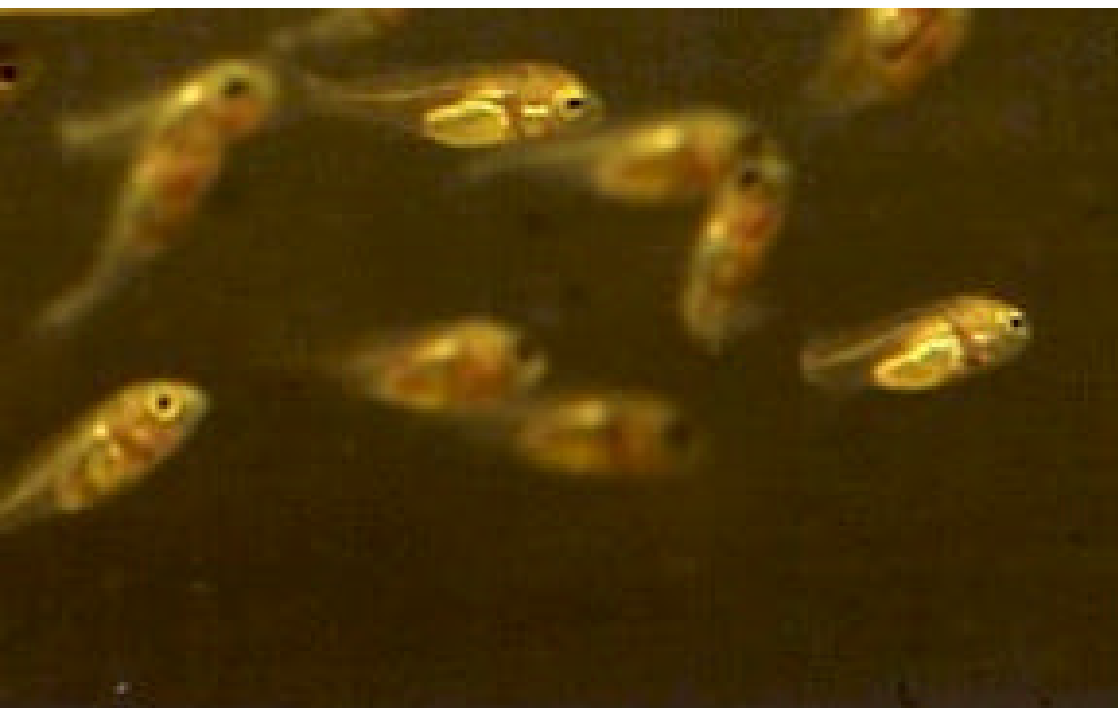


Uso da
Farinha de Minhoca
como Alimento para
Pós-larvas de Tilápia



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzzio
Presidente

Clayton Campanhola
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Luis Fernando Rigato Vasconcellos
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola
Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca
Herbert Cavalcante de Lima
Mariza Marilena T. Luz Barbosa
Diretores-Executivos

Embrapa Pantanal

Emiko Kawakami de Resende
Chefe-Geral
José Anibal Comastri Filho
Chefe-Adjunto de Administração
Aiesca Oliveira Pellegrin
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Adjunto da Área de Comunicação e Negócios



ISSN 1517-1981
Dezembro, 2003

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 45

Uso da Farinha de Minhoca como Alimento para Pós-larvas de Tilápia

Marco Aurélio Rotta
Luís Orlando Bertolla Afonso
Antônio Mário Penz Júnior
Gustavo Javier Wassermann

Corumbá, MS
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, nº1880, Caixa Postal 109

Corumbá, MS, CEP 79.320-900

Fone: (67) 233-2430

Fax: (67) 233-1011

Home page: www.cpap.embrapa.br

Email: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade:

Presidente: *Aiesca Oliveira Pellegrin*

Secretário-Executivo: *Marco Aurélio Rotta*

Membros: *Balbina Maria Araújo Soriano*

Evaldo Luis Cardoso

José Robson Bezerra Sereno

Secretária: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Supervisor editorial: *Marco Aurélio Rotta*

Revisora de texto: *Mirane dos Santos da Costa*

Normalização bibliográfica: *Romero de Amorim*

Tratamento de ilustrações: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Foto(s) da capa: State of the Rivers Report (<http://www.csir.co.za/rhp>)

Editoração eletrônica: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Elcio Lopes Sarath

1ª edição

1ª impressão (2003): formato eletrônico

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Uso da farinha de minhoca como alimento para pós-larvas de tilápia /
Marco Aurélio Rotta ... [et al.]. – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.

35 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal
ISSN 1517-1981; 45).

1.Tilápia - Peixe - Nutrição - Farinha de minhoca. 2.Alimentação - Tilápia -
Peixe - Farinha de minhoca - Análise de custo. 3.Nutrição - Tilápia - Peixe -
Fonte protéica. I. Rotta, Marco Aurélio. II. Afonso, Luis Orlando Bertolla. III.
Penz Júnior, Antônio Mário. IV. Wassermann, Gustavo Javier. V. Série.

CDD: 639.8

©Embrapa 2003

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução	7
Exigências Nutricionais e Ambientais.....	8
Exigências de proteína e energia pelas pós-larvas de tilápia	8
Uso da farinha de minhoca como ingrediente na ração para peixes.....	9
Exigência da tilápia por ácido ascórbico	11
Qualidade da água para piscicultura	12
Material e Métodos.....	13
Instalações e animais experimentais.....	13
Delineamento experimental e análise estatística.....	14
Formulação das rações e manejo alimentar	15
Manejo sanitário	16
Análise do desempenho dos peixes	16
Monitoramento da qualidade da água.....	16

Resultados e Discussão	20
Qualidade da água	20
Ração	20
Desempenho	21
Análise de custos.....	27
Considerações Finais	28
Conclusões	28
Agradecimentos	29
Referências Bibliográficas.....	30

Uso da Farinha de Minhoca como Alimento para Pós-larvas de Tilápia

Marco Aurélio Rotta¹

Luís Orlando Bertolla Afonso²

Antônio Mário Penz Júnior³

Gustavo Javier Wassermann⁴

Resumo

Foi avaliada a influência da substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca (*Eisenia foetida*) no crescimento de pós-larvas de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). A farinha de peixe, que correspondeu a 50% da proteína da dieta, foi substituída pela farinha de minhoca nos seguintes níveis: 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%. Os peixes foram alimentados à vontade, quatro vezes ao dia, sendo pesados e medidos aos 21 e 41 dias de experimentação. O delineamento experimental foi o completamente casualizado, com quatro repetições por tratamento e 20 peixes por unidade experimental. Os dados coletados foram analisados pela ANOVA, sendo as médias posteriormente classificadas pelo teste de Tukey (5%). Após 21 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, aos 41 dias houve diferença significativa entre os tratamentos e os animais com o nível de substituição de 20% apresentaram os maiores pesos e taxas de crescimento específico, e os animais com o nível de substituição de 100% os menores. Durante o período experimental não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à sobrevivência dos animais. Os resultados mostram que baixos níveis de substituição da farinha de peixe (20%) melhoram o crescimento dos animais e que a substituição total da farinha de peixe pela farinha de minhoca é prejudicial ao desenvolvimento dos peixes, mas não afeta a sua sobrevivência.

Termos para indexação: Alimentação, análise de custo, desempenho animal, farinha de peixe, fonte protéica, nutrição de peixes

¹ Eng^o. Agrônomo, M.Sc., Embrapa Pantanal, Rua 21 de Novembro, 1880, Cx.P. 109, CEP 79.320-900, Corumbá/MS, rotta@cpap.embrapa.br, www.mrotta.cjb.net.

² Zootecnista, Ph.D., Institute for Marine Biosciences, 1411 Oxford St., Halifax, NS, Canada, B3H 3Z1, luis.afonso@nrc.ca.

³ Eng^o. Agrônomo, Ph.D., Faculdade de Agronomia da UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91.540-000, Porto Alegre/RS, ampenz@conex.com.br.

⁴ Eng^o. Agrônomo, M.Sc., Nutron Alimentos Ltda., Rua Paulo Fabiano Salles, 60, CEP 13.068-025, Campinas/SP, gwassermann@nutron.com.br.

Use of Earthworm Meal as Food for Tilapia Postlarva

Abstract

It was evaluated the influence of replacing fish meal for earthworm meal on growth of Nile tilapia postlarva. Fish meal, which fulfilled 50% of the dietary protein, was replaced by earthworm meal (*Eisenia foetida*) on the following levels of treatment: 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. Fish were fed *ad libitum*, 4 times daily and weighted and measured individually at 21 and 41 days. The experimental design was the completely randomized, with 4 replicates per treatment and 20 fish per experimental unit. The collected data were going analyzed by ANOVA, being the averages afterwards classified by Tukey test (5%). After 21 days there was no significant difference among the treatments regarding all the parameters measured. On the other hand, at 41 days there was a significant difference ($P < 0.05$) among the treatments, and the animals with 20% of replacement presented the highest weight and Specific Growth Rate (SGR) and the animals with 100% of replacement presented the lowest ones. During the experimental period the mortality was similar ($P > 0.05$) among the treatments. The results show that low levels of replacement of fish meal (20%) improve fish growth and total replacement of fish meal by earthworm meal is detrimental for fish development, but not influence the mortality.

Index terms: Feeding, costs analysis, animal performance, fish meal, protein source, fish nutrition

Introdução

Entre os aspectos mais estudados na nutrição de peixes estão a exigência e a qualidade da proteína bruta da dieta. Os estudos têm revelado que a necessidade de proteína bruta na dieta de peixes varia com a fase de desenvolvimento (Siddiqui et al., 1988; Jauncey, 1998) e que a fonte de proteína mais utilizada na formulação das rações é a farinha de peixe (Taboga, 1980; Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Viola et al., 1988; Velasquez et al., 1991; Ibáñez et al., 1993; Stafford & Tacon, 1984; Lee & Bai, 1997; El-Sayed, 1998). A utilização dessa farinha deve-se ao seu perfil de aminoácidos (Lovell, 1989; National Research Council - NRC, 1993; Jauncey, 1998), o qual atende as exigências dos peixes, principalmente no que diz respeito aos aminoácidos essenciais, além de ser uma fonte protéica de alta digestibilidade e palatabilidade (NRC, 1993; Jauncey, 1998).

Nos últimos anos, a farinha de peixe vem sofrendo aumentos constantes de preço. Esses aumentos são parcialmente devidos à diminuição dos estoques mundiais de sardinha nos oceanos, pois essa espécie de peixe é a principal matéria-prima para a fabricação de farinha de peixe e também devido ao aumento do consumo desse ingrediente na alimentação de aves e suínos. Por outro lado, vários estudos demonstram que é possível substituir a farinha de peixe por outras fontes de proteína de origem animal ou vegetal na dieta para peixes (Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Viola et al., 1988; Velasquez et al., 1991; Stafford & Tacon, 1984; Shiau et al., 1990; Olvera-Novoa et al., 1997; El-Sayed, 1998).

Os alimentos alternativos à farinha de peixe devem possuir as seguintes características: manter a qualidade da dieta, atender às exigências nutricionais dos animais, equiparar ou superar o desenvolvimento dos peixes proporcionado pela farinha de peixe e ser economicamente viáveis. Entre as fontes alternativas de proteína de origem animal e vegetal que têm sido testadas para peixes estão a farinha de penas (Bishop et al., 1995), a hemoglobina em pó (Lee & Bai, 1997), a farinha de carne e ossos (El-Sayed, 1998), a farinha de vísceras (El-Sayed, 1998), o farelo de soja (Viola et al., 1988; Shiau et al., 1990; El-Sayed, 1998) e a farinha de semente de feijão-miúdo (Olvera-Novoa et al., 1997).

Uma fonte alternativa de proteína de origem animal que vem sendo empregada na aquariofilia, porém pouco explorada na piscicultura comercial é a farinha de minhoca, a qual apresenta proteína de alta qualidade, com perfil de aminoácidos (Hilton, 1983; Tacon et al., 1983) e de ácidos graxos essenciais adequados à alimentação dos peixes (Hansen & Czochanska, 1975). A utilização da farinha de minhoca na nutrição animal tem sido testada em aves, mamíferos e em algumas espécies de peixes (Taboga, 1980; Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Velasquez et al., 1991; Ibáñez et al., 1993; Stafford & Tacon, 1984), apresentando bons resultados.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca (*Eisenia foetida*) no desenvolvimento e no desempenho de pós-larvas de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em condições de laboratório.

Exigências Nutricionais e Ambientais

Exigências de proteína e energia pelas pós-larvas de tilápia

As necessidades dos peixes em termos de proteína e energia variam, principalmente, com o hábito alimentar e com a fase de desenvolvimento (Lovell, 1989; Goddard, 1996). De modo semelhante ao que ocorre com outras espécies animais, a qualidade da proteína da dieta é importante, e os peixes necessitam dos mesmos aminoácidos essenciais que as outras espécies (NRC, 1983; NRC, 1993; Lovell, 1989; Tacon, 1995; Goddard, 1996).

A resposta dos peixes a dietas com diferentes níveis de proteína e energia é normalmente avaliada por parâmetros de crescimento e de desenvolvimento. Os estudos nessa área ainda não chegaram a ponto de considerar os aspectos genéticos, os quais têm demonstrado ser importante para aves e suínos. Outro aspecto fundamental, e que raramente é considerado nos trabalhos experimentais com peixes, é o que se refere às condições ambientais em termos de qualidade de água.

A análise dos trabalhos que foram realizados para determinar as exigências de proteína bruta (PB) e de energia digestível (ED) na ração para pós-larvas de tilápia nilótica, fase que compreende desde a absorção do saco vitelino até o completo desenvolvimento corporal (1 g), mostra inconsistência entre os resultados obtidos. Para animais entre 12 e 840 mg, os valores para PB e ED variam entre 28% e 45% e 2.500 e 4.000 kcal/kg, respectivamente (Tabela 1). Entretanto, atualmente, os níveis recomendados para pós-larvas de tilápia nilótica e aplicados no âmbito industrial variam entre 40% e 45% de PB e 4.000 e 4.200 kcal ED/kg (El-Sayed & Teshima, 1992; Jauncey, 1998). Já para alevinos com peso entre 1 e 10 g, independentemente da espécie, as exigências variam numa faixa mais estreita, entre 34,0% e 38,5% de PB e 3.200 e 4.000 kcal ED/kg (Tabela 1).

Tabela 1. Exigências protéicas e energéticas da tilápia em diferentes fases de desenvolvimento.

<i>Espécie</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>PB (%)</i>	<i>ED (kcal/kg)</i>	<i>Autores</i>
<i>O. niloticus</i>	12 mg	45	4.000 ¹	El-Sayed & Teshima (1992)
<i>O. niloticus</i>	15-87 mg	28	2.500	Santiago & Lovell (1988)
<i>O. niloticus</i>	510 mg	40-45	4.153-4.108	Al-Hafedh (1999)
<i>O. niloticus</i>	838 mg	40	2.913 ²	Siddiqui et al. (1988)
<i>O. niloticus</i>	1-5 g	34-36	4.170-4.770 ¹	De Silva et al. (1989)
<i>O. niloticus</i>	8 g	38,5	4.014	Kaushik et al. (1995)
<i>O. aureus</i>	2,5	56	4.600	Winfree & Stickney (1981)
<i>O. aureus</i>	7,5	34	3.200	Winfree & Stickney (1981)
<i>Tilápia zillii</i>	1,65 g	35	3.640	Mazid et al. (1979)
<i>Tilapia spp.</i>	pós-larvas	40-45	4.000-4.200	Jauncey (1998)
<i>Tilapia spp.</i>	---	32	3.000	NRC (1993)
<i>Tilapia spp.</i>	alevinos	35-30	---	Jauncey (1998)

¹ Energia Bruta² Energia Metabólica.

Uso da farinha de minhoca como ingrediente na ração para peixes

A vermicultura (criação de oligoquetos ou minhocas) vem crescendo a cada dia, alavancada pela necessidade da reciclagem de nutrientes, diminuindo, assim, o desperdício desses materiais (Hilton, 1983; Stafford & Tacon, 1984; Nandeesh et al., 1988). Esse novo pensamento promoveu, de alguns anos para cá, a possibilidade de utilização de uma grande variedade de produtos originários da vermicultura. Entre esses produtos estão o húmus, utilizado para adubação orgânica, e a farinha de minhoca, que possui alto teor protéico e um perfil balanceado de aminoácidos (Hilton, 1983; Tacon et al., 1983) e de ácidos graxos (Hansen & Czochanska, 1975), características que a tornam uma boa alternativa para a substituição da farinha de peixes em rações comerciais utilizadas na aquicultura. Considerando que as minhocas são excelentes iscas para pesca, acredita-se que elas possam ter propriedades organolépticas ou quimiorreceptoras que atraiam os peixes (Hansen & Czochanska, 1975; Tacon et al., 1983; Bouguenec, 1992). Existem inúmeras espécies de minhocas que

são utilizadas na compostagem, porém entre elas, a *Eisenia foetida* destaca-se por apresentar alta taxa reprodutiva e grande habilidade de se alimentar de uma ampla variedade de resíduos orgânicos (Hansen & Czochanska, 1975, Tacon et al., 1983).

Várias características da farinha de minhoca promovem a sua utilização como matéria-prima na formulação de rações para peixes e outros animais. Dentre as principais, estão o seu elevado conteúdo protéico (Taboga, 1980; Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Stafford & Tacon, 1984; Velasquez et al., 1991; Ibáñez et al., 1993) e a qualidade dos seus ácidos graxos, semelhantes aos dos peixes e dos animais marinhos, pois contêm grande quantidade de ácidos graxos insaturados, tanto o ácido linoléico quanto o linolênico (Hansen & Czochanska, 1975). Hilton (1983) demonstrou que a digestibilidade aparente da farinha de minhoca (*Eudrilus eugeni*) na matéria seca foi de aproximadamente 70%, e a digestibilidade aparente da proteína foi de aproximadamente 95%.

Contudo, existem alguns fatores negativos na farinha de minhoca que podem limitar a sua utilização na alimentação animal. A hemolisina, substância capaz de promover a destruição dos glóbulos vermelhos e a liberação da hemoglobina no sangue, é uma das cinco principais proteínas encontradas no líquido celomático da minhoca *Eisenia foetida* (Roch et al., 1981) e parece ser um fator antinutricional (Nandeesh et al., 1988), que pode ser destruído pelo calor (Roch et al., 1981; Nandeesh et al., 1988). Tem-se sugerido que esse mesmo componente possui uma capacidade antibacteriana, sendo utilizado pelas minhocas na defesa contra patógenos existentes no solo (Roch et al., 1981).

Estudos realizados com mamíferos, aves e peixes não revelaram efeitos prejudiciais à saúde desses animais quando os mesmos foram alimentados com minhocas, tanto vivas quanto na forma de farinha (Ibáñez et al., 1993; Taboga, 1980; Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Nandeesh et al., 1988). Todavia, os estudos realizados até o momento não permitem uma conclusão precisa a respeito dos fatores antinutricionais que parecem estar presentes na farinha de minhoca.

Cardenete et al. (1993) demonstraram, em um experimento com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), que a retirada do líquido celomático aumentou a palatabilidade da farinha de minhoca. Por outro lado, os autores observaram uma diminuição na atividade proteolítica dos peixes que se alimentaram com rações em que 50% da proteína oriunda da farinha de peixe foi substituída pela proteína da farinha de minhoca (*Eisenia foetida*) e sugeriram que algum componente nela presente, possivelmente a hemolisina, estaria inibindo a atividade enzimática no aparelho digestivo.

Quanto à utilização da farinha de minhoca em rações para peixes, os trabalhos existentes mostraram que não há uma concordância nos resultados. A comparação do fornecimento de minhocas congeladas de diferentes espécies

(*Eisenia foetida*, *Allolobophora longa* e *Lumbricus terrestris*), para alevinos de truta arco-íris, mostrou que o crescimento foi significativamente inferior nos animais que receberam *Eisenia foetida* (Tacon et al., 1983). Da mesma forma, o crescimento dos peixes nesse tratamento foi significativamente inferior ao obtido no tratamento-controle, que receberam uma ração comercial para truta. Por outro lado, trutas arco-íris alimentadas com dietas semipurificadas apresentaram melhor crescimento quando os níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca foram de 0% e 50% (Tacon et al., 1983).

Hilton (1983), embora trabalhando com outra espécie de minhoca (*Eudrilus eugeniæ*), obteve resultados semelhantes para truta arco-íris, uma vez que os níveis da substituição de farinha de peixe por farinha de minhoca de 75% e 100% promoveram um desenvolvimento significativamente inferior ao obtido com os níveis de 0% e 50%, os quais não diferiram entre si.

Outros trabalhos indicaram que níveis inferiores a 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca promoveram melhores resultados no crescimento de peixes. Também, em alevinos de truta arco-íris, o crescimento foi mais elevado quando o nível de substituição ficou entre 10 e 25%, ao passo que, quando acima de 50%, as taxas de crescimento diminuíram (Stafford & Tacon, 1984; Velasquez et al., 1991).

Exigência da tilápia por ácido ascórbico

O ácido ascórbico é uma das principais vitaminas para os peixes, pois como não possuem a enzima *L-gulonolactona oxidase*, que é a responsável pela biossíntese do ácido ascórbico, faz-se necessária uma fonte exógena dessa vitamina na dieta (Soliman et al., 1986ab; Shiau & Hsu, 1995; Abdelghany, 1996). Vários trabalhos foram realizados para se comprovar a necessidade de suplementação de ácido ascórbico para a tilápia, como também para testar as suas diferentes fórmulas químicas. Trabalhando com tilápia nilótica (1,18 g), Soliman et al., (1986a) concluíram que o nível de 125 mg de ácido ascórbico/kg de ração foi suficiente para atender às necessidades dos peixes. Nos trabalhos que realizou com a mesma espécie, Abdelghany (1996, 1998) concluiu que o nível de 50 mg de ácido ascórbico/kg de ração preencheu as necessidades dos peixes (560 mg). Com a tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*) foram conduzidos diversos experimentos. Shiau & Jan (1992) constataram que o nível de 79 mg de ácido ascórbico/kg de ração foi o que promoveu o melhor crescimento dos peixes (1,12 g). Resultados com níveis inferiores foram encontrados por Shiau & Hsu (1995), que sugeriram o intervalo de 17 a 23 mg de ácido ascórbico/kg de ração como sendo o ideal em animais com 1,53 g. Em outro trabalho, Shiau & Hsu (1999) demonstraram que os níveis entre 16 e 19 mg/kg preencheram as necessidades dos peixes (1,22 g). Em tilápia mossâmbica (*O. mossambicus*), Soliman et al. (1986b) mostraram que o nível de 125 mg/kg de ácido ascórbico supriu as exigências de crescimento dessa espécie com animais pesando 2,49 g.

Para pós-larvas e alevinos de bagres-de-canal (*Ictalurus punctatus*) e juvenis de truta arco-íris, vários autores reportaram que não houve aumento no crescimento quando estes foram alimentados com rações contendo níveis de ácido ascórbico acima de 125 mg/kg (Murai et al., 1978; Li & Lovell, 1985; Mazik et al., 1987; Li et al., 1998; Matusiewicz et al., 1994; Blom & Dabrowski, 1995).

Qualidade da água para piscicultura

A água apresenta características químicas, físicas e biológicas que influenciam o crescimento, a sobrevivência, a reprodução e o desenvolvimento dos organismos aquáticos.

Os peixes são animais peclotérmicos, ou seja, seu organismo sofre variações de temperatura de acordo com a que se observa no meio ambiente. Por isso, as atividades metabólicas alteram-se com a mudança de temperatura, e a cada aumento de 10°C, dobra-se a taxa metabólica (Boyd, 1990; Neill & Bryan, 1991). A faixa de conforto térmico para as espécies de peixes de clima tropical situa-se entre 24 e 32°C (Meske, 1985; Rana, 1986; Boyd, 1990; Neill & Bryan, 1991).

A concentração de oxigênio dissolvido na água varia com a temperatura e a salinidade da mesma e com a pressão atmosférica, sendo inversamente proporcional à temperatura e à salinidade e diretamente proporcional à pressão atmosférica (Boyd, 1990; Stickney, 1991). O nível adequado de oxigênio dissolvido na água varia com a espécie de peixe, mas, de uma maneira geral, a maioria das espécies desenvolve-se bem quando a concentração é igual ou superior a 5 mg de O₂/L (Boyd, 1990; Neill & Bryan, 1991).

Outra característica química da água que influencia no desenvolvimento dos peixes é o pH. O valor de pH considerado adequado para o crescimento desses animais está entre 6,5 e 9,0 (Boyd, 1990; Randall, 1991). A variação do pH dentro desses limites afeta a toxicidade de alguns compostos dissolvidos na água, principalmente a da amônia (Boyd, 1990).

A amônia (NH₃) é uma das formas em que o nitrogênio encontra-se na água, podendo também estar sob a forma de amônio (NH₄⁺), nitrito (NO₂) e nitrato (NO₃). A amônia encontrada na água é originária da excreção branquial dos próprios peixes, constituindo-se a forma mais tóxica (Boyd, 1990; Russo & Thurston, 1991). Quando a amônia está dissolvida na água, estabelece-se um equilíbrio entre a forma não-ionizada (amônia) e a forma ionizada (amônio). A taxa NH₃:NH₄⁺ é diretamente proporcional ao pH e à temperatura (Boyd, 1990). Concentrações de NH₃ tão baixas quanto 0,05 - 0,20 mg/L podem afetar o crescimento dos animais (Boyd, 1990).

Outro composto que também afeta o crescimento dos peixes é o nitrito. A alta concentração desse composto na água causa a chamada “doença do sangue marrom”, pois o nitrito se combina com a hemoglobina do sangue, formando a

metemoglobina (oxidação do Fe^{2+} normal para Fe^{3+}), a qual não consegue carregar oxigênio em sua molécula, e leva o peixe à asfíxia tóxica (Boyd, 1990; Russo & Thurston, 1991). Concentrações tão baixas quanto 0,5 – 1,0 mg/L podem levar à formação de metemoglobina (Boyd, 1990).

Material e Métodos

Instalações e animais experimentais

O experimento foi conduzido no Setor de Aquicultura do Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO), no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), durante o período de 12 de abril a 23 de maio de 2000. O período experimental foi de 41 dias.

Para a realização do experimento foram utilizadas 24 caixas plásticas como unidades experimentais (UEs), de 120 L de volume útil e 140 L de volume total (40 x 51 x 69 cm de altura, largura e comprimento, respectivamente), equipadas com um filtro biológico, uma pedra porosa e um aquecedor de 100 W com termostato. O fotoperíodo utilizado foi de 12 horas de luz e 12 horas de escuro (Fig. 1 e 2).



Fig. 1. Foto com vista lateral das UEs utilizadas no experimento.

Durante o período experimental foi estabelecida uma rotina igual para todas as UEs, com o objetivo de manter a mesma qualidade da água utilizada. A água foi renovada semanalmente, na ordem de 50% do seu volume, e a limpeza dos resíduos existentes no fundo das UEs foi feita utilizando sifão com mangueira plástica de 15 mm de diâmetro. A cada renovação da água foi adicionada uma

solução de tiosulfato de sódio (1%, DELAWARE, Porto Alegre, RS), para a remoção do cloro livre.

Foram utilizadas 480 pós-larvas de tilápia nilótica, com idade aproximada de 23 dias, provenientes de três desovas simultâneas ocorridas no Laboratório do Setor de Aquacultura do LEZO, cuja eclosão ocorreu no dia 20 de março de 2000.

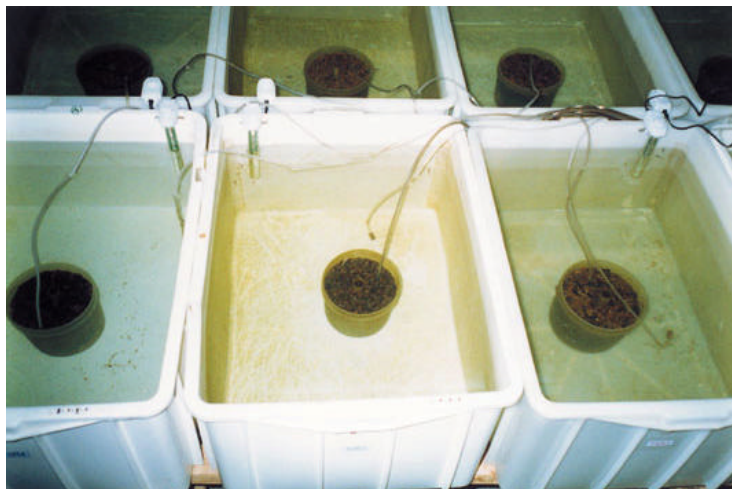


Fig. 2. Foto com vista superior das UEs mostrando os filtros biológicos, as pedras porosas e os aquecedores com termostato.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o completamente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições por tratamento. A UE utilizada foi a caixa plástica e em cada uma delas foram colocadas 20 pós-larvas de tilápia. Os dados coletados foram analisados pela análise da variância e de regressão através de polinômios segmentados (Schenkel, 1989), utilizando o programa estatístico SAS Versão 6.1 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA).

Posteriormente, foi utilizado o teste de Tukey a fim de identificar quais as médias dos tratamentos que diferiram significativamente entre si no nível de 5% (Steel & Torrie, 1960).

As hipóteses testadas no experimento foram:

H₀ - não há diferença significativa entre os diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca, incorporadas na dieta, dentro dos parâmetros observados para a tilápia nilótica;

H_a - há diferença significativa entre pelo menos dois níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca, incorporadas na dieta, dentro dos parâmetros observados para a tilápia nilótica.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} ,$$

onde y_{ij} é a observação da repetição j do tratamento i ; μ é a média geral; τ_i é o efeito do tratamento i (nível de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca) e e_{ij} é o erro experimental (efeito da UE j com o tratamento i), sendo μ e o τ_i fixos e o e_{ij} aleatório.

Para verificar o efeito da substituição da farinha de peixe (FP) pela farinha de minhoca (FM) sobre o desempenho e o desenvolvimento dos animais, formularam-se dietas em que 50% da proteína foi oriunda tanto da farinha de peixe como da farinha de minhoca (Tabela 2), sendo testadas as seguintes proporções:

Tratamento 1 (T1): 100% de farinha de peixe e 0% de farinha de minhoca;
Tratamento 2 (T2): 80% de farinha de peixe e 20% de farinha de minhoca;
Tratamento 3 (T3): 60% de farinha de peixe e 40% de farinha de minhoca;
Tratamento 4 (T4): 40% de farinha de peixe e 60% de farinha de minhoca;
Tratamento 5 (T5): 20% de farinha de peixe e 80% de farinha de minhoca;
Tratamento 6 (T6): 0% de farinha de peixe e 100% de farinha de minhoca.

Formulação das rações e manejo alimentar

As dietas foram formuladas empregando o programa UFFDA (Pesti et al., 1993) e continham 42% de PB e 3.240 kcal/kg de ED, tornando os tratamentos isoprotéicos e isocalóricos. Como ingredientes foram utilizados farinha de minhoca, farinha de peixe, farelo de soja, óleo de soja, *L*-lisina, *DL*-metionina, fosfato bicálcico, ácido fosfórico, premix mineral, premix vitamínico, vitamina C monofosfatada e caulim. A farinha de minhoca foi obtida junto à empresa Brasil Eco-Worms (Lageado, RS) e os demais ingredientes foram obtidos junto à empresa Nutron Alimentos Ltda (Campinas, SP).

As rações experimentais e suas composições calculadas e determinadas encontram-se na Tabela 2. Quando necessário, foram utilizados aminoácidos sintéticos (lisina e metionina) para o balanceamento das rações, visando atender às exigências estabelecidas para larvas de tilápia nilótica (Tabela 3; NRC, 1993; Jauncey, 1998). Com exceção dos nutrientes analisados (PB, cálcio e fósforo), para o cálculo da composição nutricional das dietas foram empregadas as tabelas do NRC (1993) e, para a farinha de minhoca, a composição de aminoácidos foi fornecida pelo fabricante (Tabela 4).

Como não há na literatura o valor de energia digestível da farinha de minhoca, ela foi considerada igual à da farinha de peixe. A vitamina C utilizada foi a monofosfatada (42%, Basf, São Paulo, SP) e o caulim foi utilizado como material inerte. A composição dos ingredientes utilizados para a formulação das dietas experimentais está apresentada na Tabela 3.

Os animais foram alimentados diariamente, quatro vezes ao dia, pela manhã nos horários de 9 e 11 horas e à tarde nos horários de 14 e 17 horas. A alimentação foi fornecida à vontade. Durante o período experimental, as dietas permaneceram estocadas em geladeira, à temperatura de aproximadamente 4°C.

Manejo sanitário

Como medida profilática, os animais foram tratados com banhos do antibiótico amoxicilina (86%, triidratada em pó, DELAWARE, Porto Alegre, RS) antes do experimento (semanalmente) e durante o mesmo (duas vezes por semana), na dose de 5 mg/L de água.

Análise do desempenho dos peixes

A medida de peso dos alevinos foi realizada aos 21 e aos 41 dias (primeira e segunda biometrias, respectivamente), sendo pesados 25% dos animais (cinco alevinos) de cada UE. A pesagem foi realizada com o uso de uma balança analítica (HELMAC HM, precisão de 0,001g). Com os valores de peso foram calculadas as taxas de crescimento específico, cujos resultados são expressos em porcentagem diária de crescimento em peso (%/dia):

$$TCE = \frac{[L_n (P_f) - L_n (P_i)]}{t} \times 100 ,$$

onde $L_n (P_f)$ é o logaritmo natural do peso, em gramas, no período f ; $L_n (P_i)$ é o logaritmo natural do peso inicial e t é o período, em dias, entre as datas de medida de peso (Busacker et al., 1990; Hopkins, 1992; Goddard, 1996). A sobrevivência foi registrada através da contagem dos animais, realizada juntamente com as pesagens.

Monitoramento da qualidade da água

A temperatura da água de cada UE foi verificada duas vezes ao dia. Semanalmente, foram verificados o pH, e as concentrações de amônia, nitrito e de oxigênio dissolvido. Os parâmetros de qualidade da água, agrupados em período semanal, foram analisados estatisticamente com o uso do programa estatístico Sigma Stat. (Jandel Scientific, San Rafael, Califórnia, USA).

Tabela 2. Composição e níveis nutricionais calculados e analisados das rações experimentais com base na matéria úmida (% MU).

<i>Ingredientes (% MU)</i>	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	FM 0%	FM 20%	FM 40%	FM 60%	FM 80%	FM 100%
Farinha de Minhoca	0,00	6,54	13,09	19,63	26,18	32,72
Farinha de Peixe	34,45	27,56	20,67	13,78	6,89	0,00
Farelo de Soja	45,13	45,04	44,95	44,87	44,78	44,69
Óleo de Soja	8,97	9,14	9,31	9,48	9,65	9,82
Lisina	0,49	0,58	0,66	0,75	0,83	0,92
Metionina	1,64	1,54	1,44	1,33	1,23	1,13
Ácido Fosfórico	2,83	2,34	1,84	1,35	0,85	0,36
Fosfato Bicálcico	0,02	2,02	4,02	6,03	8,03	10,03
Premix Min./Vit. ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	6,14	4,91	3,68	2,46	1,23	0,00
Vitamina C	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Umidade ²	4,82	5,03	5,04	6,31	5,67	6,28
PB	43,89	43,89	43,89	43,89	43,89	43,89
PB ²	40,85	41,22	41,84	40,77	42,04	41,61
ED (kcal/kg)	3.641	3.640	3.638	3.637	3.636	3.634
EB (kcal/kg) ²	4.331	4.410	4.443	4.397	4.514	4.462
Extrato Etéreo ²	10,66	11,31	10,79	10,69	10,69	10,68
Cinzas ²	18,91	17,82	17,15	14,43	14,06	12,42
Cálcio	2,81	2,79	2,78	2,77	2,75	2,74
Cálcio ²	2,76	2,89	2,75	2,44	2,61	2,46
Fósforo	2,40	2,39	2,38	2,37	2,36	2,35
Fósforo ²	2,38	2,18	2,15	2,08	1,98	2,06
Ácido Ascórbico (mg/kg)	966	966	966	966	966	966
Ácido Ascórbico (mg/kg) ²	666	516	508	355	255	211

¹ Casca de arroz e calcário (veículos), 30,84 mg e 20 mg, respectivamente; microminerais de suínos com Mn, 30.000,00 mg/kg; Zn, 140.000,00 mg/kg; Fe, 90.000,00 mg/kg; Cu, 16.000,00 mg/kg; I, 850,00 mg/kg; 12,5 mg; antioxidante etoxiquim (66,6%), 0,14 mg; premix vitamínico com Selenito de Na (45%), 0,02 mg; vitamina D3 (500 kUI/kg), 0,24 mg; vitamina A+ D (500 e 100 kUI/kg, respectivamente), 0,80 mg; vitamina E (500 kUI/kg), 20,0 mg; vitamina K (51%), 1,96 mg; vitamina B1 (98%), 1,02 mg; vitamina B2 (80%), 2,50 mg; vitamina B6 (98%), 2,04 mg; vitamina B12 (0,1%), 3,00 mg; Pantotenato de cálcio (95%), 1,06 mg; Ácido fólico (98%), 0,52 mg; Niacina/Nicotinamida (98%), 3,06 mg; Biotina (2%), 0,30 mg (Nutron Alimentos Ltda., Campinas, SP).

² Analisado.

Tabela 3. Exigências nutricionais das larvas de tilápia nilótica (NRC, 1993; Jauncey, 1998) e quantidades calculadas para cada ração experimental.

Nutrientes	NRC	Jauncey	T1	T2	T3	T4	T5	T6
% MU	(1993)	(1998)	FM 0%	FM 20%	FM 40%	FM 60%	FM 80%	FM 100%
Preço (R\$/kg) ¹			0,82	3,35	5,89	8,42	10,95	13,48
MS			92,12	92,02	91,91	91,81	91,70	91,60
PB	32	45	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90	43,90
Prot. Minhoca			0,00	4,19	8,38	12,57	16,76	20,95
Prot. Peixe			20,95	16,76	12,57	8,38	4,19	0,00
ED (kcal/kg)	3,0	3.2	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,63
Arginina	1,18	1.6	3,04	3,02	3,01	2,99	2,98	2,96
Histidina	0,48	0.6	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,10
Isoleucina	0,87	1.2	1,87	1,88	1,90	1,91	1,93	1,94
Leucina	0,95	1.5	3,19	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24
Lisina	1,43	2.0	3,28	3,11	2,93	2,76	2,58	2,41
Metionina		0.9	2,45	2,32	2,20	2,08	1,96	1,84
Cisteína			0,59	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71
Met. + Cis.	0,90		3,03	2,94	2,84	2,74	2,65	2,55
Fenilalanina	1,55 ²	1.4	1,85	1,86	1,86	1,87	1,88	1,89
Tirosina			1,40	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36
Treonina	1,05	1.5	1,72	1,74	1,77	1,79	1,82	1,84
Triptofano	0,28	0.3	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58
Valina	0,78	1.1	1,98	1,99	1,99	1,99	2,00	2,00
Cálcio	R ³	2.5 ⁴	966	966	966	966	966	966
Fósforo	0,5	0.5 ⁵	2,81	2,79	2,78	2,77	2,75	2,74
Ác. Ascórbico ⁶	50	50	2,40	2,39	2,38	2,37	2,36	2,35

¹ Câmbio utilizado – Dólar Americano US\$ 1.00 = Real R\$ 1.80.² Fenilalanina + tirosina³ R – Necessária na ração, mas com quantidade ainda não determinada.⁴ % máxima⁵ % mínima⁶ mg/kg

Tabela 4. Composição dos ingredientes protéicos utilizados para calcular as rações experimentais (% MU).

<i>Ingredientes (% MU)</i>	<i>Farinha de Minhoca ¹</i>	<i>Farinha de Peixe ²</i>	<i>Farelo de Soja ²</i>	<i>DL-Metionina ³</i>	<i>L – Lisina ³</i>
Matéria Seca	92,490	92,000	90,000	100,000	100,000
Proteína Bruta	64,020	60,820	47,400	58,700	119,750
ED (kcal/kg) ⁴	4,060	4,060	3,010	3,680	4,600
Cálcio	0,310	7,610	0,400	0,000	0,000
Fósforo	0,250	4,000	0,570	0,000	0,000
Arginina	4,168	4,117	3,587	0,000	0,000
Histidina	1,645	1,310	1,259	0,000	0,000
Isoleucina	3,003	2,611	2,148	0,000	0,000
Leucina	4,859	4,420	3,693	0,000	0,000
Lisina	0,999	4,429	3,015	0,000	80,000
Metionina	1,408	1,643	0,603	98,000	0,000
Cisteína	1,172	0,733	0,741	0,000	0,000
Met. + Cis.	2,580	2,376	1,344	98,000	0,000
Fenilalanina	2,567	2,288	2,349	0,000	0,000
Tirosina	1,901	1,897	1,661	0,000	0,000
Treonina	3,067	2,513	1,883	0,000	0,000
Triptofano	0,499	0,587	0,730	0,000	0,000
Valina	3,201	2,953	2,137	0,000	0,000

¹ Composição proveniente do fornecedor (Brasil Eco-Worms, Lageado, RS).

² NRC (1983).

³ NRC (1994).

⁴ O valor da ED da farinha de minhoca foi considerado o mesmo da ED da farinha de peixe (NRC 1993).

Resultados e Discussão

Qualidade da água

A temperatura média semanal, durante o período experimental, variou entre 27,5 e 29,2°C nas caixas plásticas empregadas nos diferentes tratamentos. Não houve diferença significativa da temperatura entre os tratamentos em cada semana. Os valores de temperatura mantiveram-se dentro da faixa considerada ideal para o cultivo da tilápia nilótica (Meske, 1985; Rana, 1986; Boyd, 1990; Jauncey, 1998). O pH da água permaneceu constante nas caixas plásticas empregadas nos diferentes tratamentos (7,7 - 7,8) e não foi detectada diferença significativa ($P > 0,05$) entre eles. A concentração de oxigênio dissolvido na água variou entre 5,5 e 7,0 mg/L, e os valores semanais não diferiram significativamente entre os tratamentos, permanecendo, em média, em 6,3 mg/L. Os teores de amônia, obtidos pela correção da amônia total em função do pH e da temperatura, mantiveram-se praticamente indetectáveis em todos os tratamentos. A concentração de nitrito oscilou entre 0,0 e 1,75 mg/L e não houve diferença significativa entre os tratamentos em cada semana. Independentemente de não ter sido detectada diferença significativa entre os tratamentos nos parâmetros avaliados, os mesmos permaneceram dentro dos limites considerados adequados para o crescimento dos peixes (Meske, 1985; Rana, 1986; Stickney, 1988; Boyd, 1990; Neill & Bryan, 1991; Randall, 1991; Russo & Thurston, 1991; Stickney, 1991).

Ração

Como pode ser visto na Tabela 2, as rações experimentais foram formuladas para terem aproximadamente 44% de PB. Acredita-se que esse nível de PB seja adequado ao estágio de desenvolvimento dos animais utilizados neste estudo, uma vez que vários trabalhos revelaram que as necessidades de PB para pós-larvas de tilápia nilótica estão entre 40% e 45% (Siddiqui et al., 1988; El-Sayed & Teshima, 1992; Al-Hafedh, 1999).

A energia digestível das rações, que foi mantida em torno de 3.640 kcal/kg, ficou acima do nível recomendado pelo NRC (1993) para a tilápia, que é de 3.000 kcal ED/kg, publicação que não faz distinção de exigência de energia entre as diferentes fases de desenvolvimento dos peixes. Já Al-Hafedh (1999) demonstrou que o nível de energia digestível que promoveu o melhor crescimento em pós-larvas de tilápia nilótica (510 mg) está em torno de 4.108 kcal/kg, com uma relação PB/ED de 109 mg/kcal. Neste experimento, a relação PB/ED estabelecida foi de 120 mg/kcal, a qual parece estar acima da ideal para larvas de tilápia nilótica. Uma relação PB/ED muito elevada pode levar à utilização da proteína como fonte de energia (Lovell, 1989; NRC, 1993; Jauncey, 1998).

Com relação ao ácido ascórbico, houve uma grande diferença entre os níveis calculados e os obtidos nas análises, diferindo estes entre os tratamentos

(Tabela 2). Houve um decréscimo dos níveis obtidos nas análises de ácido ascórbico à medida que aumentou o nível de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca. É possível que o aumento na proporção da inclusão da farinha de minhoca esteja, de alguma maneira, diminuindo a disponibilidade de ácido ascórbico. Também não pode ser descartada a possibilidade de que algum fator desconhecido presente na ração esteja interferindo na análise dessa vitamina.

Outro problema encontrado no acréscimo do ácido ascórbico às rações foi que a forma monofosfatada utilizada (Aquastab/BASF) parece não resistir a altas temperaturas por longos períodos de tempo. No preparo da primeira partida de rações experimentais, após a peletização, elas foram secas em uma estufa a 65°C por um período de 12 ou 24 horas. As análises revelaram nível zero de ácido ascórbico em todas as rações experimentais. Os níveis de ácido ascórbico das rações experimentais utilizadas nesse trabalho (Tabela 2) foram obtidos durante a secagem dos pêletes através de ar forçado desumidificado a uma temperatura de 32°C.

Vários trabalhos demonstram que níveis inferiores a 225 mg/kg de ácido ascórbico são suficientes para o pleno desenvolvimento de pós-larvas e alevinos de tilápia nilótica (Soliman et al., 1986ab; Shiau & Jan, 1992; Shiau & Hsu, 1995; Abdelghany, 1996; Abdelghany, 1998; Shiau & Hsu, 1999).

Em relação a outras espécies de peixes, tem sido reportado que não há aumento no crescimento dos peixes quando se utilizam doses acima de 225 mg/kg de ácido ascórbico nas rações (Murai et al., 1978; Li & Lovell, 1985; Mazik et al., 1987; Matusiewicz et al., 1994; Blom & Dabrowski, 1995; Li et al., 1998).

Portanto, mesmo o nível mais baixo de ácido ascórbico encontrado nas rações experimentais (225 mg/kg no T6 - FM 100%) parece ser suficiente para promover todas as funções metabólicas nas quais tal vitamina está envolvida.

Desempenho

Os resultados de desempenho foram testados através da análise da regressão, utilizando polinômios ordinários e polinômios segmentados do pacote estatístico SAS (Schenkel, 1989), com ajuste das observações nos níveis dos tratamentos. Todas as regressões mostraram falta de ajustamento significativo, e, devido a isso, foi empregada a análise classificatória dos níveis dos tratamentos através da análise da variância. Para facilitar a discussão, os resultados de cada biometria foram nomeados como primeira (21 dias de experimento) e segunda (41 dias de experimento).

Na primeira biometria não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os pesos atingidos pelos animais nos diferentes tratamentos, embora o peso apresentado pelos animais do T2 (FM 20%), que foi o maior, tenha sido 30% superior ao

menor (T6 - FM 100%). Também não houve diferença significativa entre as TCEs dos animais dos tratamentos (Tabela 5).

Quanto à sobrevivência, embora tenha ocorrido alta mortalidade durante o período experimental, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, tanto na primeira quanto na segunda biometria.

Na segunda biometria houve diferença significativa do peso ($P < 0,05$) entre animais dos diferentes tratamentos, sendo que os animais do T2 (FM 20%) apresentaram os maiores pesos e os do T6 (FM 100%) os menores pesos. O T2 (FM 20%) foi significativamente maior que o T4 (FM 60%), T5 (FM 80%) e T6 (FM 100%) e o T6 (FM 100%) foi menor que o T1 (FM 0%) e o T2 (FM 20%). No entanto, os pesos dos animais do T2 (FM 20%) não foram significativamente diferentes dos pesos dos animais do T1 (FM 0%) e do T3 (FM 40%). Os animais dos tratamentos T3 (FM 40%), T4 (FM 60%), T5 (FM 80%) e T6 (FM 100%) não apresentaram diferença significativa entre si.

Os resultados demonstraram que a substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca ao nível de 20% (T2) proporcionou o peso médio mais elevado (Fig. 3). O fato do peso médio atingido pelos animais no nível de substituição de 20% (T2) não ser estatisticamente diferente, embora superior ao peso obtido com o nível de substituição de 0% (T1), indica que a farinha de minhoca pode ser usada como substituto da farinha de peixe sem prejuízo para o desenvolvimento dos peixes. Isto também fica evidente pelo fato do peso médio dos animais no nível de substituição de 0% (T1) não ser estatisticamente diferente dos níveis de substituição de 40% (T3), 60% (T4) e 80% (T5), apesar de ter ocorrido diminuição do peso à medida que se aumentou a proporção de farinha de minhoca na ração (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram obtidos em um experimento realizado com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), no qual os peixes que foram alimentados com ração com nível de substituição de 10% da farinha de peixe pela farinha de minhoca (*Denrodriilus subrubicundus*) apresentaram pesos mais elevados, quando comparados aos alimentados com rações com níveis de substituição de 0%, 50% e 100% (Stafford & Tacon, 1984). Em um outro trabalho com truta arco-íris, no qual foram testados os níveis de substituição de 0%, 50%, 75% e 100% da farinha de peixe pela farinha de minhoca (*Eudridus eugenige*), o nível de 50% apresentou os melhores resultados de desenvolvimento dos animais (Hilton, 1983).

Tabela 5. Peso (g), taxa de crescimento específico (TCE; %/dia) e sobrevivência (número de animais e %) médios, nos diferentes tratamentos, na primeira e segunda biometrias (média \pm desvio-padrão).

Tratamento	Primeira biometria (21 dias) ¹			Segunda biometria (41 dias) ¹		
	Peso	TCE	Sobrevivência ²	Peso	TCE	Sobrevivência ²
1 (FM 0%)	0,070 \pm 0,012 ^a	7,48 \pm 0,84 ^a	14,5 \pm 3,0 ^a (72,5%)	0,182 \pm 0,034 ^{ab}	5,96 \pm 0,47 ^{ab}	11,3 \pm 1,5 ^a (56,3%)
2 (FM 20%)	0,090 \pm 0,024 ^a	8,60 \pm 1,38 ^a	18,3 \pm 1,0 ^a (91,3%)	0,215 \pm 0,024 ^a	6,39 \pm 0,27 ^a	12,0 \pm 2,9 ^a (60,0%)
3 (FM 40%)	0,080 \pm 0,023 ^a	8,03 \pm 1,45 ^a	14,5 \pm 4,4 ^a (72,5%)	0,161 \pm 0,035 ^{abc}	5,66 \pm 0,51 ^{abc}	11,8 \pm 4,0 ^a (58,8%)
4 (FM 60%)	0,076 \pm 0,011 ^a	7,88 \pm 0,75 ^a	13,5 \pm 2,8 ^a (67,5%)	0,141 \pm 0,044 ^{bc}	5,29 \pm 0,69 ^{bc}	12,5 \pm 3,4 ^a (62,5%)
5 (FM 80%)	0,074 \pm 0,016 ^a	7,67 \pm 1,09 ^a	15,3 \pm 2,8 ^a (76,3%)	0,139 \pm 0,014 ^{bc}	5,33 \pm 0,26 ^{bc}	13,5 \pm 2,9 ^a (67,5%)
6 (FM 100%)	0,069 \pm 0,011 ^a	7,38 \pm 0,86 ^a	14,8 \pm 2,0 ^a (73,8%)	0,113 \pm 0,006 ^c	4,83 \pm 0,13 ^c	11,3 \pm 2,7 ^a (56,3%)

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P > 0,05).

² Valores entre parênteses significam a porcentagem de sobrevivência.

Já Velasquez et al. (1991), também trabalhando com truta arco-íris e com a farinha de *E. foetida*, obtiveram os melhores ganhos em peso quando o nível de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca foi de 25%, seguido pelo nível de 50%. Tacon et al. (1983), também trabalhando com farinha de *E. foetida* na alimentação de truta arco-íris, em três níveis de substituição (0%, 50% e 100%), demonstraram que o nível de 0% alcançou o melhor resultado em termos de peso final, diferindo significativamente do nível de substituição de 50%.

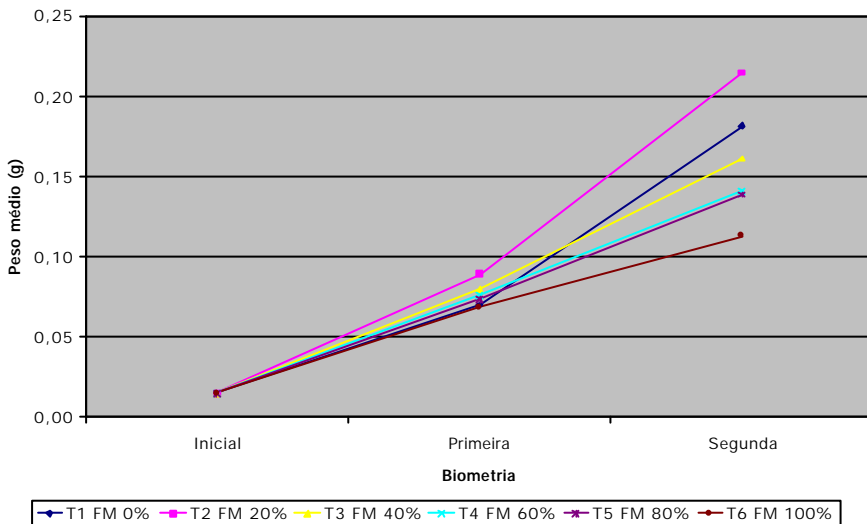


Fig. 3. Peso médio (g) dos animais no início do experimento, na primeira e segunda biometrias, nos diferentes tratamentos.

O baixo desenvolvimento dos animais, quando a substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca é total, tem sido atribuído aos seguintes fatores: baixa palatabilidade da ração, devido a componentes repelentes (hemolisina) presentes na farinha de minhoca, podendo causar a redução do consumo a um nível abaixo do necessário para promover um crescimento adequado; desbalanceamento ou à deficiência de aminoácidos ou de ácidos graxos, devido ao alto nível de substituição; à presença de fatores antinutricionais na dieta, podendo ser inerentes à farinha de minhoca ou oriundos dos compostos contaminados que a minhoca degrada, que podem conter metais pesados (Stafford & Tacon, 1984).

Outras fontes de proteína de origem animal permitem níveis mais elevados de substituição da farinha de peixe sem prejudicar o desempenho dos animais. A farinha de penas pode substituir a farinha de peixe em até 66% sem comprometer o crescimento de pós-larvas de tilápia nilótica com 12 mg de peso (Bishop et al., 1995). Para alevinos dessa espécie com aproximadamente 7 g, a

hemoglobina em pó não afetou seu desenvolvimento nos níveis de até 50% de substituição (Lee & Bai, 1997). Em peixes maiores (12,5 g), El-Sayed (1998) concluiu que rações com 100% de substituição da farinha de peixe pelas farinhas de carne e ossos ou de vísceras não prejudicaram o crescimento dos animais, ao passo que a substituição por farinha de sangue apresentou prejuízos.

Utilizando fontes protéicas de origem vegetal, Shiau et al. (1987) concluíram que a farinha de peixe pode ser substituída por farelo de soja em 30% sem prejudicar o crescimento de alevinos (1,24 g) de tilápia (*O. niloticus* x *O. aureus*). Resultados semelhantes foram obtidos por Shiau et al. (1990). El-Sayed (1998), em alevinos de tilápia nilótica com 12,5 g de peso, não encontrou diferença significativa quando estes foram alimentados com rações contendo 100% de substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja. Os mesmos resultados foram encontrados por Viola et al. (1988) na tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*) com 77 g.

Em concordância com os resultados de peso, os valores da TCE também demonstraram que a substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca, ao nível de 20% (T2), apresentou a melhor TCE. O fato da TCE, no nível de substituição de 20% (T2), ser estatisticamente semelhante ao nível de substituição de 0% (T1) indicou que a farinha de minhoca pode substituir, sem uma diminuição no desempenho, a farinha de peixe em rações para tilápia nilótica. Embora a TCE tenha decrescido à medida que se aumentou o nível de substituição, o valor no nível de substituição de 0% (T1) não foi estatisticamente diferente dos níveis de substituição de 40% (T3), 60% (T4) e 80% (T5), o que evidenciou a superioridade do nível de substituição de 20% (T2) (Tabela 5). Em trabalhos com truta arco-íris, os níveis inferiores a 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca (de diversas espécies) obtiveram os melhores resultados (Tacon et al., 1983; Stafford & Tacon, 1984; Velasquez et al., 1991).

Os valores de TCE obtidos por Bishop et al. (1995), de 16,3 a 13,3%/dia e 10,3 a 8,9%/dia aos 21 e 42 dias, respectivamente, utilizando um nível de substituição de 66% da farinha de peixe pela farinha de penas, foram superiores aos encontrados no presente experimento. Estes baixos valores podem ser devidos à linhagem de tilápia nilótica utilizada (Omeregíe & Ogbemudia, 1993) ou às diferentes condições em que os experimentos foram executados. Trabalhando com animais maiores, Lee & Bai (1997) concluíram que a hemoglobina em pó pode substituir em até 50% a farinha de peixe em rações de alevinos de tilápia nilótica (6,8 g) sem prejudicar seu desempenho. Já El-Sayed (1998) concluiu que as TCEs em alevinos de tilápia nilótica (12,5 g) não diferiram significativamente quando estes se alimentaram com rações contendo 100% de substituição da farinha de peixe por farinha de carne e ossos ou por farinha de vísceras de aves.

Utilizando farelo de soja como substituto da farinha de peixe, El-Sayed (1998) demonstrou que a TCE da tilápia nilótica (12,5 g) não diferiu significativamente entre rações com nível de substituição de 0% e 100%. Resultados semelhantes foram obtidos por Viola et al. (1988) com animais maiores (77 g) da mesma espécie. Olvera-Novoa et al. (1997), utilizando farinha de semente de feijão-miúdo como substituto da farinha de peixe, encontraram os níveis de 20% e 30% como sendo os que promoveram as maiores TCEs (5,67 e 5,76, respectivamente) em pós-larvas de tilápia nilótica (157 mg).

No presente trabalho, ficou evidente que a substituição total da farinha de peixe pela farinha de minhoca foi prejudicial ao desenvolvimento e ao desempenho dos animais. Resultados similares foram obtidos com truta arco-íris (Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Stafford & Tacon, 1984; Velasquez et al., 1991) e para a carpa comum, *Cyprinus carpio* (Nandeesh et al., 1988).

Os resultados da primeira e segunda biometrias mostraram que a taxa de sobrevivência não foi influenciada pelos diferentes níveis de farinha de minhoca testados (Tabela 5). Um estudo semelhante, realizado com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), revelou que a substituição parcial ou total da farinha de peixe por farinha de minhoca não afetou a taxa de sobrevivência dos animais entre os tratamentos e os valores foram de aproximadamente 100% (Hilton, 1983). Trabalhando com carpa comum, Nandeesh et al. (1988) não encontraram diferenças significativas da sobrevivência entre os peixes dos diferentes tratamentos, e os valores obtidos variaram de 67,5% a 90,0%. Trabalhos realizados com aves e mamíferos também sugeriram resultados similares (Taboga, 1980; Ibañez et al., 1993).

Utilizando outros substitutos da farinha de peixe, vários autores não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos, que na maioria das vezes alcançaram uma sobrevivência de aproximadamente 100% (Shiau et al., 1987; Bishop et al., 1995; Olvera-Novoa et al., 1997; El-Sayed, 1998).

Embora a sobrevivência tenha sido homogênea entre os peixes dos diferentes tratamentos, a taxa média de mortalidade no final do experimento (40%) foi elevada. É possível que alguma doença de origem bacteriana possa ter contribuído para esta mortalidade, ainda que tenham sido realizadas aplicações de antibiótico durante o experimento. Em estudos recentes, com ovos e larvas de tilápia nilótica, foi obtida sobrevivência de 90% dos animais quando estes sofreram sete tratamentos com o antibiótico oxitetraciclina (5 mg/L), em intervalos de um dia, iniciada logo após a eclosão (Ott et al., 2000; Barisch et al., 2000). Contudo, tais medidas não foram adotadas neste trabalho.

Análise de custos

Utilizando os preços de mercado dos ingredientes listados no Apêndice 2, com a taxa do dólar Americano em R\$ 1,80, foram calculados os valores de custo para as rações experimentais, apresentados na Tabela 6. O custo dessas rações foram muito superiores ao das rações comerciais (45% PB) encontradas no mercado, os quais variam entre R\$ 0,62 e 0,70/kg. Tal fato deveu-se ao alto custo da farinha de minhoca (R\$ 40,00/kg). Mesmo na ração sem farinha de minhoca (T1), o custo do kg permaneceu alto, devido às elevadas quantidades de lisina, metionina, ácido fosfórico e ácido ascórbico utilizadas (Tabela 2). Com custos tão altos, a ração experimental com 20% de substituição (R\$ 3,35) só poderia ser empregada na alimentação de peixes ornamentais, pois as rações utilizadas na aquariofilia geralmente apresentam preços bastante elevados, que variam de R\$ 216,00 até 371,00/kg para o consumidor final.

Tabela 6. Custo das rações experimentais em R\$/kg.

<i>Tratamento</i>	<i>Preço (R\$/kg)</i>
1 (FM 0%)	0,82
2 (FM 20%)	3,35
3 (FM 40%)	5,89
4 (FM 60%)	8,42
5 (FM 80%)	10,95
6 (FM 100%)	13,48

Considerações Finais

Os resultados mostram que a farinha de minhoca pode substituir a farinha de peixe em até 20%. Acima deste valor, a farinha de minhoca prejudica o desenvolvimento e desempenho dos animais. Por mais que nenhum dos níveis testados tenha afetado a sobrevivência dos peixes, os valores do peso médio reforçam a utilização do nível de 20% de substituição como sendo o mais adequado.

Embora o nível de 20% de substituição da farinha de peixe pela farinha de minhoca tenha apresentado os melhores resultados, sob o ponto de vista econômico, essa substituição torna-se inviável para a piscicultura, pois o custo da farinha de minhoca é muito elevado. Para a fase de desenvolvimento avaliada, fica praticamente impossível a introdução desta fonte protéica nas rações comerciais, devido ao seu baixo benefício/custo. Seria interessante testar níveis mais baixos de inclusão da farinha de minhoca nas fases mais adiantadas de desenvolvimento, pois pode ser que nestas condições se torne economicamente viável a inclusão deste ingrediente. Outra possibilidade seria o uso da farinha de minhoca na aquariofilia, onde o preço da ração é muitas vezes maior que o da piscicultura, compensando assim seu maior custo.

Conclusões

Nas condições em que este experimento foi realizado, pode-se concluir que:

1. A farinha de minhoca (*Eisenia foetida*) pode substituir em até 20% a farinha de peixe sem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das pós-larvas de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*);
2. A substituição total da farinha de peixe pela farinha de minhoca é prejudicial ao crescimento e ao desenvolvimento de pós-larvas de tilápia nilótica;
3. A substituição em qualquer nível da farinha de peixe pela farinha de minhoca não afeta a sobrevivência de pós-larvas de tilápia nilótica.

Agradecimentos

Uma das finalidades deste trabalho é a divulgação de parte dos resultados obtidos na dissertação de mestrado apresentada no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS para a obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo primeiro autor. Dessa forma, os autores gostariam de agradecer ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos, e à UFRGS, por incentivar a formação de pesquisadores. Os autores também agradecem à Nutron Alimentos Ltda., em especial à Regina Bacci, Sandra Vargas e Alexsandra Caseiro, pela doação dos ingredientes, pela pesquisa bibliográfica e pelas análises de ácido ascórbico realizadas, à Brasil Eco-Worms, em especial à Reinaldo e Elsa Petter, pela doação da farinha de minhoca e pelo financiamento de parte do experimento, à AVIPAL S.A., em especial à Sandra Bonaspetti e Ronald Claros, pela doação dos ingredientes e dos reprodutores de tilápia nilótica, e ao Thierry Ribeiro Tomich, pela criteriosa correção e pelas sugestões extremamente pertinentes feitas ao texto original, que em muito contribuíram para a elaboração desse trabalho.

Referências Bibliográficas

ABDELGHANY, A. E. Feed efficiency, nutrient retention and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., fed diets containing L-ascorbic acid, L-ascorbyl-2-sulphate or L-ascorbyl-2-polyphosphate. **Aquaculture Research**, Oxford, v.29, p.503-510, 1998.

ABDELGHANY, A. E. Growth response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* to dietary L-ascorbic acid, L-ascorbyl-2-sulfate, and L-ascorbyl-2-polyphosphate. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.27, n.4, p.449-455, 1996.

AL-HAFEDH, Y. S. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L.. **Aquaculture Research**, Oxford, v.30, p.385-393, 1999.

BARISCH, M.L.M.; ROTTA, M. A.; AFONSO, L. O. B. Aplicação de antibióticos em peixes: II. efeito da amoxicilina no desenvolvimento de larvas de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 12., 2000, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRGS, 2000. p.105.

BISHOP, C. D.; ANGUS, R. A.; WATTS, S. A. The use of feather meal as a replacement for fish meal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. **Bioresource Technology**, Oxford, v.54, p.291-295, 1995.

BLOM, J. H.; DABROWSKI, K. Reproductive success of female rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) in response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels. **Biology of Reproduction**, Madison, v.52, p.1073-1080, 1995.

BOUGUENEC, V. Oligochaetes (Tubificidae and Enchytraeidae) as food in fish rearing: a review and preliminary tests. **Aquaculture**, Amsterdam, v.102, p.201-217, 1992.

BOYD, C. E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Auburn University, 1990. 482p.

BUSACKER, G. P.; ADELMAN, I. R.; GOOLISH, E. M. Growth. In: SCHERECK, C. B.; MOYLE, P. B. (Eds.) **Methods for fish biology**. Bethesda: American Fisheries Society, 1990. p.363-388.

CARDENETE, G.; GARZON, A.; MOYANO, F.; DE LA HIGUERA, M. Nutritive utilization of earthworm protein by fingerling rainbow trout (*Onchrhynchus mykiss*). In: KANSHIK, S. J.; LUQUET, P. (Eds.) **Fish Nutrition in Practice**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1993. p.923-926.

DE SILVA, S. S.; GUNASEKERA, R. M.; ATAPATTU, D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost dietary protein levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.80, p.271-284, 1989.

EL-SAYED, A.-F. M. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. **Aquaculture Research**, v.29, p.275-280, 1998.

EL-SAYED, A.-F. M.; TESHIMA, S.-I. Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, Amsterdam, v.103, p.55-63, 1992.

GODDARD, S. **Feed management in intensive aquaculture**. New York: Chapman & Hall, 1996. 194p. Cap. 1-3, 9.

HANSEN, R. P.; CZOCHANSKA, Z. The fatty acid composition of the lipids of earthworms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Essex, v.26, p.961-971, 1975.

HILTON, J. W. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diets formulations. **Aquaculture**, Amsterdam, v.32, p.277-283, 1983.

HOPKINS, K. D. Reporting fish growth: a review of the basics. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.23, n.3, p.173-179, 1992.

IBÁÑEZ, I. A.; HERRERA, C. A.; VELÁSQUEZ, L. A.; HEBEL, P. Nutritional and toxicological evaluation on rats of earthworm (*Eisenia foetida*) meal as protein source for animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.42, p.165-172, 1993.

JAUNCEY, K. **Tilapia feeds and feeding**. Stirling: Pisces Press, 1998. 241p.

KAUSHIK, S. J.; DOUDET, T.; MÉDALE, F. et al. Protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v.11, p.290-296, 1995.

LEE, K.-J.; BAI, S.C. Hemoglobin powder as a dietary animal protein source for juvenile Nile tilapia. **The Progressive Fish-Culturist**, Bethesda v.59, p.266-271, 1997.

LI, M. H.; WISE, D. J.; ROBINSON, E. H. Effect of dietary vitamin C on weight gain, tissue ascorbate concentration, stress response, and disease resistance of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.29, n.1, p.1-8, 1998.

LI, Y.; LOVELL, R. T. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in channel catfish. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.115, p.123-131, 1985.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 260p. Cap.2.

MATUSIEWICZ, M.; DABROWSKI, K.; VÖLKER, L.; et al. Regulation of saturation and depletion of ascorbic acid in rainbow trout. **Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v.5, p.204-212, 1994.

MAZID, M. A.; TANAKA, Y.; KATAYAMA, T.; et al. Growth response of *Tilapia zillii* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.18, p.115-122, 1979.

MAZIK, P. M.; BRANDT, T. M.; TOMASSO, J. R. Effects of dietary vitamin C on growth, caudal fin development, and tolerance of aquaculture-related stressors in channel catfish. **The Progressive Fish-Culturist**, Bethesda, v.49, p.13-16, 1987.

MESKE, C. **Fish aquaculture: technology and experiments**. Oxford: Pergamon Press, 1985. 237p.

MURAI, T.; ANDREWS, J. W.; BAUERNFEIND, J. C. Use of L-ascorbic acid, ethocel coated ascorbic acid and ascorbate 2-sulfate in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.108, p.1761-1766, 1978.

NANDEESHA, M. C.; SRIKANTH, G. K.; BASAVARAJA, N.; et al. Influence of earthworm meal on the growth and flesh quality of common carp. **Biological Wastes**, Essex, v.26, p.189-198, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish**. 2th .ed., Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 114p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed., Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 155p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1983. 102p.

NEILL, W. H.; BRYAN, J. D. Responses of fish to temperature and oxygen, and response integration through metabolic scope .In: BRUNE, D. E.; TOMASSO, J. R. (Eds.) **Aquaculture and water quality**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1991. p.30-57.

OLVERA-NOVOA, M. A.; PEREIRA-PACHECO, F.; OLIVERA-CASTILLO, L.; PÉREZ-FLORES, V.; NAVARRO, L.; SÍMANO, J. C. Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrate as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. **Aquaculture**, Amsterdam, v.158, p.107-116, 1997.

OMOREGIE, E.; OGBEMUDIA, F. I. Effect of substituting fishmeal with palm kernel meal on growth and food utilization of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **The Israeli Journal of Aquaculture**, Rehovot, v.45, n.3, p.113-119, 1993.

OTT, R.P.; WASSERMANN, G.J.; AFONSO, L.O.B. Aplicação de antibióticos em peixes. I. Efeito da amoxicilina no desenvolvimento embrionário de ovos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 12., 2000, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRGS, 2000. p.105.

PESTI, G. M.; MILLER, B. R., HARGRAVE, J. **Animal feed formulation: economics and computer applications -UFFDA**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 166p. Cap. 9.

RANA, K. J. **Parental influences on egg quality, fry production and fry performance in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) and *O. mossambicus***. Stirling: Institute of Aquaculture, 1986. 295p. Thesis (Doctor of Philosophy) Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling, Scotland.

RANDALL, D. The impact of variations in water pH on fish. In: BRUNE, D. E.; TOMASSO, J. R. (Eds.) **Aquaculture and water quality**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1991. p.90-104.

ROCH, P.; VALEMBOIS, P.; DAVANT, N.; LASSEGUES, M. Protein analysis of earthworm coelomic fluid: II. isolation and biochemical characterization of the *Eisenia foetida* Andrei Factor (EFAF). **Compendium of Biochemistry and Physiology**, v.69B, p.829-836, 1981.

RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to fishes .In: BRUNE, D. E.; TOMASSO, J. R. (Eds.) **Aquaculture and water quality**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1991. p.58-89.

SANTIAGO, C. B.; LOVELL, R. T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.118, p.1540-1546, 1988.

SCHENKEL, F. S. Utilização de polinômios segmentados na pesquisa zootécnica: considerações teóricas e práticas. In: SOUZA, S.M.G. de (Ed.) **Seminários em Zootecnia**. Porto Alegre: Curso de Pós-graduação em Zootecnia - UFRGS, 1989. p.48-113.

SHIAU, S.-Y.; CHUANG, J.-L.; SUN, C.-L. Inclusion of soybean meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at two protein levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.65, p.251-261, 1987.

SHIAU, S.-Y.; HSU, T.-S. Quantification of vitamin C requirement for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, with L-ascorbyl-2-monophosphate-Na and L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg. **Aquaculture**, Amsterdam, v.175, p.317-326, 1999.

SHIAU, S.-Y.; HSU, T.-S. Tissue storage of ascorbic acid in tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* fed L-ascorbic acid, L-ascorbyl-2-sulfate or L-ascorbyl-2-monophosphate. **Fisheries Science**, Tokyo, v.61, n.6, p.1043-1044, 1995.

SHIAU, S.-Y.; JAN, F.-L. Dietary ascorbic acid requirement of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Nippon Suisan Gakkaishi**, Tokyo, v.58, n.4, p.671-675, 1992.

SHIAU, S.-Y.; LIN, S.-F.; YU, S.-L.; LIN, A.-L.; KWOK, C.-C. Defatted and full-fat soybean meal as partial replacements for fish meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at low protein level. **Aquaculture**, Amsterdam, v.86, p.401-407, 1990.

SIDDIQUI, A. Q.; HOWLADER, M. S.; ADAM, A. A. Effects of dietary protein levels on growth, feed conversion and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.70, p.63-73, 1988.

SOLIMAN, A. K.; JAUNCEY, K.; ROBERTS, R. J. The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, Amsterdam, v.59, p.197-208, 1986a.

SOLIMAN, A. K.; JAUNCEY, K.; ROBERTS, R. J. The effect of varying forms of dietary ascorbic acid on the nutrition of juvenile tilapias (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.52, p.1-10, 1986b.

STAFFORD, E. A.; TACON, A. G. J. Nutritive value of the earthworm, *Dendrodrilus subrubicundus*, growth on domestic sewage, in trout diets. **Agricultural Wastes**, v.9, p.249-266, 1984.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**: with special reference to the biological sciences. New York: McGraw-Hill, 1960. 481p.

STICKNEY, R. R. Effects of salinity on aquaculture production. In: BRUNE, D. E.; TOMASSO, J. R. (Eds.) **Aquaculture and water quality**, Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1991. p.105-132.

STICKNEY, R. R. Tilapia. In: STICKNEY, R. R. (Ed.) **Culture of nonsalmonid freshwater fishes**. Boca Raton: CRC Press, 1988. p.57-72.

TABOGA, L. The nutritional value of earthworms for chickens. **British Poultry Science**, London, v.21, p.405-410, 1980.

TACON, A. G. J. **Ictiopatologia nutricional**: Signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. Roma: FAO, 1995. 77p. (FAO. Documento Tecnico de Pesca, 330). Cap.2.

TACON, A. G. J.; STAFFORD, E. A.; EDWARDS, C. A. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbric worms for rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v.35, p.187-199, 1983.

VELASQUEZ, L.; IBAÑEZ, I.; HERRERA, C.; OYARZUN, M. A note on the nutritional evaluation of worm meal (*Eisenia foetida*) in diets for rainbow trout. **Animal Production**, v.53, p.119-122, 1991.

VIOLA, S.; ARIELI, Y.; ZOHAR, G. Animal-protein-free feeds for hibrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in intensive culture. **Aquaculture**, Amsterdam, v.75, p.115-125, 1988.

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.



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento***

Rua 21 de setembro, 1880 - Caixa Postal 109

CEP 79320-900 Corumbá-MS

Telefone: (67)233-2430 Fax: (67) 233-1011

<http://www.cpap.embrapa.br>

email: sac@cpap.embrapa.br

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento