de crescimento e engorda aproveitaram melhor a proteína do glúten de milho. Os CDAs encontrados para a proteína dos ingredientes vegetais se mostraram semelhantes aos apresentados pela farinha de peixe. Esses resultados sugerem que, nas tilápias, a capacidade de aproveitar a proteína dos ingredientes de origem vegetal aumenta durante o crescimento. Os excelentes valores dos CDAs apresentados pelo farelo de algodão podem também ser atribuídos ao tratamento prévio de moagem (Mesh 40) e peneiramento a que foi submetido.

O valor do CDA da energia do glúten de milho mostrou-se superior aos encontrados para tilápias por PEZZATO *et al.* (2002) (64,07%) e por GONÇALVES *et al.* (2004) (70,02%), inferior ao encontrado para a mesma espécie por MEURER *et al.* (2003) (93,52%) e próximo dos apresentados por KOPRUCU e OZDEMIR (2005) (89,00%) e por GUIMARÃES *et al.* (2012) (88,10%) para tilápia-do-nylo e por SKLAN *et al.* (2004) (83,40%) para tilápia híbrida. Os CDAs da energia apresentados pelo farelo de algodão nesta pesquisa para as três fases de desenvolvimento dos peixes foram superiores aos encontrados para a mesma espécie por PEZZATO *et al.* (2002): 45,35% e por GUIMARÃES *et al.* (2012): 44,85%.

Dentre os ingredientes proteicos de origem vegetal, o farelo de soja apresentou os mais baixos CDAs da energia nas três fases avaliadas, confirmando os CDAs encontrados por FURUYA *et al.* (2001): 77,21%; BOSCOLO *et al.* (2002): 71,38%; PEZZATO *et al.* (2002): 64,83%; e GUIMARÃES *et al.* (2012): 64,18%. Valores superiores de digestibilidade da energia do farelo de soja foram observados por SKLAN *et al.* (2004): 84,50% e KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 83,70%.

De maneira geral, as tilápias são hábeis em aproveitar a energia e os nutrientes de alimentos de origem vegetal. Assim como apontado por BOSCOLO *et al.* (2002) em seu estudo, pode-se considerar que os CDAs da EB e, conseqüentemente, os valores de ED dos alimentos de origem vegetal são, de maneira geral, satisfatórios no presente trabalho, e isto pode ser explicado pela eficiência com que a tilápia-do-nylo utiliza os carboidratos da dieta.

Com relação à disponibilidade do fósforo, FURUYA *et al.* (2001) registraram valor de 49,78% para o CDA deste mineral da farinha de peixe para

a tilápia, valor este que se mostra semelhante aos obtidos no presente estudo. Entretanto, valores bem inferiores de disponibilidade do fósforo foram encontrados por MIRANDA *et al.* (2000): 27,15%; por KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 27,80%; e por GUIMARÃES *et al.* (2012): 25,84%.

A farinha de vísceras de aves apresentou semelhantes coeficientes de disponibilidade de fósforo nas três fases de desenvolvimento dos peixes avaliadas, com média geral de 46,10%. A biodisponibilidade do fósforo da farinha de vísceras no presente estudo foi inferior àquela observada por GUIMARÃES *et al.* (2012): 63,83%, para tilápias de 86 g. Os coeficientes de disponibilidade do fósforo da farinha de vísceras de aves e da farinha de carne e ossos foram semelhantes nas três fases estudadas no presente estudo e se mostraram similares ao valor de 43,66%, obtido por GUIMARÃES *et al.* (2012), e inferior a 54,59%, encontrado por MIRANDA *et al.* (2000), ambos para tilápia-do-nylo.

A disponibilidade aparente de cálcio da farinha de peixe mostrou-se inferior àquela de 90,62% para tilápia-do-nylo com 25 g, obtida por FURUYA *et al.* (2001). Coeficientes de disponibilidade inferiores foram obtidos por KOPRUCU e OZDEMIR (2005) (17,10%, para peixes de 27 g) e por GUIMARÃES *et al.* (2012) (14,63%, para peixes de 86 g). Já a disponibilidade do cálcio da farinha de vísceras de aves é semelhante aos 58,35% apresentados para essa espécie, mas a disponibilidade do Ca da farinha de carne e ossos mostrou-se superior a 35,60%, valores estes obtidos por GUIMARÃES *et al.* (2012) para tilápia-do-nylo. Os coeficientes de disponibilidade aparente para o magnésio também são diferentes dos apresentados por GUIMARÃES *et al.* (2012) para farinha de peixe (65,17%), farinha de vísceras de aves (90,35%) e para a farinha de carne e ossos (70,98%).

Dentre os ingredientes de origem vegetal, o farelo de algodão apresentou a melhor disponibilidade de fósforo, entretanto, os valores se mostraram inferiores a 52,90%, determinado por GONÇALVES *et al.* (2007), mas superiores a 3,51%, encontrado para a espécie por GUIMARÃES *et al.* (2012). Os CDAs do fósforo no presente trabalho foram muito próximos aos obtidos por KLEEMANN *et al.* (2009), que variaram entre 33,75% e 34,50%, para farelos de algodão com três níveis de proteína. O fósforo contido no glúten de milho e no farelo de soja foi pobremente absorvido pelos peixes, especialmente na fase de crescimento, sendo o valor próximo a

28,20%, obtido por KOPRUCU e OZDEMIR (2005), e a 22,2%, encontrado por GONÇALVES *et al.* (2007), ambos com tilápias. O coeficiente de disponibilidade aparente do fósforo nos peixes em fase de crescimento mostra-se inferior àqueles determinados para essa espécie por MIRANDA *et al.* (2000): 35,13%, por FURUYA *et al.* (2001): 47,14% e por KOPRUCU e OZDEMIR (2005): 30,10%. Valores semelhantes aos obtidos nesta pesquisa foram encontrados por GONÇALVES *et al.* (2007): 22,30% e GUIMARÃES *et al.* (2012): 26,96%.

Para os três ingredientes proteicos de origem vegetal, os coeficientes de disponibilidade aparente do cálcio foram negativos. Isso se relaciona com o balanço negativo causado pelos baixos níveis desse mineral, tanto na ração basal quanto nos ingredientes-teste. Além disso, nesses ingredientes, o cálcio encontra-se pouco disponível aos peixes. Os coeficientes negativos foram apresentados na Tabela 4 com valor zero, conforme recomendações de SUGIURA *et al.* (1998).

Os coeficientes de disponibilidade negativos do cálcio podem, ainda, ser consequência da presença desse mineral na água, provavelmente utilizado para suprir, mesmo que parcialmente, as necessidades dos peixes (STEFFENS, 1987). Aspecto semelhante foi observado por GONÇALVES *et al.* (2005) quando avaliaram a disponibilidade do cálcio no farelo de soja, soja extrusada, farelo de algodão, glúten de milho e farelo de girassol, assim como por GUIMARÃES *et al.* (2012) com o farelo de soja e o farelo de algodão. Entretanto, esses resultados diferem daqueles apresentados por KOPRUCU e OZDEMIR (2005), que obtiveram 20,3% para o glúten de milho e 29,0% para farelo de soja, e também por FURUYA *et al.* (2001), que registraram coeficiente de disponibilidade igual a 85,04% para esse mineral no farelo de soja.

Os coeficientes de disponibilidade do magnésio obtidos no presente estudo são similares ao valor encontrado por GONÇALVES *et al.* (2005) para o magnésio do glúten de milho (38,91%), mas se mostram relativamente inferiores àqueles obtidos por GUIMARÃES *et al.* (2012) e GONÇALVES *et al.* (2005), respectivamente, 72,62% e 75,61%. Para este mineral no farelo de algodão, os valores foram semelhantes ao apresentado por GONÇALVES *et al.* (2005): 73,43%; contudo, os coeficientes obtidos na presente pesquisa mostraram-se superiores aos determinados neste ingrediente (37,49%) por

GUIMARÃES *et al.* (2012).

Considerando o fosfato monopotássico como fonte de referência, o segundo mais importante suplemento de fósforo para a tilápia-do-nylo seria o fosfato bicálcico, o qual revelou maior facilidade de homogeneização nas rações, quando comparado com o ácido fosfórico, além de fornecer maior aporte de cálcio. Deve-se salientar, ainda, que a disponibilidade aparente do fósforo apresentada por essa fonte foi superior àquela registrada por MIRANDA *et al.* (2000): 74,23%.

De maneira geral, torna-se complicado inferir sobre diferenças entre os CDAs dos nutrientes de todos os ingredientes testados e aqueles disponíveis na literatura, entretanto, é possível atribuir alguns dos resultados divergentes a diferenças de qualidade das matérias primas utilizadas. Esta elucubração pode ser especialmente aplicada aos ingredientes de origem animal, por possuírem maior diversidade de matérias primas para sua confecção e de tipos de processamento, o que pode resultar em maior variação de qualidade e composição nutricional, se comparados aos ingredientes de origem vegetal. Além disto, variações biológicas dentro da espécie estudada, como aquelas relacionadas a genética e tamanho dos peixes, por exemplo; fatores ambientais e de manejo nos quais os peixes foram mantidos durante a condução dos ensaios; assim como demais aspectos das metodologias experimentais podem concorrer para alguns resultados distintos dos observados neste estudo.

CONCLUSÕES

A capacidade da tilápia-do-nylo para digerir os ingredientes e absorver os nutrientes é influenciada pelo peso corporal, portanto recomenda-se maior atenção à alimentação por fase de desenvolvimento. Embora as tilápias possuam alta capacidade de digestão e absorção de proteínas de diferentes tipos de alimento, deve-se preconizar o uso de fontes proteicas de origem animal quanto mais inicial for a fase de desenvolvimento. Os minerais das fontes inorgânicas foram mais eficientemente utilizados pelos peixes, devendo, então, seu uso como fonte de minerais nas rações ser priorizado, em detrimento dos minerais presentes nas fontes de proteína e energia das dietas de tilápias.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. 2004 Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Protéica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(5): 1101-1109.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005 *Official methods of analysis of AOAC International*. 18th ed. AOAC International Ed. Maryland, USA, 1094p.
- BOSCOLO, W.R.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; HAYASHI, C.; REIDEL, A. 2005 Farinha de vísceras de aves em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(2): 373-377.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. 2002 Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 13(2): 539-545.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. 1979 Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E. & TIEWS (Eds). *Finfish nutrition and fishfeed technology*, II, Berlin, Alemanha, p.239-247.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.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(1): 68-87.
- COOKBOOH SHIMADZU 2002 *Operation manual: Atomic absorption spectrophotometer AA 6800*, 157p.
- FARIA, A.C.E.A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. 2002 Farinha de Vísceras de Aves em Rações para Alevinos de Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2): 812-822.
- FERKET, P.R. 1993 Pratical use of feed enzymes for turkeys and broilers. *Journal Applied of Poultry Research*, 2(1): 75-81.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO 2014 *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 243pp.

- FURUYA, W.M. 2013 Nutrição de tilápias no Brasil. *Revista Varia Scientia Agrárias*, 3(1): 133-150.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E. MIRANDA, E.C.; ROSSETTO, B.V.; BARROS, M.M. 2001 Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (Linhagem Tailandesa). *Acta Scientiarum*, 23(2): 465-469.
- FRECCIAL, A.; SOUSA, S.M.N.; MEURER, F.; BUTZGE, A.J.; MEWES, J.K.; BOMBARDELLI, R.A. 2014 Essential oils in the initial phase of broodstock diets of Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(1): 1-7.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. 2005 Disponibilidade aparente do Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6): 2155-2163.
- GONCALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P. de M.; BARROS, M.M. 2007 Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(5): 1473-1480.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; FREIRE, E.S.; FERRAR, J.E.C. 2004 Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(3): 313-321.
- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FERNANDES, R.N. 2012 Apparent nutrient digestibility and mineral availability of protein-rich ingredients in extruded diets for Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(8): 1801-1808.
- HARDY, R.W. 1996 Alternate protein sources for salmon and trout diets. *Animal Feed Science Technology*, 59: 71-80.
- HU, L.; YUNC, B.; XUE, M.; WANG, J.; WU, X.; ZHENG, Y.; HAN, F. 2012 Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 372: 52-61.
- JOENGBLOED, A.W.; EVERTS, H.; KEMME, P.A.; MROZ, Z. 1999 Quantification of absorbability and requirements of macroelements. In: I. Kyriazakis, I. (eds). *A quantitative biology of the pig*. CAB International, p.275-298.
- KLEEMANN, G.K.; BARROS, M.M; PEZZATO, L.E. 2009 Valor nutricional do farelo de algodão para a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(1): 87-94.
- KOCH, J.F.A.; ESPERANCINI, M.S.T.; BARROS, M.M.; CARVALHO, P.L.P.F.; FERNANDES JUNIOR, A.C.; TEIXEIRA, C.P.; PEZZATO, L.E. 2014 Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40(4): 605-616.
- KOPRUCU, K.; OZDEMIR, Y. 2005 Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 250: 308-316.
- LALL, S.P. 2002 The Minerals. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. Eds. *Fish Nutrition*, Third Edition, Elsevier Science (USA), p.259-308.
- LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F.A.; COSTA, M.L.; LOSEKANN, M.E; CORREIA, V.; BOCHI, V.C. 2006 Diferentes fontes proteicas na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*, 36(1): 240-246.
- LOVELL, R.T. 2002 Diets and fish husbandry. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. *Fish Nutrition*, Third Edition, Elsevier Science (USA), p.703-754.
- MARKZENK, Z. 1976 *Spectrophotometric determination of elements*. Chichester, Ellis Horwood, p.211-215.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. 2003 Digestibilidade aparente de alguns alimentos proteicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6): 1801-1809.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SCHAMBER, C.R.; BOMBARDELLI, R.A. 2005 Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para a tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(1): 1-6.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA. Florianópolis: Associação Cultural e Educacional do Brasil, v.1, jan. 2014.

Disponível em: <http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf>. Acesso em: 08 set. 2016.

MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M. 2000 Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 22(3): 669-675.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; QUINTERO-PINTO, L.G.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. 2002 Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(4): 1595-1604.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALLOSSI, D.; CYRINO, J.E.P. 2004 Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P. 2004 *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*. São Paulo: Aquabio, v.1, p.75-170.

SAEG 2007 *Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1*: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa.

SEVGILI, H.; KUROĞLU, A.; OIKAWA, M.; FEDEKAR, D.; EMRE, Y.; TAKENO, N. 2015 Evaluation of nutritional values of selected commercial fish meal sources in turbot (*Psetta maxima*) diets. *Aquaculture Research*, 46(10): 2332-2343.

SKLAN, D.; PRAG, T.; LUPATSCH, I. 2004 Apparent digestibility of selected feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research*, 35: 358-364.

STEFFENS, W. 1987 *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Editora Acribia. Zaragoza, 272p.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE C.K.; HARDY R.W. 1998 Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159: 177-202.

TEIXEIRA, B.; MACHADO, C.C.; FRACALLOSSI, D.M. 2010 Exigência proteica em dietas para alevinos do dourado (*Salminus brasiliensis*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32(1): 33-38.