

DESEMPENHO DE ALEVINOS DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*), ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES DE LIPÍDIOS

PERFORMANCE OF FINGERLINGS OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*), FEED DIFFERENT LIPID SOURCES.

Rodrigo Javier Vargas^{1*}, Sílvia Maria Guimarães de Souza², Francielle Carlet Tognon³, Maria Emílie Correa Gomes⁴, Alexandre de Mello Kessler⁵

RESUMO

A nutrição constitui um dos principais custos operacionais na produção de peixes. Com isto a substituição de matérias primas caras de origem animal, por outras mais baratas de origem vegetal vem sendo procurada na aquicultura. O presente estudo objetivou avaliar o crescimento de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes fontes lipídicas. Alevinos machos de tilápia do Nilo ($n=150$, $pi=8,3\pm 1,5g$) foram alimentados durante 40 dias com cinco dietas. As dietas eram isoprotéicas (37%) e isocalóricas (4500Kcal/Kg) com três fontes diferentes de lipídios: óleo de linhaça, óleo de milho e óleo de peixe em diferentes proporções. O desempenho foi avaliado levando em consideração: consumo alimentar diário, ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar e taxa de eficiência protéica. Nas presentes condições experimentais, as fontes de lipídios utilizadas não ocasionaram diferenças nos desempenhos de alevinos de tilápia do Nilo. Por tanto, dependendo da disponibilidade de matéria prima em cada região, poderia ser utilizado o ingrediente de menor preço.

Palavras-chaves: óleo de milho, óleo de linhaça, óleo de peixe, ácidos graxos.

ABSTRACT

The food in aquaculture represents the major cost of production. The substitution of expensive feedstuffs (animal origin) for others more cheaply of vegetable origin is an alternative for this situation. The objective of this study was to evaluate the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed different sources of lipids. Fingerlings male of Nile Tilapia ($n=150$) were fed for 40 days with five treatments. The diets were isoproteic (37%) and isocaloric (4500Kcal/Kg) with three different lipid sources: linseed oil, corn oil and fish oil in different proportions. The performance was evaluated with the following index: weight gain, specific growth rate, feed conversion rate and protein efficient rate. In the present experimental conditions the sources of lipids used did not cause different performance in the fingerlings of Nile tilapia. Then depending of the raw availability in the region it is possible to utilize the different oils here evaluated without affecting the performance of Nile tilapia fingerlings.

Key words: corn oil, linseed oil, fish oil, fatty acids.

INTRODUÇÃO

No contexto mundial, a aquicultura vem crescendo constantemente e, o Brasil apresenta aumento significativo na produção (FAO, 2000). Dentro deste contexto, a região sul:

Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná têm uma importante participação na produção nacional (IBAMA, 2002). Entre as espécies de interesse comercial, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), destaca-se por apresentar rápido crescimento, fácil manejo e ampla aceitação no mercado. Esta espécie é cultivada com muito sucesso naquela região, representando atualmente 70% da produção nacional (DA SILVA, 2004).

Em cultivos intensivos, a alimentação constitui a maior parte dos custos operacionais da produção (DE SILVA & ANDERSON, 1995); e segundo WINCKLER et al. (1994), a ração foi o principal item no custo operacional do cultivo da tilápia do Nilo em gaiola no Rio Grande do Sul, sendo equivalente a mais de 57% do total. Segundo WILSON & LOVELL (1991) um dos limitantes na transição da aquicultura familiar a uma atividade mais formal é a carência de dietas adequadas às espécies cultivadas. Este fato gera índices de crescimentos pobres e, conseqüentemente, uma baixa produtividade. Com isto, estudos na área de nutrição dentro das espécies cultivadas, bem como aqueles que visam minimizar o custo de produção, são particularmente importantes no desenvolvimento da atividade na região.

A farinha e o óleo de peixe são ingredientes que, historicamente, vem sendo utilizados como fonte de proteína e lipídios em rações para peixes. Com a estagnação dos recursos pesqueiros, existe tendência de aumento do seu preço, tornando interessante pesquisar fontes alternativas para esses ingredientes (BELL et al., 2001). A substituição de matérias primas de origem animal, com alto custo, por outras de origem vegetal, com custo inferior tem sido buscada em várias atividades zootécnicas (WEBSTER et al., 1997). Na aquicultura, as principais fontes vegetais utilizadas como substituto da farinha e do óleo de peixe são: óleo de milho (MARTINO et al., 2002), óleo de canola (BIBIANO MELO et al., 2002), óleo de soja (REIS et al., 1989) e óleo de girassol (HOFFMAN & PRINSLOO, 1995). Este estudo teve por objetivo, avaliar o crescimento de alevinos de tilápia do Nilo quando o óleo de peixe foi substituído por óleos vegetais na dieta: linhaça e milho. O primeiro óleo é rico em ácidos graxos da série n3 e, o segundo na série n6 (NRC, 1993). Estudos recentemente desenvolvidos com esta espécie têm mostrado resultados contraditórios (JUSTI et al., 2003; ZHENG et al., 2004).

^{1*} Biólogo, Bolsista CNPQ. Mestrando em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

E-mail: rodvar@fcien.edu.br. Endereço: Av. Bento Gonçalves 7712- Bairro Agronomia - Porto Alegre (RS)- CEP: 91540-000. Tel: 3316 6853 fax: 3316 6048.

² Médica Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

³ Engenheira de Pesca, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

⁴ Estudante de Graduação em Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Nutrição, Universidade do Rio Grande do Sul (UFRGS).

MATERIAL E MÉTODOS

Dietas

Cinco dietas isoprotéicas (37%) e isoenergéticas (4500kcal/kg de ração) foram oferecidas a alevinos de tilápia do Nilo durante 40 dias. Estas dietas tiveram por finalidade substituir com diferentes percentuais de óleos vegetais (linhaça e milho) a fonte de gordura animal (óleo de peixe). Assim os tratamentos propostos foram: (OM)= ração basal + 5% de óleo de milho; (OP)= ração basal + 5% de óleo de peixe, (OL)= ração basal + 5% de óleo de linhaça, (1/3OL)= ração basal + 1,665% de óleo linhaça + 3,335% óleo de peixe, (2/3OL)= ração basal + 3,335% de óleo linhaça + 1,665% de óleo de peixe. As dietas foram mantidas a 4°C (Tabela 1).

Para a determinação da composição proximal das dietas foram seguidas as normas da A.O.A.C. (1990). A energia bruta foi obtida mediante uma bomba calorimétrica. A energia digestível (ED) e a relação proteína digestível:ED foi baseada no estudo de JOBLING (1983). A determinação dos lipídios totais foi realizada pelo método de FOLCH et al. (1957) e os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram obtidos por transmetilação com ácido sulfúrico (HARTMAN & LAGO, 1973). A separação destes ésteres foi realizada por cromatografia gasosa num cromatógrafo VARIAN modelo 3900, sendo as condições do equipamento as seguintes: temperatura inicial 120°C constante durante 5 minutos, elevando-se para 235°C (3°C min⁻¹) permanecendo nesta por 20 minutos O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste

numa vazão de 1mLmin⁻¹. Para a identificação dos ácidos graxos, utilizou-se o padrão SupelcoTM 37 Component FAME Mix (Sigma-Aldrich Co.).

Desenho experimental

Exemplares machos de *O. niloticus* (n=150; p_i= 8,3±1,5g), depois de passar por um período de adaptação de uma semana, foram colocados em 20 gaiolas de 100L (45cmx45cmx52cm) construídas com tela plástica de 1,5mm de malha. A densidade de estocagem foi de 10 peixes por gaiola (0,83gL⁻¹), o que constituiu a unidade experimental. Quatro unidades experimentais por tratamento foram arranjadas num delineamento de blocos incompletos e desbalanceados, sendo cada caixa de 1000L um bloco. As caixas foram equipadas com aquecedores de 300W acoplados a um termostato e um aerador central (Figura 1).

Qualidade de água e regime de alimentação

Os parâmetros de qualidade da água: temperatura, O₂ dissolvido e pH foram monitorados diariamente e, a dureza total foi medida no início do experimento pelo método de titulação com EDTA (BOYD, 1979). Com a finalidade de manter a qualidade da água eram realizadas trocas periódicas de água e sifonagem diária do fundo das caixas. A ração foi oferecida *ad libitum*, três vezes ao dia (0900h, 1300h e 1700h), seis dias por semana durante 40 dias. Houve cuidado para que não ficasse ração no fundo da gaiola visando uma medida mais precisa do consumo.

Tabela 1 - Formulação e composição proximal das cinco dietas utilizadas na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) durante 40 dias.

Formulação (g/kg de ração)	(OM)	(OP)	(OL)	(1/3OL)	(2/3OL)
Farelo de soja	403,3	403,3	403,3	403,3	403,3
Quirela de arroz	277,8	277,8	277,8	277,8	277,8
Farinha de vísceras de frango	260,0	260,0	260,0	260,0	260,0
Óleo de milho	50	0	0	0	0
Óleo de peixe	0	50	0	33,4	16,7
Óleo de linhaça	0	0	50	16,7	33,4
Premix mineral e vitamínico ^A	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Composição proximal (%)					
Umidade	6,80	7,68	5,92	6,3	6,92
Matéria Orgânica	86,95	86,13	87,75	87,36	86,85
Proteína Bruta	37,37	37,01	37,57	37,41	37,46
Fibra Bruta	3,01	2,98	2,99	2,87	3,02
Extrato Etéreo	9,60	9,66	9,79	9,78	9,48
Cinzas	6,24	6,19	6,33	6,34	6,23
Energia Bruta (kcal.kg ⁻¹)	4516	4492	4588	4563	4492
Energia Digestível (kcal.kg ⁻¹) ^B	3385	3408	3466	3455	3426
Prot. Dig./E.D. (mgDP.kcal ⁻¹)	99,57	97,89	97,89	97,89	98,73
Ác. Graxo (% área relativa) ^C					
C18:3 n-3 (ALN)	2,28±0,06	2,38±0,01	18,16±0,13	7,99	14,18±0,02
C18:2 n-6 (AL)	39,06±0,35	25,40±0,02	28,65±0,16	26,87	27,66±0,21
Somatório da serie n-3	2,29±0,06	6,37±0,07	18,20±0,24	10,40	15,50±0,02
Somatório da serie n-6	39,90±0,41	27,20±0,03	29,70±0,04	28,50	29,00±0,07

^A Composição do premix mineral e vitamínico/Kg de ração: S= 3mg; Cu= 6mg; Fe= 48mg; I= 0,1mg; Mn= 15mg; Se= 0,1mg; Zn= 100mg; Vit. A= 8.000UI; Vit. D3= 2.560UI; Vit. E= 64.000UI; Vit. K3= 6mg; Vit. B1= 36mg; Vit. B2= 8mg; Vit. B6= 6mg; Vit. B12= 56mg; Ac. Pant.= 44mg; Niacina= 80mg; Ac. Fólico= 1mg e Biotina= 40mg.

^B E.D. (kcal.g⁻¹)= (5,6kcal.g⁻¹x%protx0,9)+(9,5kcal.g⁻¹x%lipx0,85)+(4,1kcal.g⁻¹x%carbxx0,5) (JOBLING, 1983).

^C O tratamento 1/3 OL tem uma só repetição para a análise dos ácidos graxos.

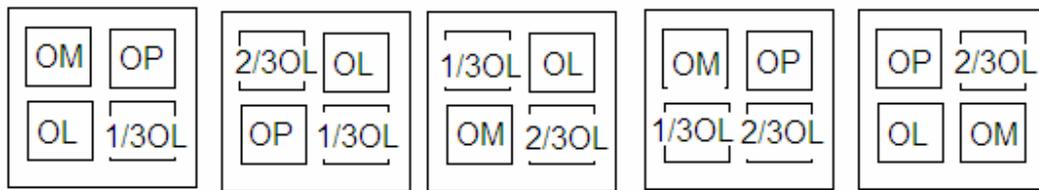


Figura 1 - Disposição das unidades experimentais (gaiolas de 100L) dentro dos cinco blocos constituídos pelas caixas de 1000L. Cada caixa contou com aquecedor e aerador central.

Índices de desempenho

A duração total do período experimental foi de 40 dias, sendo realizadas duas biometrias uma ao início e outra no final. A mortalidade de cada gaiola foi registrada e o peso do indivíduo morto mensurado. O desempenho dos alevinos de tilápia submetidos aos diferentes tratamentos foi avaliado segundo os índices propostos por SALHI et al. (2004): taxa de sobrevivência (TS), ganho de peso (G), consumo alimentar diário (CAD), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de conversão alimentar (TCA) e taxa de eficiência protéica (TEP). O ganho de peso foi corrigido somando os pesos dos indivíduos mortos corrigidos. Alguns indivíduos foram encontrados sem a cavidade abdominal, provavelmente ingerida por seus co-específicos na gaiola. O peso dos indivíduos nesta condição foi corrigido mediante análise de regressão. Com esta finalidade, 30 exemplares de *O. niloticus* de tamanho similar aos indivíduos mortos foram imediatamente pesados, sacrificados e a seguir removida sua cavidade abdominal, para serem novamente pesados. A regressão peso total vs. peso sem cavidade abdominal foi estimada: $P_{inteira} = 0,0228 + 1,1906 P_{sem\ cav.\ abd.}$ ($R^2 = 0,9864$) foi utilizada para corrigir os pesos dos indivíduos mutilados.

Análise estatística

As diferenças na porcentagem de sobrevivência de cada

tratamento foram verificadas mediante comparação pelo teste do X^2 . As médias dos tratamentos para parâmetros de qualidade de água e índices de desempenho foram comparadas por uma análise da variância com um nível de significância de 0,05%, seguidas pelo teste de Tukey (SAS, 1997).

RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade de água não apresentaram diferenças significativas entre os blocos, sendo as médias observadas: $25,60 \pm 0,36^\circ\text{C}$; $8,53 \pm 0,49\text{mgL}^{-1}$ e $7,0 \pm 0,03$ para temperatura, oxigênio dissolvido e pH respectivamente. A dureza total foi $64\text{mg de CaCO}_3\text{L}^{-1}$ no início do experimento.

O peso médio dos exemplares e biomassa de cada gaiola não apresentou diferenças significativas entre tratamentos ao final do período experimental. Os valores registrados para o peso individual foram: $8,3 \pm 1,5\text{g}$ e $30,18 \pm 1,30\text{g}$ na biometria inicial e final respectivamente. Da mesma forma os índices de desempenho também não apresentaram diferenças entre tratamentos. Os valores médios obtidos foram: TS = $86\% \pm 8,6$ ($X^2 = 1,37$, d.f. = 8, $p = 0,995$), G = $198,14 \pm 42,67\text{g}$ ($p = 0,9171$), CAD = $5,72 \pm 0,94\text{g}$ ($p = 0,9942$), TCE = $2,8\% \pm 0,57$ ($p = 0,7545$), TCA = $1,19 \pm 0,12$ ($p = 0,7097$) e TEP = $2,29 \pm 0,22$ ($p = 0,7683$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Peso inicial ($P_{inicial}$) e final (P_{final}), ganho de peso (G), taxa de sobrevivência (TS), consumo alimentar diário (CAD), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de conversão alimentar (TCA) e taxa de eficiência protéica (TEP), registrados para alevinos de *O. niloticus* alimentados durante 40 dias com dietas que continham diferentes fontes de lipídios: óleo de milho (OM), óleo de peixe (OP) e óleo de linhaça (OL).^A

	(OM)	(OP)	(OL)	(1/3OL)	(2/3OL)
$P_{inicial}$ (g)	$8,27 \pm 0,188$	$8,24 \pm 0,097$	$8,25 \pm 0,115$	$8,19 \pm 0,090$	$8,32 \pm 0,155$
P_{final} (g)	$30,25 \pm 2,367$	$31,30 \pm 2,474$	$30,24 \pm 4,590$	$28,01 \pm 2,309$	$31,10 \pm 3,272$
G(g/gaiola)	$192,3 \pm 34,74$	$203,2 \pm 47,96$	$213,2 \pm 61,41$	$200,0 \pm 20,04$	$182,0 \pm 37,75$
TS (%)	$83,3 \pm 5,77$	$73,3 \pm 25,16$	$90,0 \pm 10,00$	$96,7 \pm 5,77$	$86,7 \pm 5,77$
CAD (g)	$5,7 \pm 0,50$	$5,9 \pm 1,52$	$5,9 \pm 1,13$	$5,8 \pm 0,49$	$5,6 \pm 0,62$
TCE (%)	$2,8 \pm 0,31$	$2,5 \pm 0,97$	$3,0 \pm 0,18$	$3,0 \pm 0,11$	$2,8 \pm 0,41$
TCA	$1,2 \pm 0,17$	$1,2 \pm 0,02$	$1,1 \pm 0,13$	$1,2 \pm 0,02$	$1,3 \pm 0,17$
TEP	$2,5 \pm 0,31$	$2,3 \pm 0,05$	$2,4 \pm 0,26$	$2,3 \pm 0,05$	$2,1 \pm 0,3$

^A Média \pm desvio padrão, quatro repetições por tratamento.

DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros de qualidade da água durante todo o período experimental não diferiram entre as unidades; estando os mesmos dentro dos níveis aceitos para espécie (WEDEMEYER, 1996; HWANG, 1996). A relação proteína digestível/energia digestível (DP/DE) ideal na dieta entre peixes de hábitos alimentares diferentes não varia muito (DABROWSKI, 1993). Neste sentido, alevinos de *Oreochromis aureus* com peso inicial de 7,5g apresentaram uma relação

ótima de $108,4\text{mgDP.kcal}^{-1}$ utilizando uma ração com 34% de proteína (WINFREE & STICKNEY, 1981). No presente estudo, a relação utilizada foi $98,7\text{mgDP.kcal}^{-1}$, relativamente próxima ao valor mencionado. Contrariamente, WANG et al. (1985), trabalhando com alevinos de *O. niloticus* de 6g e 30% de proteína na dieta, encontraram uma relação ótima menor de $71,4\text{mgDP.kcal}^{-1}$.

A taxa de sobrevivência média foi de aproximadamente 86%, este índice foi ocasionado provavelmente em função do estabelecimento de uma forte hierarquia de dominância entre

os peixes em algumas gaiolas. Este fato foi constatado pela observação de confrontos agonísticos entre indivíduos, sendo que em certos casos, houve morte de exemplares submissos. Este comportamento territorialista está bem descrito para a espécie estudada (DOMINGUES, 1990). O peso médio individual e biomassa total não variaram entre tratamentos, entretanto observou-se um crescimento heterogêneo entre os indivíduos dentro de cada unidade experimental. Em estudos anteriores foi observado que os indivíduos submissos crescem menos que os dominantes, uma vez que, eles direcionam sua energia para atividades relacionadas ao estabelecimento da hierarquia de dominância, não usando-a para o crescimento (BROWN, 1946; FERNANDES & VOLPATO, 1993).

SHIAU et al. (1990) trabalhando com híbridos de tilápia (*O. niloticus* x *O. aureus*) de peso inicial de 5g, atingiram em nove semanas um ganho de peso relativo de 200 a 255%, uma TCA entre 1,1 a 1,3 e uma TEP entre 3,7 e 4,6. As dietas usadas no estudo eram baseadas em farelo de soja e continham 24% de proteína bruta, valor considerado como sub-ótimo para a espécie. No presente estudo, exemplares de *O. niloticus* de peso inicial 8,3g foram alimentados durante seis semanas, registrando os seguintes valores: 242 a 280% para o ganho de peso relativo, 1,2 para a TCA e 2,1 a 2,5 para a TEP com dietas que apresentavam 37% de proteína. Como pode ser constatado, o ganho de peso relativo foi maior no presente estudo, entretanto as TEPs foram sensivelmente menores isto pode ser atribuído ao alto conteúdo de proteína bruta utilizada, comparado com os valores sub-ótimos utilizados por SHIAU et al. (1990). As TCAs foram similares entre os dois estudos.

Embora a maioria dos peixes marinhos e de água doce apresente exigências de ácidos graxos da série n3 (STICKNEY & HARDY, 1989), a tilápia do Nilo apresenta exigências da série n6, mais precisamente de 0,5 a 1% de ácido linoléico (TAKEUCHI et al., 1983). As quantidades deste ácido graxo nas cinco dietas utilizadas na experiência foram sempre superiores a 1%, não apresentando deficiências (Tabela 1). Por outro lado, a competição entre os ácidos graxos das séries n3 e n6 pelas mesmas enzimas (elongases e desaturases) é um fato já estabelecido para esta espécie (STICKNEY & MCGEACHIN, 1983). Assim, tem-se observado redução no ganho de peso em *Tilapia zilli* e *Oreochromis aureus* alimentadas com dietas que continham em torno de 1% de ácido linoléico (C18:3 n3) (KANAZAWA, 1980; STICKNEY & WURTS, 1986). Isto se deve à dificuldade desses peixes em agregar ligações duplas e alongar o ácido linoléico, em presença de grandes quantidades de linoléico, não conseguindo suprir assim as exigências de ácidos graxos de cadeia longa da série n-6 (STICKNEY & HARDY, 1989). No presente estudo, as dietas OL e 2/3OL apresentaram 1,6% e 1,2% de C18:3 n3 respectivamente. Com estes valores de linoléico, caberia esperar certa redução no crescimento, o qual não foi evidenciado. Uma possível explicação para este fato, seria o de que o período de seis semanas, não foi suficiente para detectar o efeito. STICKNEY & HARDY (1989) propõe que este tipo de experiência deve durar ao menos alguns meses.

A tendência de aumento no preço de subprodutos da pesca: farinha e óleo de peixe é um fato inconstatável (MOURENTE et al., 2005) por tanto a procura de fontes alternativas como óleos de origem vegetal não pode esperar, já que ela reduzirá diretamente os custos da ração e concomitantemente de produção. No presente estudo, óleos de origem animal e vegetal não ocasionam desempenhos distintos nos alevinos. Com isto, dependendo da disponibilidade e custo da matéria prima em cada região

poderia ser utilizado o ingrediente mais conveniente. Se bem estudos de maior alcance devem ser feitos, a flexibilidade na utilização de diversas fontes lipídicas pode representar uma vantagem da espécie. Somado a isto a região sul do Brasil historicamente é um dos principais produtores de óleo de linhaça do país, podendo apresentar custos interessantes e representar uma alternativa econômica viável para o produtor. Por outro lado, novos estudos que levem em consideração não somente o desempenho e sim a qualidade do filé gerado por estas dietas devem ser desenvolvidos a futuro.

CONCLUSAO

Nas condições experimentais do presente estudo, a inclusão de diferentes óleos vegetais em até 5% na ração não afeta o desempenho de alevinos de tilapia do Nilo cultivados durante 40 dias

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível graças ao financiamento do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq). Devemos agradecer ao Dr. Eduardo Vicente, Dra. Sueli Baggio como a toda a equipe do Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (ITAL) pelo considerável apoio na obtenção das cromatografias. E ao trabalho incondicional de colegas de laboratório como: Juliana Pardo Chagas, Caetano Vaz dos Santos, Lucia Schiffino, Débora Dornelles Ribeiro, Mônica Antunes Gonzalez, Luciano Trevisan, Emilio Cura, Rodrigo G. Mabilia, José Américo Aiub, Leonardo Bolognesi e Cristiano da Rosa Pereira.

REFERENCIAS

- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 17th Edn, Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, 1990. 1141p.
- BELL, J.G.; MCEVOY, J.; TOCHER, D.R. et al. Replacement of fish oil with rapessed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, p. 1535-1543, 2001.
- BIBIANO MELO, J.F.; RADUNZ NETO, J.; SOUZA DA SILVA, J.H. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 323-327, 2002.
- BOYD, C.E. **Water Quality in warmwater fish ponds**. Auburn University. Alabama, 1979. 359p.
- BROWN, M.E. The growth of brown trout (*Salmo trutta* Linn.) I. Factors influencing the growth of trout fry. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v.22, p.118-129, 1946.
- DABROWSKI, K. Ecophysiological adaptations exist in nutrient requirements of fish: true or false. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Vancouver, v.104A, n.3, p.579-584, 1993.
- DA SILVA, C.A.H. **Utilização de dietas microencapsuladas para reversão sexual de larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaboticabal, SP, 2004. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura), Universidade Estadual Paulista.
- DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish Nutrition in Aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.
- DOMINGUES, C.M.P. **Efeito do tipo de confronto no metabolismo de alevinos de tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (L.)**. Botucatu, SP, 1990. Tese de Bacherelado. Universidade Estadual Paulista.

- F.A.O. 2000. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistic Unit. FISHSTAT Plus: Universal Software for fishery statistical time series. Version 2.30.
- FERNANDES, M.O.; VOLPATO, G.L. Heterogeneous growth in the Nile Tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. **Physiology & Behavior**, v.54, p. 319-323, 1993.
- FOLCH, J.; LESS, S.; STANLEY-SLOANE, G.H. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biology Chemistry**, Bethesda, v.226, p.497-509, 1957.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, n.8, p.475-476, 1973.
- HOFFMAN, L.C.; PRINSLOO, J.F. The influence of different dietary lipids on the growth and body composition of the african sharp-tooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). **South African Journal of Science**, Pretoria, v.91, p.315-321, 1995.
- HWANG, P.P. Effects of environmental calcium level on calcium uptake in tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*). **Fish Physiology & Biochemistry**, Amsterdam, v.15, n.5, p.363-370, 1996.
- I.B.A.M.A. **Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Estatística da pesca. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 2002.
- JOBLING, M. A short review and critic of methodology used in fish growth and nutrition studies. **Journal of Fish Biology**, Leicester, v.23, p.685-703, 1983.
- JUSTI, K.C. HAYASHI, C.; VISENTAINER, J.V. The 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**, Reading, v.80, p. 489-493, 2003.
- KANAZAWA, A.; TESHIMA, S.; SAKAMOTO, M. Requirements of *Tilapia zilli* for essential fatty acids. **Bulletin Japanese Society Scientific Fisheries**, Tokyo, v.46, p.1353-1356, 1980.
- MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 209, p.233-246, 2002.
- MOURENTE, G.; GOOD, J.E.; BELL, J.G. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and F2a, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Aquaculture Nutrition**, n.11, p.25-40. 2005.
- N.R.C. National Research Council (U.S.). **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes**. Revised Edition. Washington D.C.: National Academic Press, 1993. 114p.
- REIS, L.M.; REUTEBUCH, E.M.; LOVELL, R.T. Protein-to-Energy Ratios in Productions Diets and Growth, Feed Conversion and Body Composition of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.77, p.21-27, 1989.
- SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G.; et al. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.231, p.435-444, 2004.
- SAS. **Statistical Analysis System. User's Guide**, Version 6.0, SAS Institute Inc., North Caroline, 1997, 846p.
- SHIAU S-H; LIN, S.F.; YU, S.L. et al. Defatted and full-fat soybean meal as partial replacements for fishmeal in Tilapia diets at low protein level. **Aquaculture**, Amsterdam, v.86, p.401-407. 1990.
- STICKNEY, R.R.; HARDY, R.W. Lipid requirements of some warmwater species. **Aquaculture**, Amsterdam, v.79, p.145-156, 1989.
- STICKNEY, R.R.; McGEACHIN, R.B. Effects of dietary lipid quality on growth and food conversion of tilapia. **Proceedings Annual Conference Southeast**, v.37, p.352-357, 1983.
- STICKNEY, R.R.; WURTS, W.A. Growth response of blue tilapias to selected levels of dietary menhaden and catfish oil. **Progressive Fish-culture**, Bethesda, v.42, n.2, p.107-109, 1986.
- TAKEUCHI, T.; SATOH, S.; WATANABE, T. Requirements of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. **Bulletin Japanese Society Scientific Fisheries**, Tokyo, v.49, p.1127-1134, 1983.
- WANG, K.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Optimum protein and digestible energy levels in diets for *Tilapia nilotica*. **Bulletin Japanese Society Scientific Fisheries**, Tokyo, v.51, n.1, p.141-146, 1985.
- WEBSTER, C.D.; TIU, L.G.; TIDWELL, J.H. et. al. Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola meal. **Aquaculture**, Amsterdam, v.150, p.103-112, 1997.
- WEDEMEYER, G.A. **Physiology of fish in intensive culture systems**. New York: Chapman & Hall, 1996. 232p.
- WINFREE, R.A.; STICKNEY, R.R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.111, p.1001-1012, 1981.
- WILSON, R.P.; LOVELL, R.T. Importance of Nutrition Research on the Development of the US Catfish Industry. In: FISH NUTRITION IN PRACTICE, 1991, **Abstract ... Biarritz**, 1991, p.972.
- WINCKLER, L.T.; LEBOUTE, E.M.; SOSINSKI, E.E.; et al. Avaliação dos principais custos operacionais de um cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em gaiolas flutuantes na região da campanha do estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8., 1994, Recife. **Anais...** Recife, 1994. p.30-141.
- ZHENG, X.; TOCHER, D.R.; DICKSON, C.A.; et. al. Effects of diets containing vegetable oil on expression of genes involved in highly unsaturated fatty acid biosynthesis in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.236, p.467-483, 2004.