

Quantificação de ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais

Quantification of fatty acids in tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) fed with different sources of vegetable oils

Leticia Hayashi Higuchi^{1*}; Aldi Feiden²; Makoto Matsushita³; Mayara Santarosa⁴; Ana Beatriz Zanqui⁵; Fábio Bittencourt⁶; Wilson Rogério Boscolo⁷

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo quantificar os ácidos graxos nos alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes fontes de óleos vegetais extraídos mecanicamente. Foram utilizadas 320 tilápias com peso inicial médio e comprimento total inicial médio de 2,55±0,57 g e 5,59±0,43 cm, respectivamente, alimentados por um período de 60 dias, num delineamento em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. As rações foram elaboradas com 320 g/kg proteína bruta (PB) e 3.500 kcal de energia digestível (ED) por kg de ração, enriquecidas com oito diferentes óleos: girassol, canola, gergelim, linhaça, amendoim, castanha do Pará, soja e macadâmia, com uma inclusão de 4%. Dentre os ácidos graxos majoritários o oléico, palmítico, linolênico e linoléico foram os obtidos em maior concentração (mg/g de LT) nos peixes em todos os tratamentos. As somatórias dos ácidos graxos poliinsaturados aos 60 dias de cultivo apresentaram aumento em todos os tratamentos em comparação aos 30 dias de experimento. Isto se deve a adição dos óleos com alto conteúdo de ácidos graxos n-6 e n-3 nas rações. Os ácidos graxos na carcaça são o reflexo da fonte energética de óleo utilizada. Como conclusão recomenda-se o uso do óleo de linhaça na alimentação de alevinos de tilápias, devido à grande melhoria na razão entre n-6/n-3.

Palavras-chave: Fonte lipídica, exigência, incorporação, linhaça

Abstract

The present work aimed to quantify the fatty acids in total lipids of Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) fed with different sources of vegetable oils mechanically extracted. Were used 320 tilapias (*O. niloticus*) with average initial weight and average total initial length of 2.55±0.57 g and 5.59±0.43 cm, respectively, fed for a period of 60 days, in a randomized block design with eight treatments and four

¹ Bióloga, Msc. em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Toledo, PR. E-mail: leticia_higuchi@yahoo.com

² Eng^o Agr^o, Dr. Prof. do Dept^o do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE, *Campus* Toledo, Toledo, PR. E-mail: aldifeiden@gmail.com

³ Químico, Dr. Prof. do Dept^o de Química do Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá, PR. E-mail: mmakoto@uem.br

⁴ Discente de Química, UEM, Maringá, PR. E-mail: mayarasantarosa@hotmail.com

⁵ Química, Discente de Mestrado em Química, UEM, Maringá, PR. E-mail: biazanqui@gmail.com

⁶ Zootecnista, Dr. em Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: bitanca@hotmail.com

⁷ Zootecnista, Dr. Prof. do Dept^o do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE, *Campus* Toledo, Toledo, PR. E-mail: wilsonboscolo@hotmail.com

* Autor para correspondência

replications. The diets were prepared with 320 g/kg crude protein and 3.500 kcal of digestible energy per kg of feed enriched with eight different oils: sunflower, canola, sesame, linseed, peanut, Para's nut soy and macadamia, with an addition of 4%. Among the major fatty acids the oleic, palmitic, linolenic and linoleic were obtained in higher concentration (mg/g of LT) in fish from all treatments. The sums of polyunsaturated fatty acids after 60 days of cultivation had increased in all treatments compared to the 30 days of the experiment. This is due to the addition of oils with high contents of n-6 and n-3 fatty acids. The fatty acids in the carcass are a reflection of the energy source of oil used. As a conclusion it is recommended the use of linseed oil in the diet of tilapia fingerlings due to great improvement in the relationship between n-6/n-3.

Key words: Lipid source, requirement, incorporation, linseed

Introdução

A espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) é originária da África e foi introduzida no Brasil desde 1971 (LOVSHIN, 2000). A expansão do cultivo da tilápia do Nilo deve-se ao ótimo desempenho, alta rusticidade, facilidade de obtenção de alevinos, adaptabilidade aos mais diversos sistemas de criação, grande aceitação no mercado de lazer e alimentício, além das qualidades nutritivas e organolépticas do seu filé (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003). O peixe de água doce mais cultivado em cativeiro no país é a tilápia do Nilo, por possuir alto mercado consumidor e grande demanda. Assim, quanto melhor a qualidade do produto, maior ainda será o interesse do consumidor. (FAO, 2009; CASTRO SILVA et al., 2011).

Ao se formular uma dieta, deve-se buscar um balanço nutricional dos componentes para suprir o crescimento, manutenção e sanidade dos animais (NRC, 1993). Os custos com a alimentação em piscicultura representam 40 a 70% do total despendido para a produção, representando o principal item no planejamento econômico da piscicultura intensiva de tilápias (KUBITZA, 1999). Assim sendo, é importante conhecer as exigências nutricionais das espécies com potencial zootécnico e valor biológico dos alimentos para formulação de rações.

Por fornecerem eficientemente energia e ácidos graxos essenciais, os lipídios são importantes componentes da dieta. Diversos óleos vegetais são fontes ricas de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados da série ômega-6, como os de

oliva, soja e milho, enquanto os óleos de linhaça e de peixe representam fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (RIBEIRO et al., 2008). Os lipídios têm funções energéticas, estruturais, hormonais, bioquímicas, entre outras (CHAMPE; HARVEY, 2002).

A tilápia do Nilo apresenta exigência de ácidos graxos (AG) da série ômega-6, mais precisamente de 0,5 a 1% de ácido linoléico (MAIA, 1992), os quais devem ser fornecidos na dieta. Diversos estudos tem demonstrado que a alimentação influencia diretamente na composição em ácidos graxos dos peixes (CASTRO SILVA et al, 2011; JUSTI et al, 2003; BROWN, TURCHINI, FRANCIS, 2010; LUO et al., 2012, SZABÓ et al., 2011) e que o metabolismo animal e a composição da carcaça podem ser influenciados, gerando um acúmulo indesejável de gordura se a alimentação conter altos teores de lipídios (RIBEIRO et al., 2008).

A incorporação de ácidos graxos pode variar entre as espécies de peixes, dependendo da idade e das taxas de inclusão na dieta, que quando inadequadas produzem efeito negativo no crescimento ocorrendo deposição e gordura nas vísceras e cavidade abdominal (KAUSHIK, 1990). De acordo com Wilson (1998), recomenda-se inclusão de lipídios no máximo de 5 a 10% na ração para peixes.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar os ácidos graxos nos lipídios totais dos alevinos de tilápias (*O. niloticus*) alimentadas com diferentes fontes de óleos vegetais extraídos mecanicamente.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus Toledo/PR*, juntamente com o Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMAQ). Foram utilizados 320 alevinos de tilápias com peso inicial médio e comprimento total inicial médio $2,55 \pm 0,57$ g e $5,59 \pm 0,43$ cm, respectivamente.

A estrutura física utilizada foram dois tanques circulares de concreto com capacidade de 25.000 litros de água. Os animais alojados em dois blocos

inteiramente casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, cada bloco composto de 16 tanques-redes com dimensões de 40 cm x 40 cm x 70 cm de comprimento, largura e profundidade, respectivamente. A unidade experimental considerada foi constituída por um tanque-rede com 10 peixes.

Os tratamentos consistiam no fornecimento de dietas (Tabela 1) com incorporação de diferentes óleos obtidos por extração mecânica. O arraçoamento foi realizado quatro vezes ao dia (8h00, 11h00, 14h00 e 17h00).

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais a base de óleos obtidos por extração mecânica utilizada na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Ingredientes (%)	Fonte de Óleos							
	Girassol	Canola	Gergelim	Linhaça	Amendoim	Castanha do Pará	Soja	Macadâmia
Farinha de trigo	16,34	16,34	16,34	16,34	16,34	16,34	16,34	16,34
Farelo de soja	26,09	26,09	26,09	26,09	26,09	26,09	26,09	26,09
Farinha de peixe	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Milho	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27	26,27
Fonte de óleo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suplemento*	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal comum	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Nutrientes (%)								
Amido	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Cálcio	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
ED*	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Fósforo total	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Gordura	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52
Lisina total	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Metionina total	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Proteína total	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00

*Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500.000 UI; vit. D3 - 250.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K3 - 500 mg; vit. B1 - 1.500 mg; vit. B2 - 1.500 mg; vit. B6 - 1.500 mg; vit. B12 - 4.000 mg; ác. fólico - 500 mg; pantotenato Ca - 4.000 mg; vit. C - 10.000 mg; biotina - 10 mg; Inositol - 1.000; nicotinamida - 7.000; colina - 10.000 mg; Co - 10 mg; Cu - 1.000 mg; Fe - 5.000 mg; I - 200 mg; Mn - 1500 mg; Se - 30 mg; Zn - 9.000 mg.

*ED Energia Digestível para Tilápia (kcal/kg).

Fonte: NRC, 1993.

As rações foram formuladas com 320 g/kg de proteína bruta (PB) e 3.500 kcal de energia digestível (ED) por kg de ração, confeccionadas

à base de ingredientes orgânicos como trigo, farelo de soja, milho e farinha de peixe de acordo com as exigências nutricionais da espécie (NRC,

1993). A quantificação de ácidos graxos na ração está sumarizada na Tabela 2. Os óleos obtidos por extração mecânica avaliados foram: 1) girassol (*Helianthus annuus*); 2) canola (*Brassica napus*); 3) gergelim (*Sesamum indicum*); 4) linhaça (*Linum usitatissimum*); 5) amendoim (*Arachis hypogaea*); 6) castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*); 7) soja (*Glycine max*) e 8) macadâmia (*Macadamia integrifolia*) adicionados em 4% na ração.

Três exemplares de tilápias pesando $22,20 \pm 0,93$ g foram coletados de cada tanque aos 30 dias. Posteriormente, aos 60 dias, o restante dos animais com peso médio $35,18 \pm 1,62$ g foram coletados e armazenados para análises subsequentes. Os peixes de cada coleta foram anestesiados com benzocaína (GOMES et al., 2001), identificados, pesados, medidos e sacrificados. Em seguida, foram triturados inteiros adicionados por tratamento em embalagens de polietileno e armazenados em freezer (-18°C) no Laboratório de Controle de Qualidade do GEMAQ para as análises posteriores.

As análises de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade Estadual de Maringá-UEM, *Campus* de Maringá-PR. Na extração dos lipídios totais empregou-se o método proposto por Bligh e Dyer (1959), considerando as seguintes proporções dos solventes: clorofórmio, metanol e água de 2:2:1,8 (v/v/v).

A determinação quantitativa dos lipídios totais (LT) foi realizada gravimetricamente, com o método de Maia (1992), eliminando-se o clorofórmio em evaporador rotativo a vácuo, com banho maria a 30°C , extinguindo os resíduos de solventes.

Na realização da transesterificação dos triacilgliceróis, os lipídios totais foram submetidos à metilação direta, conforme método 5509 da ISO (1978), em solução de n-heptano e KOH/metanol. A fase superior (n-heptano e ésteres metílicos de ácidos graxos) foi transferida para frascos de 5 mL, fechados hermeticamente e armazenados em congelador (-18°C) para posterior análise cromatográfica (VISENTAINER et al., 2003a).

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo a gás Shimadzu 14-A (Japão), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (Varian) CP - 7420 Select FAME. As temperaturas do injetor e detector foram de 260°C , enquanto que a temperatura inicial da coluna foi de 165°C durante 18 minutos, elevada a 180°C com taxa de $30^\circ\text{C}/\text{min}$, mantida por 22 minutos, e finalmente aquecida até 240°C a uma taxa de $15^\circ\text{C}/\text{min}$, sendo mantida a esta temperatura por 20 minutos. Os fluxos dos gases foram de 1,2 mL/min para o gás de arraste H_2 ; 30 mL/min para o gás auxiliar (make-up) N_2 e 30 mL/min e 300 mL/min para os gases da chama H_2 e ar sintético, respectivamente. As injeções foram realizadas em triplicatas e o volume de injeção foi dois micro litros, sendo a razão de divisão da amostra (*split*) de 1/50.

A identificação dos ácidos graxos foi efetuada através da comparação dos tempos de retenção com padrões Sigma (EUA), e o cálculo das áreas dos picos determinadas através do software Clarity Lite versão 2.4.1.91.

A quantificação dos ácidos graxos em mg/g de lipídios totais foi efetuada em relação ao padrão interno, tricosanoato de metila (Sigma). Os cálculos foram realizados conforme Joseph e Ackman (1992) e Visentainer e Franco (2006) utilizando-se a equação:

$$M_x \text{ (mg/g)} = \frac{A_x \times M_p \times F_{CT}}{A_p \times M_A \times F_{CEA}}$$

Em que: M_x = Massa do ácido graxo X em mg/g de lipídios totais; A_x = Área do ácido graxo X; M_p = Massa do padrão interno em miligramas; F_{CT} = Fator de correção teórico; A_p = Área do padrão interno; M_A = Massa da amostra em gramas; F_{CEA} = fator de conversão éster metílico para ácido graxo.

As concentrações dos ácidos graxos (Tabelas 2, 3

e 4) identificadas com 0,000 apresentam sinal abaixo do limite de detecção e quantificação estimados em 0,15 e 0,50 mg/g de óleo, respectivamente.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com 5% de significância, e em caso de diferença foi aplicado o teste de Tukey através do programa Software Estatístico SAS - Statistical Analysis System (2004).

Resultados e Discussão

A composição corporal dos doze ácidos graxos majoritários encontrados nos alevinos de tilápia alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais após 30 dias de experimento estão descritos na Tabela 3. Todos os tratamentos avaliados proporcionam desigualdades na quantidade corporal de unidades lipídicas e, possivelmente, podem ser determinantes na caracterização final pela incorporação de ácidos graxos nos tecidos dos animais justamente por suas particularidades conformativas.

Os ácidos graxos majoritários encontrados nas tilápias alimentadas com diferentes fontes lipídicas no início do experimento foram ácido palmítico (16:0) 213,47; oléico (18:1n-9) 320,41; linoléico (18:2n-6) 174,50 e linolênico (18:3n-3) 20,31, em

mg/g de lipídios totais (Tabela 3).

Para os ácidos graxos saturados (AGS) houve predominância do palmítico (16:0) em todos os tratamentos. Este elemento também foi encontrado em maior quantidade em filés de tilápia do Nilo por Auira e Carvalho (2004), Castro Silva et al. (2011), Szabó et al. 2011 e em tilápia por Justi et al. (2003).

Observou-se que houve um aumento de ácido linoléico (LA) para as tilápias alimentadas durante o mesmo período com ração suplementada com óleo de girassol (299,72 mg/g). Esse comportamento pode ser justificado pelo fato do óleo em questão apresentar um teor elevado do 18:2n-6 eficazmente depositado no músculo. Essa matéria prima, que é extraído da semente do girassol (*Helianthus annuus*), é muito rica em ácidos graxos insaturados, principalmente o linoléico (68,2%) (MATEOS; REBOLLAR; MEDEL; 1996, FLAGELLA et al., 2002).

As dietas elaboradas com óleo de girassol, castanha do Pará e soja influenciam o acréscimo de n-6 e conseqüentemente a razão n-6/n-3 das tilápias aos 30 dias de cultivo, provavelmente pelo alto teor de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) constituintes desses ingredientes.

Tabela 2. Quantificação de ácidos graxos (mg/g de LT) das rações experimentais utilizados na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com inclusão de diferentes óleos.

Ácidos Graxos	Óleos									
	Girassol	Canola	Gergelim	Linhaça	Ameiandoim	Castanha do Pará	Soja	Macadâmia		
14:00	11,62 ^{bcd} ±0,10	13,56 ^b ±0,24	13,24 ^{bc} ±0,40	16,01 ^a ±1,35	12,65 ^{bc} ±0,61	9,99 ^d ±0,73	11,26 ^{cd} ±1,03	17,28 ^d ±0,11		
16:00	139,58 ^{bc} ±1,86	125,74 ^d ±1,90	146,31 ^b ±1,02	131,30 ^{cd} ±1,94	150,11 ^{ab} ±7,10	159,04 ^a ±7,20	146,57 ^b ±1,06	138,87 ^{bc} ±4,48		
16:1n-9	0,00 ^b	0,00 ^b	1,47 ^a ±0,03	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b		
16:1n-7	173,6 ^b ±0,23	171,6 ^b ±0,54	16,95 ^b ±0,17	17,58 ^b ±0,85	16,31 ^b ±0,82	15,90 ^b ±0,71	16,53 ^b ±0,30	85,27 ^d ±1,51		
18:00	40,90 ^b ±0,74	28,04 ^d ±0,27	40,05 ^b ±0,21	33,04 ^c ±0,946	32,39 ^c ±0,87	69,12 ^d ±0,41	32,66 ^c ±1,10	85,27 ^d ±1,59		
18:1n-9	175,85 ^c ±1,22	338,98 ^a ±1,81	277,53 ^c ±3,37	193,00 ^c ±9,07	312,07 ^b ±3,86	243,74 ^d ±1,31	192,61 ^c ±4,57	352,99 ^a ±4,38		
18:1n-7	12,32 ^{de} ±0,08	19,59 ^b ±0,15	12,43 ^{de} ±0,14	11,78 ^c ±0,64	11,64 ^c ±0,31	13,16 ^d ±0,14	15,19 ^c ±0,43	22,71 ^e ±0,52		
18:2n-6	490,79 ^a ±3,44	278,05 ^{cd} ±0,652	365,24 ^{abc} ±4,25	279,60 ^{cd} ±5,73	327,56 ^{bc} ±4,14	385,73 ^{abc} ±0,90	450,49 ^{ab} ±1,25	243,78 ^d ±4,00		
18:3n-3	27,31 ^b ±0,10	60,78 ^b ±0,607	23,44 ^b ±0,36	225,35 ^a ±6,10	50,75 ^b ±0,79	22,13 ^b ±0,37	51,95 ^b ±0,67	26,26 ^b ±1,48		
20:1n-9	2,53 ^b ±0,04	5,14 ^{ab} ±0,17	3,44 ^b ±0,23	2,23 ^b ±0,19	5,57 ^{ab} ±0,14	2,53 ^b ±0,32	0,00 ^b	8,93 ^c ±0,36		
22:00	7,68 ^{bc} ±0,44	5,40 ^c ±0,15	7,78 ^{bc} ±0,60	8,09 ^{bc} ±0,50	10,35 ^{ab} ±0,45	9,05 ^{bc} ±0,25	7,54 ^{bc} ±0,10	15,38 ^d ±1,08		
20:4n-6	14,83 ^{abc} ±0,34	13,31 ^d ±0,27	13,12 ^d ±0,15	13,75 ^{cd} ±0,54	15,23 ^{abc} ±0,77	15,92 ^{ab} ±0,92	16,31 ^a ±0,84	14,43 ^{bcd} ±0,88		
ΣAGS	199,80	172,75	207,40	188,46	205,52	247,23	198,04	256,82		
ΣAGMI	208,08	380,88	311,84	224,60	345,60	275,34	224,34	469,92		
ΣAGPI	532,94	352,16	401,80	518,71	393,56	423,79	518,76	284,48		
Σn-6	505,63	291,14	378,36	293,35	342,80	401,66	466,80	258,22		
Σn-3	27,315	60,78	23,44	225,35	50,75	22,13	51,95	26,26		
Σn6/Σn3	18,51	4,79	16,14	1,30	6,75	18,15	8,98	9,83		

Os resultados são médias com estimativas dos desvios-padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Os valores são médias de análises em triplicata. ΣAGS (somatório dos ácidos graxos saturados); ΣAGMI (somatório dos ácidos graxos monoinsaturados); ΣAGPI (somatório dos ácidos graxos poliinsaturados); Σn-6 (somatório dos ácidos graxos da série n-6); Σn-3 (somatório dos ácidos graxos da série n-3) e Σn-6/n-3 (razão entre somatório dos ácidos da série n-6 e n-3).

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 3. Quantificação de ácidos graxos, somatórias e razões de grupos de ácidos graxos em alevinos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) aos 30 dias de experimento com inclusão de diferentes óleos (mg/g de LT).

Ácidos Graxos	Fonte de Óleos 30 dias										
	Inicial	Girassol	Canola	Gergelim	Linhaça	Amandoin	Castanha do Para	Soja	Macadamia		
14:00	23,21 [±] 0,25	19,61 [±] 0,49	21,22 ^{bc} ±0,90	23,30 ^b ±1,25	19,07 [±] 1,15	24,11 ^{ab} ±1,74	27,15 [±] 1,90	20,81 ^{bc} ±1,53	26,41 ^b ±0,69		
16:00	213,47 [±] 1,57	183,57 ^{cd} ±1,40	180,64 ^{de} ±5,65	189,83 ^{bc} ±3,87	174,43 [±] 4,37	194,65 ^{bc} ±2,35	210,54 [±] 6,83	200,25 ^{ab} ±7,62	191,03 ^{cd} ±2,82		
16:1n-9	7,70 [±] 0,35	4,28 ^{cd} ±0,067	4,93 ^{cd} ±0,09	5,09 ^{bc} ±0,21	3,96 [±] 0,173	5,49 ^{ab} ±0,10	5,81 [±] 0,22	4,46 ^{cd} ±0,16	4,32 [±] 0,22		
16:1n-7	65,51 [±] 0,99	29,79 [±] 0,08	32,42 ^{cd} ±0,88	32,47 ^{cd} ±1,04	33,19 [±] 0,95	39,00 [±] 1,91	39,89 [±] 1,16	33,34 [±] 1,77	29,75 [±] 0,96		
18:00	54,75 [±] 0,36	62,26 [±] 0,22	55,02 ^{cd} ±0,33	54,80 ^{de} ±0,13	52,65 [±] 0,58	48,61 [±] 1,74	59,95 ^b ±0,08	57,08 [±] 0,70	66,09 [±] 0,84		
18:1n-9	320,41 [±] 1,95	263,55 [±] 2,31	383,24 [±] 3,59	335,38 [±] 0,87	303,43 [±] 2,36	351,60 [±] 1,91	315,46 [±] 1,15	277,74 [±] 3,90	256,00 [±] 1,41		
18:1n-7	22,23 [±] 0,05	20,17 [±] 0,06	25,22 ^b ±0,24	20,41 [±] 0,01	20,45 [±] 0,29	20,23 [±] 0,25	22,06 [±] 0,04	22,68 [±] 0,25	19,69 [±] 0,46		
18:2n-6	174,50 [±] 1,08	299,72 [±] 1,53	173,89 [±] 4,75	235,84 [±] 1,81	185,22 [±] 0,95	193,88 [±] 6,61	241,02 [±] 1,84	274,64 ^b ±1,03	295,25 [±] 0,94		
18:3n-3	20,31 [±] 0,84	14,66 [±] 0,26	30,63 ^b ±0,43	13,51 [±] 0,15	118,18 [±] 1,06	27,78 [±] 2,20	13,23 [±] 0,14	24,92 [±] 0,67	15,18 [±] 0,32		
20:1n-9	0,00	0,00 ^d	0,00 ^d	2,48 ^b ±0,11	1,97 [±] 0,12	0,00 ^d	0,00 ^d	1,88 [±] 0,09	1,98 [±] 0,22		
22:00	11,07 [±] 0,19	16,18 [±] 0,20	17,67 ^b ±0,26	16,04 [±] 0,22	13,92 [±] 0,26	16,48 ^{bc} ±0,51	14,8 ^d ±0,20	14,06 [±] 0,81	14,86 [±] 0,53		
20:4n-6	19,66 [±] 0,14	10,36 ^b ±0,03	8,11 ^{de} ±0,19	8,39 ^{cd} ±0,15	13,30 [±] 0,17	8,89 ^{cd} ±0,50	9,61 ^{bc} ±0,18	8,44 ^{de} ±0,57	6,78 [±] 0,25		
ΣAGS	302,50	281,63	274,56	283,98	260,08	283,86	312,45	292,21	298,40		
ΣAGMI	415,85	317,80	445,82	395,84	363,03	416,33	383,24	340,12	311,77		
ΣAGPI	214,47	324,74	212,64	257,75	316,70	230,56	263,86	308,01	317,22		
ΣAGPI/AGS	0,70	1,15	0,77	0,90	1,21	1,23	1,18	1,05	1,06		
Σn6	194,16	310,08	182,00	244,24	198,52	202,77	250,63	283,08	302,04		
Σn3	20,31	14,66	30,63	13,51	118,18	27,78	13,23	24,92	15,18		
Σn6/Σn3	9,55	21,15	5,94	18,07	1,67	7,29	18,94	11,35	19,89		

Os resultados são médias com estimativas dos desvios-padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Os valores são médias de análises em triplicata.; ΣAGS (soma dos ácidos graxos saturados); ΣAGMI (soma dos ácidos graxos monoinsaturados); ΣAGPI (soma dos ácidos graxos poliinsaturados); Σn-6 (soma dos ácidos graxos da série n-6); Σn-3 (soma dos ácidos graxos da série n-3) e Σn-6/n-3 (razão entre somatório dos ácidos da série n-6 e n-3).

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 4. Composição percentual de ácidos graxos, somatórias e razões de grupos de ácidos graxos em alevinos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) aos 60 dias de experimento com inclusão de diferentes óleos (mg/g de LT).

Ácidos Graxos	Fonte de Óleos 60 dias									
	Inicial	Girassol	Canola	Gergelim	Linhaça	Amandóim	Castanha do Para	Soja	Macadamia	
14:00	23,21±0,25	26,41±0,33	23,79 ^{bc} ±0,78	22,79 ^{cd} ±0,16	23,17 ^{bc} ±0,67	21,64 ^a ±0,21	24,15 ^b ±0,23	22,09 ^{de} ±0,43	22,22 ^{de} ±0,47	
16:00	213,47±1,57	191,03±1,23	177,91 ^b ±0,61	191,38±1,07	178,89 ^b ±5,45	192,12±1,05	195,04 [±] 6,93	190,24±1,24	179,47 ^b ±2,04	
16:1n-9	7,70±0,35	4,32±0,12	5,06 ^{ab} ±0,13	5,19±0,11	4,13 ^d ±0,09	5,01 ^{ab} ±0,13	4,63±0,06	3,75±0,06	4,82 ^{bc} ±0,08	
16:1n-7	65,51±0,99	29,75±0,29	36,72 ^b ±0,72	35,43 ^{bc} ±0,86	32,61 ^d ±0,94	36,78 ^b ±0,17	33,69 ^{cd} ±0,62	33,22 ^{cd} ±0,66	74,82±1,80	
18:00	54,75±0,36	66,09±1,01	45,26±0,38	54,16±0,49	54,60±0,19	48,02±0,68	62,62±2,87	54,68±0,50	46,72±0,29	
18:1n-9	320,41±1,95	256,00±3,625	380,21±2,10	346,49±1,59	296,59±1,52	363,74 ^b ±4,58	311,15±6,12	279,13±0,75	382,55±3,15	
18:1n-7	22,23±0,05	19,69±0,32	25,80±0,15	21,45 ^{cd} ±0,44	19,84±0,31	21,06 ^{cd} ±0,22	20,48 ^d ±0,20	21,67±0,18	32,93±0,73	
18:2n-6	174,50±1,08	295,25±4,49	178,13±0,80	225,71 ^d ±2,01	179,09±0,64	196,63±1,88	244,75±1,53	271,30 ^b ±1,96	143,61±1,30	
18:3n-3	20,31±0,84	15,18±0,26	33,61 ^b ±0,27	15,14±0,27	106,86±0,77	24,58±0,27	12,29±0,71	24,35±0,35	13,05±0,32	
20:1n-9	0,00	1,98±0,18	1,93±0,12	2,35±0,27	2,11±0,41	3,22±0,09	2,13±0,35	1,98±0,07	5,61±0,34	
22:00	11,07±0,19	14,86 ^{de} ±0,38	17,56±0,21	18,68 ^{de} ±0,26	14,02±0,35	19,13 ^b ±0,47	15,96±0,52	14,75±0,65	22,63±0,16	
20:4n-6	19,66±0,14	6,78 ^{bc} ±0,09	6,17±0,09	7,26 ^b ±0,01	11,24±0,40	6,81 ^{bc} ±0,11	6,75 ^{bd} ±0,16	6,56 ^{cd} ±0,14	6,23 ^{de} ±0,20	
ΣAGS	302,50	298,40	264,53	287,03	270,69	280,91	297,79	281,77	271,06	
ΣAGMI	415,85	311,77	449,74	410,93	355,30	429,83	372,10	339,77	500,76	
ΣAGPI	214,47	317,22	217,91	248,11	297,20	228,03	263,81	302,22	162,90	
ΣAGPI/AGS	0,70	1,06	0,82	0,86	1,09	0,81	0,88	1,07	0,60	
Σn6	194,16	302,04	184,30	232,97	190,33	203,44	251,51	277,86	149,85	
Σn-3	20,31	15,18	33,61	15,14	106,86	24,58	12,29	24,35	13,05	
Σn6/Σn3	9,55	19,89	5,48	15,38	1,78	8,27	20,46	11,41	11,48	

Os resultados são médias com estimativas dos desvios-padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Os valores são médias de análises em triplicata; ΣAGS (somaatório dos ácidos graxos saturados); ΣAGMI (somaatório dos ácidos graxos monoinssaturados); ΣAGPI (somaatório dos ácidos graxos polinsaturados); Σn-6 (somaatório dos ácidos graxos da série n-6); Σn-3 (somaatório dos ácidos graxos da série n-3) e Σn-6/n-3 (razão entre somaatório dos ácidos da série n-6 e n-3).

Fonte: Elaboração dos autores.

Os peixes alimentados com dietas contendo óleo de linhaça (Tabela 3) apresentam maior concentração (118,18 mg/g) ($P < 0,05$) de ácido linolênico (18:3n-3) quando comparados aos demais. Em contrapartida, aqueles que ingerem ração composta por óleos de castanha do Pará (13,23 mg/g), girassol (14,66 mg/g), gergelim (13,51 mg/g) e macadâmia (15,18 mg/g) incorporam quantidades reduzidas desse nutriente não distintas entre si ($P > 0,05$). Estas diferenças são devido à composição da matéria prima, ou seja, a linhaça apresenta alíquota de 44,6 a 51,5% de 18:3n-3 (CEOTTO, 2000), superando os outros óleos e, como consequência, as alterações na razão n-6/n-3 foram inevitáveis resultando em menor índice em comparação as outras dietas.

Os ácidos graxos majoritários encontrados no presente experimento foram os mesmos encontrados por Barilli (2009) em filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), em que o autor utilizou ração suplementada com ácido linoléico conjugado (CLA LUTA-CLA® 60, BASF) e ácido α -linolênico (LNA) proveniente do óleo de linhaça.

Os lipídios totais das tilápias analisadas aos 30 dias de experimento apresentam constituição semelhante em ácidos graxos quando comparados aos animais avaliados aos 60 dias (Tabela 4). Os resultados esclarecem que os ácidos majoritários de maiores concentrações foram o oléico (18:1n-9) com 382,55 mg/g para o tratamento com óleo de macadâmia não diferindo ($P > 0,05$) da canola (380,21 mg/g), seguido do palmítico (16:0) com 195,04 mg/g para o óleo de castanha do Pará indiferente ($P > 0,05$) do tratamento com girassol, amendoim e soja. Além disso, pode-se observar que as carcaças dos alevinos alimentados com a dieta enriquecida com óleo de linhaça apresentam um percentual predominante de 18:3n-3 (106,86 mg/g) em relação aqueles que consumiram as outras dietas.

Este resultado vem mostrar, que provavelmente, pode-se direcionar o perfil em ácidos graxos do produto final de acordo com a fonte lipídica empregada, devido às diferenças nas quantidades

nas composições dos diferentes óleos, inclusive no que se refere ao teor de ácidos graxos da família n-3 no qual a linhaça é a oleaginosa mais rica (VISENTAINER et al., 2003a; BROWN; TURCHINI; FRANCIS, 2010; LUO et al., 2012).

Ao final do período experimental, as concentrações do principal ácido graxo saturado, o palmítico (16:0), foram superiores ($P < 0,05$) nos animais alimentados com as dietas contendo óleo de girassol, gergelim, amendoim, castanha do Pará e soja, quando comparados aos demais. Aiura e Carvalho (2004), pesquisando a influência do tanino na composição lipídica e no rendimento de filé de tilápias, encontraram resultados semelhantes demonstrando que os ácidos graxos saturados foram superiores aos outros avaliados.

Os óleos de macadâmia e canola apresentam maior ($P < 0,05$) incorporação do ácido graxo oléico (18:1n-9) aos organismos após 60 dias de fornecimento, distinguindo dos demais. Ng, Tee e Boey (2000) em estudo com o bagre (*Mystus nemurus*) encontraram valores altos (21,2 – 44,4 % dos ácidos graxos 18:1n-9) no músculo de peixes alimentados com dietas semi-purificadas por 10 semanas.

A composição percentual em ácido graxo linoléico (18:2n-6) ao final do período experimental foi superior ($P < 0,05$) somente nas tilápias que consumiram a ração contendo óleo de girassol, repetindo o verificado aos 30 dias. Da mesma maneira, nos dois períodos avaliados, os peixes alimentados com óleo de canola apresentam, em sua musculatura, menores valores deste ácido graxo. Os resultados encontrados no presente estudo, portanto, corroboram os encontrados por Aiura e Carvalho (2004) para filé de tilápia.

As concentrações de ácido graxo linolênico (18:3n-3) variam em até 10 vezes dependendo da fonte nutricional utilizada. Essa constatação é confirmada quando se comparam os indivíduos que receberam óleo de linhaça (118,18 mg/g) com aqueles que ingeriram macadâmia (13,05 mg/g).

Os ácidos graxos na carcaça são o reflexo da fonte energética de óleo utilizada. A somatória de unidades lipídicas saturadas para tilápias com 60 dias de experimento varia de 264,53 a 298,40 mg/g de LT entre os diferentes tratamentos. Esses valores são superiores aos encontrados por Visentainer et al. (2003a) utilizando óleo de linhaça na composição físico química e de ácidos graxos de cabeças de tilápias do Nilo (*O. niloticus*), cuja somatória variou de 23,85 a 24,60 unidade.

A razão AGPI/AGS pode ser usada como parâmetro a fim de indicar se um determinado alimento é considerado saudável. O departamento de Saúde da Inglaterra (HMSO, 1994) recomenda que esses valores sejam superiores a 0,45. Considerando a razão AGPI/AGS dos peixes aos 30 e 60 dias de experimento observamos valores entre 0,60 a 1,21 e podemos concluir que com a relação a este parâmetro todos os tratamentos proporcionaram ótimo perfil de ácidos graxos, portanto, ingredientes saudáveis.

Visentainer et al. (2003b) avaliando o perfil de ácidos graxos em fígados de tilápias do Nilo observaram a seguinte razão AGPI/AGS 0,78 (0 dias); 0,77 (10 dias); 0,80 (20 dias) e 0,64 (30 dias).

No presente estudo aos 30 dias e ao final de 60 dias de experimento foram observados valores semelhantes na relação entre a somatória dos ácidos graxos n-6 e n-3. Segundo as informações do Departamento de Saúde da Inglaterra (ENSER et al., 1998) os valores da proporção razão n-6/n-3 recomendados são, de no máximo de 4,0. Entretanto, não há um consenso entre a quantidade de ingestão de ácidos graxos n-6 e n-3. WHO/FAO (1995) recomendam um intervalo de 5:1 e 10:1. De acordo com o trabalho as dietas com canola e amendoim estão dentro dessa relação com relação de 5,48 e 8,27 respectivamente. As dietas com óleo de soja e macadâmia apresentaram relação levemente superior ao limite proposto pela FAO de 11,41 e 11,48 respectivamente. Barilli (2009) comparando o fornecimento de rações enriquecidas

com óleo de linhaça para tilápias do Nilo também demonstrou melhora na razão n-6/n-3 nos filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

Neste trabalho podemos observar a importância da inclusão de óleos em dietas de tilápias, pois melhora significativamente, a composição nutricional da carne em teores de AG.

O presente trabalho comprovou que é possível melhorar a qualidade nutricional de tilápias, a partir da incorporação de óleos ricos em ácidos graxos em suas rações. A utilização de fonte lipídica de origem vegetal por 30 dias é o suficiente para incorporação dos ácidos graxos. Recomenda-se a inclusão óleo de linhaça na alimentação de alevinos de tilápias, devido à grande melhoria na razão entre n-6/n-3.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca - Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Campus Toledo e ao Laboratório de Química da Universidade Estadual de Maringá-UEM, Campus de Maringá-PR.

Comitê de Ética e Biossegurança

Certificamos que o experimento está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), conforme Protocolo nº 9009, Ata nº 012010.

Referências

- AIURA, F. S.; CARVALHO, M. R. B. Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, Lisboa, v. 99, n. 550, p. 93-98, 2004.
- BARILLI, D. J. *Incorporação de Ácido Linoléico Conjugado (CLA) e Ácido α -Linolênico (LNA) em filés de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)*. 2009. Dissertação

- (Mestrado em Química) - Departamento de Química. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A Rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BROWN, T. D.; FRANCIS, D. S.; TURCHINI, G. M. Can dietary lipid source circadian alternation improve omega-3 deposition in rainbow trout? *Aquaculture*, Amsterdam, v. 300, p. 148-155, 2010. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0044848609009892/1-s2.0-S0044848609009892-main.pdf?_tid=1f910994-a46f-11e2-9c38-00000aab0f02&acdnat=1365880975_6b307fe13d6f133bc72e61df43a22090> Acesso em: 10 de julho de 2012.
- CASTRO SILVA T. S.; SANTOS, L. D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; MATSUSHITA, M.; Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*, v. 17, n. 2, p. e70-e81, 2011.
- CEOTTO, B. O que é que a linhaça tem. Dentro das sementes da planta que dá origem ao linho há componentes que equilibram os hormônios femininos e reforçam as defesas do corpo. *Revista Saúde*, Campinas, v. 23, p. 37-40, jan. 2000.
- CHAMPE, C. P.; HARVEY, R. A. *Bioquímica ilustrada*. Tradução de Ane Rose Bolner. 2. ed. Porto Alegre: ARTMED Editora, 2002. 446 p.
- ENSER, M.; HALLETT, K. G.; FURSEY, A. J.; WOOD, J. D.; HARRINGTON, G. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 329-341, 1998.
- FAO. El Estado Mundial de la pesca y la acuicultura 2008 (in Spanish). Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2009. 198 p.
- FLAGELLA, Z.; ROTUNOO, T.; TARANTINO, E.; DI CATERINA, R.; DE CARO, A. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, v. 17, n. 3, p. 221-230, oct. 2002.
- GOMES, L. C.; CHIPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, New Orleans, v. 32, n. 4, p. 426-431, 2001.
- HMSO. Report on Health and Social Subjects. Department of Health. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. England, London, v. 46, p. 37-46, 1994.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Animal and vegetable fats and oils preparation of methyl esters of fatty acids. Geneva: ISO. Method ISO 5509, 1978. p. 1-6.
- JOSEPH, J. D.; ACKMAN, R. G. Capillary column gas-chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl-esters - collaborative study. *Journal of AOAC International*, v. 75, n. 5, p. 488-506, 1992.
- JUSTI, K. C.; HAYASHI, J. V.; VISENTAINER, N. E.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, London, v. 80, n. 4, p. 489-493, 2003.
- KAUSHIK, S. J. Importance des lipides dans l'alimentation des poissons. *Aquatic Revue*, n. 29, p. 9-16, 1990.
- KUBITZA, F. Nutrição e alimentação de tilápias - parte 1. *Panorama da Aquicultura*, v. 9, n. 52, mar./abr. 1999.
- LOVSHIN, L. L. Tilapia aquaculture in Brazil. In: COSTA-PIERCE, B. A.; RAKOCY, J. E. (Ed.). *Tilapia aquaculture in the Americas 2*. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2000. p. 133-140.
- LUO, Z.; TAN, X. Y.; LIU, C. X.; LI, X. D.; LIU, X. J.; XI, W. Q. Effect of dietary conjugated linoleic acid levels on growth performance, muscle fatty acid profile, hepatic intermediary metabolism and antioxidant responses in genetically improved farmed Tilapia strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*, v. 43, n. 9, p. 1392-1403, 2012.
- MAIA, E. L. *Otimização de metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce*. 1992. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G.; MEDEL, P. Utilization de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN, 12., 1996, Madrid *Cursos...* Madrid: FEDNA, 1996. p. 3-21.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003. Suplemento 2.
- NG, W.-K.; TEE, M.-C.; BOEY, P.-L. Evaluation of crude palm oil and refined palm olein as dietary lipids in pelleted feeds for a tropical bagrid catfish *Mystus nemurus*

- (Cuvier & Valenciennes). *Aquaculture Research*, v. 31, n. 4, p. 337-347, apr. 2000.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of fishes*. Washington: National Academy Press, 1993.
- RIBEIRO, P. A. P.; LOGATO, P. V. R.; PAULA, D. A. J.; COSTA, A. C.; MURGAS, L. D. S.; FREITAS, R. T. F. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nilo. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 37, n. 8, p. 1331-1337, 2008.
- SAS Institute Inc. *SAS user's guide statistics*. 9. ed. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 9.1.3. 2004.
- SZABÓ, A.; MÉZES, M.; HANCZ, C.; MOLNÁR, T.; VARGA D.; ROMVÁRI, R.; FÉBEL, H. Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). *Aquaculture Nutrition*, v. 17, n. 2, p. 132-147, 2011.
- VISENTAINER, J. V.; GOMES, S. T. M.; SILVA, A. B. M.; SANTOS-JÚNIOR, O. O.; JUSTI, K. C.; SOUZA, N. E.; HAYASHI, C.; MATSUSHITA, M. Composição físico-química e perfil de ácidos graxos em fígados de tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas ao fornecimento de rações diferenciadas à base de óleos de girassol e linhaça. *Anais da Associação Brasileira de Química*, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 17-21, 2003b.
- VISENTAINER, J. V.; GOMES, S. T. M.; HAYASHI, C.; SANTOS-JÚNIOR, O. O.; SILVA, A. B. M.; JUSTI, K. C.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, n. 3, p. 478-484, set./dez. 2003a.
- VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. *Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação*. São Paulo Ed. Varela, 2006.
- WILSON, R. P. State of art of warmwater fish nutrition. In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1., 1998, Recife. *Anais...* Recife: SIMBRAQ, 1998, p. 375-380.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO/FAO. Joint consultation: fats and oils in human nutrition. *Nutrition Reviews*, New York, v. 53, n. 7, p. 202-205, 1995.