

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA A TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*) NA TERMINAÇÃO

Autor: Christiano Rodrigues Schamber  
Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Setembro - 2008

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA A TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*) NA TERMINAÇÃO

Autor: Christiano Rodrigues Schamber  
Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Setembro - 2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S299e Schamber, Christiano Rodrigues  
Exigência de fósforo para tilápia do Nilo  
(*Oreochromis niloticus*) na terminação / Chritiano  
Rodrigues Schamber. -- Maringá : [s.n.], 2008.  
33 f. : il.

Orientador : Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá. Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área  
de concentração, produção animal, 2008.

1. Tilápia do Nilo - Alimentação. 2. Tilápia do  
Nilo - Cultivo intensivo. 3. Tilápia do Nilo -  
Mineralização óssea. 4. Tilápia do Nilo -  
Eutrofização. 5. Tilápia do Nilo - Densidade óssea. 6.  
Tilápia do Nilo - Fósforo disponível. 7. Tilápia do  
Nilo - Desempenho zootécnico. I. Universidade Estadual  
de Maringá, Programa de Pós-graduação em Zootecnia,  
área de concentração produção animal. II. Título.

Cdd 21.ed. 639.3774



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA A TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*) NA TERMINAÇÃO

Autor: Christiano Rodrigues Schamber  
Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADA em 22 de setembro de 2008.

---

Prof. Dra. Maria Raquel Marçal  
Natali

---

Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato

---

Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya  
(Orientador)

## RESULTADOS

“Resultados exigem esforço, paciência e constância.  
Suspeito de promessas miraculosas e soluções instantâneas.  
Duvido de fórmulas simples para a conquista da felicidade.

Fraqueza, fadiga e ferrugem custam a ceder  
Depois que se instalam no corpo, na mente e no espírito  
Somente força, fôlego e flexibilidade podem produzir mudança.

Otimismo só é útil onde existe ação planejada.  
Pensamento positivo só funciona à custa de muito trabalho.  
Sem objetivos e prazos definidos, esperança é pura ilusão.

Acredito em fatos, não em intenções  
Acredito em atitudes, não em discursos  
Acredito em posturas éticas, não em regras de moral  
Acredito em fazer acontecer, não em esperar que aconteça  
Acredito em criatividade, não em obstáculos

O que importa são as tentativas não os acertos.  
As vezes que a gente se levanta  
Contam muito mais do que as que a gente cai.  
O prazer de continuar buscando  
É infinitamente maior do que o sucesso de alcançar

Toda transformação começa sempre caótica e desconfortável.  
Os caminhos conhecidos são seguros e fáceis,  
Mas só conduzem a lugares onde já estamos  
E não desejamos ficar.

O caminho do novo é cheio de riscos, surpresas e cansaço  
Mas sempre premia os que o escolhem  
Com a chance de descobrirem e experimentarem  
A vida que imaginaram viver”

Geraldo Eustáquio de Souza

À

minha mãe, meu avô Antonio (“in memoriam”) e minha avó  
Conceição exemplos a seguir para todas as horas,  
David, meu irmão Marcelo e Rosângela  
pelo incentivo, apoio e estímulo

À

Família Palazzo-Albergoni, Paulo Orestes (“in memoriam”),  
Ana Dalva, Ana Paula e Joseval pelo convívio, apoio e estímulo

À

minha namorada Fabiana pela compreensão  
demonstrada durante minhas ausências,  
companheirismo e pelo incentivo.

Aos

meus sobrinhos Ana Luiza, João Gabriel e Maria  
Fernanda, que mesmo não sabendo muito  
ajudaram na realização deste trabalho

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter-me possibilitado chegar ao final da realização desta etapa, com a disposição e a certeza de que muito ainda tenho a fazer.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter possibilitado desenvolver este trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya, por sua competente orientação, valiosos ensinamentos, amizade, e dedicação incondicional a realização deste trabalho.

A Prof. Dra. Maria Raquel Marçal Natali, pelo apoio com as coletas, processamento e interpretação de dados histológicos e também por sua amizade e dedicação ao presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo, pela coorientação, apoio e amizade que já não data de curto tempo.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Nutrição de Peixes Tropicais (GNPT), Lilian Carolina, Lílian Dena, Luiz Vitor, José Sergio, Thêmis, Tarcila, Marco, Mariana, Bruno, Thiago e Kátia, pelo apoio, convivência e bons momentos vividos durante a realização deste trabalho.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, UEM, em especial as técnicas do Laboratório de Análises de Alimentos Cleuza Volpato e Creuza de Azevedo que muito ajudaram durante as Análises Bromatológicas.

Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (NUPELIA), e aos seus técnicos Claudemir, Carlos Eduardo, Eliana e Sandra, pelo apoio dado durante a realização deste trabalho.

Às técnicas do Laboratório de Histotécnica Animal do Departamento de Ciências Morfofisiológicas DCM/UEM, Maria Eurides Carlo Cancino e Maria dos Anjos Moreira Fortunato, pelo apoio prestado durante o processamento das análises histológicas.

Ao professor Wilson e ao doutorando Flávio do Programa de Pós-Graduação em Física da UEM, pelo apoio técnico com a determinação da densidade óssea.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

CHRISTIANO RODRIGUES SCHAMBER, filho de Manoel Afonso Schamber e Laide Rodrigues, nasceu em Maringá, Paraná, no dia 25 de maio de 1978.

Em dezembro de 2004, concluiu o curso de Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2006, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de nutrição de peixes tropicais.

No dia 22 de setembro 2008, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS . . . . .	viii
LISTA DE FIGURAS . . . . .	ix
RESUMO . . . . .	x
ABSTRACT . . . . .	xi
<b>I. INTRODUÇÃO GERAL . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1. Considerações sobre a espécie . . . . .	1
1.2. Exigência de fósforo para peixes . . . . .	3
1.3. Intestino de peixes . . . . .	6
<b>Literatura Citada . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>II. Exigência de fósforo para a tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>), na</b>	
<b>terminação . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>RESUMO . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>Introdução . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>Material e Métodos . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>Resultados e Discussão . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>Literatura Citada . . . . .</b>	<b>31</b>

## LISTA DE TABELAS

	Página
II. Exigência de fósforo para a tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) na terminação	
Tabela 1 - Composição das dietas experimentais . . . . .	16
Tabela 2 – Desempenho da tilápia do Nilo na terminação, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível. . . . .	21
Tabela 3 – Composição química da carcaça da tilápia do Nilo na terminação, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível . . . . .	22
Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes das dietas com níveis crescentes de fósforo disponível para a tilápia do Nilo, na terminação. . . . .	23
Tabela 5 – Retenção de minerais nos ossos vertebrais de tilápia do Nilo na terminação, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível. . . . .	25
Tabela 6 – Índice de Seedor e densidade relativa de Arquimedes do osso pré-opercular de adultos de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível . . . . .	28

## LISTA DE FIGURAS

	Página
II. Exigência de fósforo para a tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) na terminação	
Figura 1 – Energia da dieta e gordura corporal de tilápias do Nilo, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível. . . . .	24
Figura 2 - Ferro, magnésio e zinco nos ossos vertebrais de tilápias do Nilo, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível. . . . .	27

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a exigência de fósforo disponível para a tilápia do Nilo, linhagem tailandesa, na fase de terminação (140g-580g). Cento e vinte peixes revertidos para macho foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Foram fornecidas dietas com 29% de proteína digestível e 3300 kcal de energia digestível/kg, contendo 0,31%; 0,44%; 0,52% e 0,83% de fósforo disponível. O fosfato bicálcico foi usado como fonte de fósforo inorgânico. As dietas foram fornecidas três vezes ao dia até aparente saciedade durante 84 dias. Não foi observado efeito dos níveis de fósforo da dieta sobre o consumo, taxa de eficiência proteica, índice hepatossomático, rendimento de filé, umidade e proteína bruta na carcaça. Foi observada redução linear sobre o teor de gordura na carcaça e concentração de zinco nos ossos vertebrais e aumento linear nos teores de cinzas e cálcio da carcaça e disponibilidade de fósforo, com o aumento dos níveis de fósforo da dieta. Foi observado efeito quadrático sobre as variáveis de ganho em peso, conversão alimentar, coeficiente de digestibilidade aparente da energia, fósforo na carcaça, cálcio, fósforo, ferro e magnésio nos ossos vertebrais, índice de Seedor, densidade óssea, e altura dos vilos, em que melhores valores dessas variáveis foram estimados com 0,61%; 0,66%; 0,54%; 0,72%; 0,64%; 0,63%; 0,69%; 0,67%; 0,67%; 0,72%; e 0,52% de fósforo disponível. Conclui-se que a exigência de fósforo disponível em dietas para a tilápia do Nilo, na terminação, é de 0,66%.

Palavras-chave: desempenho zootécnico, mineral, ossos, peixe

## ABSTRACT

This work was carried out to determine the available phosphorus requirement of finishing Nile tilapia, thai strain (140-580g). A hundred and twenty fish reverted sexually for male were assigned to a entirely randomized design with four treatments and three replicates. Diets with 29% of digestible protein and 3300 kcal of digestible energy/kg were used, containing 0.31; 0.44; 0.52 and 0.83% of available phosphorus. The dicalcium phosphate was used as inorganic phosphorus source. Fish were fed three times a day to apparent satiation for 84 days. No effects of dietary phosphorus on feed intake, protein efficiency ratio, hepatosomatic index, fillet yield, humidity and protein on carcass were observed. Dietary phosphorus resulted in linear reduction of carcass body fat and zinc concentration in the vertebra bones and linear increase in carcass ash and calcium and available phosphorus. It was observed a quadratic effect on weight gain, feed conversion ratio, apparent digestibility coefficients of energy, phosphorus carcass, vertebral bone calcium, phosphorus, iron and magnesium, Seedor Index and bone density and villus height being their best values estimated with 0.61, 0.66, 0.54, 0.72, 0.64, 0.63, 0.69, 0.67, 0.67; 0.72 and 0.52%, respectively. It was concluded that dietary requirement of finishing Nile tilapia is 0.66% of available phosphorus.

Palavras-chave: performance, mineral, bones, fish

## I. INTRODUÇÃO GERAL

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de interesse econômico e social, sendo criada principalmente em países tropicais e subtropicais. Possui características desejáveis à piscicultura como facilidade de obtenção de larvas, rusticidade, hábito alimentar onívoro e rápido crescimento em criação intensiva.

O maior produtor de tilápias do mundo é a China, com produção de 897.276 toneladas, seguido de Egito e Filipinas com 199.038 e 145.869 toneladas por ano, respectivamente. O Brasil é o sétimo produtor mundial de tilápias com 69.078 toneladas por ano (FAO, 2006).

O cálcio e o fósforo são macrominerais exigidos em maior quantidade pelos vertebrados. Em criação intensiva, a dieta é a principal fonte de nutrientes aos peixes, devendo a mesma atender todas as exigências para permitir o adequado desempenho e resposta econômica da criação (Pezzato et al., 2006). Porém, em peixes, 65% a 80% das exigências de cálcio podem ser supridas diretamente da água por absorção ativa pelas brânquias, enquanto o fósforo deve ser obrigatoriamente fornecido na dieta (Wilson et al., 1982).

O fósforo é essencial para o metabolismo energético e mineralização óssea. Porém, em excesso, pode provocar a eutrofização de corpos de água levando por consequência a características organolépticas indesejáveis na carne dos peixes. Desta forma, para a obtenção de resultados economicamente satisfatórios, é necessário o estabelecimento das reais exigências de fósforo disponível pelos peixes em cada fase de criação. Poucos são os trabalhos realizados com o objetivo de determinar as exigências nutricionais de fósforo disponível para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação.

### 1.1. Considerações sobre a espécie

Atualmente, encontram-se descritas 77 espécies de tilápias, sendo que 22 têm sido usadas na piscicultura em escala experimental e, ou comercial. Do ponto de vista taxonômico, não há consenso quanto ao agrupamento destas espécies em gêneros,

porém, basicamente são descritos *Tilápia*, *Sarotherodon* e *Oreochromis*. Outros taxonomistas preferem o termo tilápia para todas as espécies descritas (Moreira et al., 2001).

A tilápia do Nilo é nativa da África, sendo criada principalmente em países tropicais e subtropicais. As primeiras espécies de tilápia foram criadas fora do continente africano na década de 30, expandindo-se rapidamente pelo sudeste asiático e sul do Pacífico, Europa e sul dos Estados Unidos (Hildsorf, 1995).

Segundo Mainardes-Pinto et al. (1989), no Brasil, a espécie foi introduzida em 1971, proveniente da Costa do Marfim, em açudes do nordeste, e difundiu-se para todo o país. No ano de 1996 a Emater (Empresa Agropecuária de Assistência Técnica e Extensão Rural), juntamente com a Alevinopar (Associação de Alevinocultores do Paraná) importaram um lote de tilápias do Nilo da Tailândia. Na década seguinte, novas linhagens foram introduzidas objetivando melhores índices zootécnicos, por meio da redução no período de criação, melhora na conversão alimentar e aumento no rendimento de carcaça.

O interesse no cultivo de tilápias em vários países do mundo é atribuído a sua carne de boas características organolépticas, filés sem espinhos intramusculares em forma de "Y", sua rusticidade e precocidade (Furuya et al., 2000).

A criação comercial de tilápias é realizada a partir de populações monosexo, pois as fêmeas apresentam menor ganho de peso e pior conversão alimentar que os machos (Toyama et al., 2000), pois mobilizam grande parte dos nutrientes de suas reservas corporais para as atividades reprodutivas, e não se alimentam durante o período da incubação oral dos ovos (Beardmore et al., 2001).

O método mais utilizado para obtenção de populações monosexo é a reversão sexual das larvas, que consiste da adição de hormônio masculinizante na ração. Esta fase é de grande importância para o cultivo subsequente, pois é responsável pelo fornecimento de alevinos de boa qualidade para o mercado consumidor (Boscolo et al., 2005), além do mais evita problemas com reprodução nos tanques de engorda e competição pelo alimento (Furuya et al., 2000).

Segundo Meurer et al. (2002), as tilápias aceitam dietas artificiais desde o período larval, possuindo trato digestório completo, com capacidade de digestão enzimática e, portanto, com potencial para a utilização destas dietas (Kubitza, 1997). São eficientes na utilização dos carboidratos como fonte de energia (Kubarik, 1997),

sendo possível desta forma a elaboração de dietas com alimentos de origem vegetal suplementadas com fonte inorgânica de cálcio e fósforo (Boscolo et al., 2001).

## 1.2. Exigência de fósforo para peixes

Em criação intensiva a principal fonte de fósforo para os peixes é a dieta, já que o alimento natural é insuficiente para atender as suas exigências (Furuya et al., 2001) em função do baixo nível de fósforo presente em rios e da baixa capacidade de absorção desse mineral pelas brânquias (Wilson et al., 1982).

A utilização de dietas formuladas com base em ingredientes de origem vegetal tem sido bastante estudada para peixes carnívoros e onívoros. Nesses alimentos, quantitativamente, o fósforo é o nutriente mais limitante (Furuya et al., 2004) por estar presente na forma de fitato, pouco disponível aos peixes (Miranda et al., 2000). Assim, torna-se necessária a suplementação com fontes inorgânicas de fósforo, geralmente o fosfato bicálcico, para atender as exigências dos peixes.

Dentre os minerais, o fósforo é o que apresenta maior importância para o crescimento, mineralização óssea e metabolismo de lipídios. Para as diversas espécies de peixe a exigência de fósforo está relacionada com a taxa de crescimento, características do sistema digestório de cada espécie e da disponibilidade do fósforo do alimento (Pezzato et al., 2006). Além disso, a determinação das exigências de fósforo é importante para permitir a elaboração de dietas que resultem em mínimo impacto ao meio ambiente (Furuya, 2001).

Diversos trabalhos foram realizados com o objetivo de determinar as exigências de fósforo para peixes com potencial aquícola. Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004) avaliaram dietas semipurificadas com base na proteína da caseína e com diferentes níveis de fósforo total (0,48%; 0,65%; 0,77%; 0,86%; 1,05%; e 1,25%, com base na matéria seca), proveniente de suplementação com fosfato bicálcico para juvenis de “sea bass” (*Dicentrarchus labrax L.*) com aproximadamente 10g. Foi determinada exigência de 0,65% deste mineral para esta espécie. Além disso, os autores verificaram aumento linear na excreção de fósforo com o aumento deste mineral nas dietas.

A exigência de fósforo total na dieta foi determinada para juvenis de “milkfish”, (*Chanos chanos*) com aproximadamente 2,5g de peso inicial por Borlongan & Satoh (2001). Esses autores avaliaram uma dieta com nível de fósforo de 0,28% não

suplementada com fonte inorgânica de fósforo e outras seis dietas onde o fosfato de potássio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) foi adicionado para obterem os níveis de 0,43%; 0,58%; 0,73%; 0,88%; 1,03% e 1,18% de fósforo. Após dezesseis semanas, os autores determinaram exigência de 0,85% de fósforo na dieta para melhor crescimento e mineralização óssea.

Para juvenis de “gilthead sea bream” (*Sparus aurata L.*) com peso inicial médio de 5g, Pimentel-Rodrigues & Oliva-Teles (2001) trabalharam com dietas semipurificadas com níveis de 0,37%; 0,57%; 0,75%; 0,95%; 1,1%; 1,32% e 1,5% de fósforo total, obtidas pela suplementação com fosfato bicálcico. Foi determinada exigência de fósforo de 0,75%, considerando-se o crescimento, consumo, taxa de eficiência alimentar, taxa de eficiência proteica, retenção de nitrogênio, composição química da carcaça, consumo de fósforo e retenção de fósforo.

Objetivando determinar a exigência de fósforo para juvenis de “European whitefish” (*Coregonus lavaretus L.*) com peso inicial médio de 5,2g, Vielma et al. (2002) utilizaram a taxa de crescimento e a mineralização óssea dos peixes como as principais variáveis analisadas. Foi utilizada uma dieta controle semipurificada com 0,43% de fósforo e suplementada com diferentes proporções de fosfato de sódio ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ ) e fosfato de potássio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), resultando em valores de fósforo de 0,71%; 0,98%; 1,22% e 1,48%. Após 45 dias, os autores determinaram exigência de fósforo disponível de 0,65% na dieta.

Para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com peso inicial médio de 78g Coloso et al. (2003) delinearam experimento em que os peixes foram alimentados durante onze semanas com dietas práticas que variavam quanto ao nível de fósforo disponível em, 2,4%; 5,9%; e 8,8%. Os autores determinaram exigência de 0,88% fósforo total na dieta ou 0,58% de fósforo disponível, para ótimo crescimento, retenção superior de fósforo e concentração normal de fósforo no plasma.

Com a mesma espécie Lellis et al. (2004) delinearam experimento envolvendo dietas que variavam quanto ao nível de fósforo disponível (0,15%; 0,21%; 0,30%; 0,42%; 0,60%; 0,85% e 1,20%) e uma dieta comercial com 1,20% de fósforo disponível. Combinadas fatorialmente a essas oito dietas, os autores avaliaram três fases consecutivas de criação de pós-juvenis de truta arco-íris e pesos iniciais de 200g, 300g, ou 400g. Após avaliados os parâmetros de ganho de peso, retenção de fósforo, perda de fósforo, análise química da carcaça, sobrevivência e características de processamento, os autores determinaram exigência de nível de fósforo disponível para truta arco-íris de

0,60% para peixes com peso inicial de 200g, 0,30% para 300g e 0,15% para peixes com aproximadamente 400g de peso inicial, sendo que em todas as fases os peixes foram abatidos com peso corporal de aproximadamente 550g. Além disso, os autores citaram que com a alimentação por fases, além de ser possível reduzir a quantidade de fósforo da dieta, a quantidade perdida para o ambiente foi reduzida em 12,5% para peixes com 300g ou 400g.

Visando determinar as exigências quantitativas, excreção, disponibilidade e sinais de deficiência de fósforo em “haddock” (*Melanogrammus aeglefinus* L.), com peso inicial médio de 4,2g, Roy & Lall (2003) avaliaram dietas com cinco níveis de fósforo (0,42%; 0,62%; 0,82%; 1,02%; 1,22% total). O crescimento, taxa de conversão alimentar, cinzas nas vértebras e opérculo e excreção de fosfato na urina correlacionaram-se positivamente com os níveis de fósforo na dieta, sendo que a exigência de fósforo foi estimada por equação quadrática para cinzas nas vértebras em 0,96% de fósforo total, ou 0,72% de fósforo disponível. Os autores determinaram, ainda, que a disponibilidade de fósforo orgânico nas dietas foi de aproximadamente 43,2%, enquanto a do fósforo inorgânico (fosfato de cálcio  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) foi de aproximadamente 99%. Os sinais de deficiência de fósforo foram caracterizados pelo menor crescimento, perda de apetite, piora na mineralização óssea, deformidades de vértebras e aumento em conteúdo de gordura no corpo dos peixes.

Para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Pezzato et al. (2006) formularam cinco dietas com níveis crescentes de fósforo disponível (0,25%; 0,50%; 0,75%; 1,00%; 1,25%) por meio de suplementação inorgânica com fosfato bicálcico, encontrando exigência de 0,75% de fósforo disponível (base na matéria natural da ração), para melhores resultados de desempenho produtivo e mineralização óssea. Para a mesma espécie e fase de criação, Ribeiro et al. (2006) determinaram a exigência de fósforo total, usando seis níveis deste mineral na dieta (0,55%; 0,73%; 0,94%; 1,14%; 1,37% e 1,59%), estimando melhores resultados de desempenho com 1,10% de fósforo total.

A deficiência de fósforo em condições práticas frequentemente está ligada ao excesso de cálcio na dieta, o que leva a efeito antagônico na absorção de fósforo (Nakamura, 1982). Quando o cálcio está em excesso, o fósforo não é absorvido pelo intestino devido a formação de algumas formas de fosfato de cálcio que biologicamente não é disponível para os peixes (Cowey & Sargento, 1979), citados por Chaves-Sanches et al. (2000).

O fósforo, juntamente com a luz solar, é o principal fator limitante da produção primária em ambientes aquáticos. Assim, quando em excesso, pode causar a eutrofização dos corpos de água, caracterizada pelo aumento da concentração de nutrientes, tendo como consequência o aumento de suas produtividades (Esteves, 1988).

Inicialmente ocorre aumento na produção primária, seguido de modificações na taxa de sedimentação, na dinâmica de oxigênio, alterações nas comunidades e redução da qualidade da água, podendo gerar prejuízos para o abastecimento, geração de energia e áreas de lazer (Esteves, 1988).

O efeito mais conhecido da eutrofização de ambientes aquáticos são os “blooms” fitoplanctônicos, que podem levar a mortalidade ou efeitos adversos diretos aos peixes, como a irritação física das brânquias, com excesso de produção de muco, o que induz hipoxia ou anoxia no sangue. Quando no caso de dominância de *C. leadbeateri* os prejuízos nas brânquias podem evoluir para problemas osmoregulatorios (Treasurer et al., 2003). Segundo Takayama & Adachi (1984) o sistema digestório dos peixes também pode ser afetado com irritações que evoluem para erosão epitelial.

Ainda que o aumento na produtividade seja o principal objetivo do nutricionista, há necessidade de considerar os impactos sobre o meio ambiente, que podem afetar a sobrevivência e o desempenho dos peixes por meio da alteração da qualidade da água (Furuya, 2001). Desta forma alguns fatores devem ser considerados para minimizar o efeito poluidor dos efluentes produzidos pelas pisciculturas, destacando-se a formulação das dietas com valores adequados de fósforo (Gonçalves et al., 2007), bem como manter a adequada relação cálcio/fósforo (Furuya, 2001).

Os trabalhos de exigências nutricionais de fósforo são importantes para elaboração de dietas que diminuam o impacto ambiental e atendam as exigências dos peixes. Para tal, é preciso considerar a fase de criação, a espécie de peixe, a disponibilidade do fósforo na dieta, bem como sua influência sobre o crescimento, eficiência alimentar, composição corporal e utilização dos demais nutrientes.

### **1.3. Intestino de peixes**

A anatomia do aparelho digestório dos peixes basicamente não se distingue da dos animais terrestres, sendo formado por uma cavidade bucal, esôfago, estômago, intestino, reto e ânus. Porém, interespecificamente os peixes apresentam variações do

aparelho digestório, sendo que a ausência, presença ou modificação de estruturas está relacionada com a diversidade dos alimentos explorados pelas espécies, características do habitat, estado nutricional e o desenvolvimento do organismo.

Em relação ao intestino, verifica-se grande variação do comprimento na maioria dos teleósteos. Porém, o comprimento relativo de cada segmento intestinal varia de 60% a 75% para o segmento proximal, 20% a 25% para o segmento médio e 5% a 10% para o segmento distal (Noaillac-Depeyre & Gás, 1976).

A parede do intestino dos peixes se assemelha a de outros animais, sendo constituída por quatro camadas: mucosa, submucosa, camada muscular e serosa. A mucosa é formada por um revestimento de células epiteliais, apoiadas sobre a lamina própria e pela muscular da mucosa que é formada por uma delgada camada interna circular e uma camada externa longitudinal de músculo liso (Junqueira & Carneiro, 2004).

A mucosa intestinal de peixes se projeta na luz do intestino formando estruturas denominadas de vilos ou vilosidades intestinais que aumentam a superfície de contato, proporcionando maior eficiência na absorção dos nutrientes da digesta. Diferentemente dos outros animais, nos peixes os vilos são geralmente menores e densos e as criptas estão ausentes em a maior parte dos peixes (Frierson & Foltz, 1992), local de intensa divisão celular.

O epitélio da mucosa do intestino é formado por vários tipos celulares dentre os quais destacam-se os enterócitos (responsável pela absorção de nutrientes), células caliciformes (produzem muco para lubrificação e proteção do epitélio intestinal), células de Paneth (secretam grânulos de lisozima que digere parede celular de algumas bactérias), células enteroendócrinas (secretam vários tipos de hormônios como a secretina, polipeptídeo inibidor gástrico, glicentina, colecistoquina e motilina), células M, que desempenha papel fundamental para as funções do sistema imunitário do intestino e as células fonte que dão origem as demais epiteliais (Junqueira & Carneiro, 2004).

O desenvolvimento da mucosa intestinal consiste no aumento do número de células epiteliais, levando por consequência no aumento da altura dos vilos intestinais. Esse processo decorre da renovação celular (proliferação e diferenciação), resultante das divisões mitóticas em células totipotentes (stem cels) localizadas ao longo dos vilos (Applegate et al., 1999), e das perdas de células por extrusão, que ocorre normalmente no ápice dos vilos intestinais.

O equilíbrio entre esses dois processos determina um “turnover” (síntese-migração-extrusão) constante, ou seja, a manutenção do tamanho dos vilos e, portanto, a manutenção da capacidade digestiva e de absorção intestinal. Quando o intestino responde a algum agente com desequilíbrio no “turnover” a favor de um desses processos, ocorre modificação na altura dos vilos (Maiorka et al., 2002).

A presença de nutrientes no lúmen do intestino é fator estimulante do crescimento dos vilos intestinais (Moran, 1985), levando a aumento da superfície de contato do intestino com o alimento ingerido, podendo levar a melhor aproveitamento da dieta.

Trabalhos que relacionam mudanças morfológicas do intestino dos peixes, em resposta a concentração de fósforo na dieta são inexistentes. Estes estudos são importantes na elucidação de questões morfofisiológicas e metabólicas do processo digestivo, bem como no auxílio da determinação das exigências nutricionais dos peixes.

### Literatura Citada

- APPLEGATE, T.J.; DIBNER, J.J.; KITCHELL, M.L. et al. Effect of turkey (*Meleagris gallopavo*) breeder hen age and egg size on poult development. 2. Intestinal villus growth, enterocyte migration and proliferation of the turkey poult. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.124, p.381-389, 1999.
- BEARDMORE, J.A.; MAIR, G.C.; LEWIS, R.I. Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. **Aquaculture**, v.197, p.283-301, 2001.
- BORLONGAN, I.G.; SATOH, S. Dietary phosphorus requirement of juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). **Aquaculture Research**, v.32, p.26-32, 2001.
- BOSCOLO, W. R.; MEURER, F.; FEIDEN, A. et al. Farinha de vísceras de aves em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.373-377, 2005.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atráctantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1397-1402, 2001.
- CHAVES-SANCHEZ, C.; MARTINEZ-PALACIOS, C.A.; MARTINEZ-PEREZ, G. Phosphorus and calcium requirements in the diet of the american cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). **Aquaculture Nutrition**, v.6, p.1-9, 2000.
- COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W. et al. Phosphorus utilization in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220, p.801-820, 2003.
- ESTEVEZ, F.A. Fundamentos de limnologia. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 602p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **State of world aquaculture**. Rome, Italia, 2006. 134p.
- FRIERSON, E.W.; FOLTZ, J.W. Comparison and estimation of absorptive intestinal areas in two chielid fish. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.121, p.517-523, 1992.
- FURUYA, W.M. Alimentos ambientalmente corretos para a piscicultura. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.927.
- FURUYA, W.M. ; GONÇALVES, G.S. ; BARRIVIERA-FURUYA, V.R. et al. Fitase na alimentação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.924-929, 2001.
- FURUYA, W.M.; SERON, S.; VARGAS, L. et al. Níveis de levedura desidratada "spray-dried" na dieta de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Ciência Rural**, v.30, n.4, p.699-704, 2000.

- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P.M. et al. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p. 1473-1480, 2007.
- HILDSORF, A.W.S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas, uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, p.73-87, 1995.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Histologia Básica. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 488p.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v.6, p.16-18, 1997.
- KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 74p.
- LELLIS, W.A.; BARROWS, F.T.; HARDY, R.W. Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival, growth, and processing characteristics of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.242, p.607-616, 2004.
- MAINARDES-PINTO, C.S.R.; VERANI, J.R.; ANTONIUTTI, D.M. Estudo comparativo do crescimento de machos de *Oreochromis niloticus* em diferentes períodos de cultivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.16, p.19-27, 1989.
- MAIORKA, A.; BOLELI, I.C.; MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Ed) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.113-123.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.566-573, 2002.
- MIRANDA, E.C ; PEZZATO, A.C ; PEZZATO, L.E. et al. Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.669-675, 2000.
- MORAN, E.T. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through prenatal development. **Journal Nutrition**, v.115, p.665-674, 1985.
- MOREIRA, H.L.M. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200p.
- NAKAMURA, Y. Effects of dietary phosphorus and calcium contents on the absorption of phosphorus in the digestive tract of carp. **Bulletin Japanese Scientific Fish**, v.51, p.605-608, 1982.
- OLIVA-TELES, A.; PIMENTEL-RODRIGUES, A. Phosphorus requirement of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v.35, p.636-642, 2004.
- PEZZATO, L.E.; ROSA, M.J.S.; BARROS, M.M. et al. Exigência em fósforo disponível para alevinos de Tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1600-1605, 2006.
- PIMENTEL-RODRIGUES, A.M.; OLIVA-TELES, A. Phosphorus requirement of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v.32, p.157-161, 2001.

- RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BONFIM, M.A.D. et al. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.
- ROY, P.K.; LALL, P.S. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, v.221, p.451-468, 2003.
- NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Electron microscopic study on the gut epithelium of the tench (*Tinca tinca* L.) with respect to its absorptive functions. **Tissue & Cell**, v.8, p.511-530, 1976.
- TAKAYAMA, H.; ADACHI, R. *Gymnodinium nagasakiense* sp nov., a red-tide forming dinophyte in the adjacent waters of the sea of Japan. **Bulletin plankton society Japanese**.v.31, p.7-14, 1984.
- TOYAMA, G.N.; CORRENTE, J.E.; CYRINO, J. E. P. Suplementação de vitamina C em rações para reversão sexual da Tilápia do nilo. **Sciencia agricola**, v.57, n.2, p.221-228, 2000.
- TREASURER, J.W; HANNAH, F.; COX, D. Impact of a phytoplankton bloom on mortalities and feeding response of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, in west Scotland. **Aquaculture**, v.218, p.103-113, 2003.
- VIELMA, J.; KOSKETA, J.; RUOHONEN, K. Growth, bone mineralization, and heat and low oxygen tolerance in European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) fed with graded levels of phosphorus. **Aquaculture**, v.212, p.321-333, 2002.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; GATLIN, D.M.III. et al. Dietary Phosphorus requirement of channel catfish. **Journal Nutrition**, v.112, p.1197-1292, 1982.

## II. Exigência de fósforo para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na terminação

**RESUMO** - O objetivo deste estudo foi determinar a exigência de fósforo disponível para a tilápia do Nilo, linhagem tailandesa, na fase de terminação (140g-580g). Cento e vinte peixes revertidos para macho, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Foram fornecidas dietas com 29% de proteína digestível e 3300 kcal de energia digestível/kg, contendo 0,31%; 0,44%; 0,52% e 0,83% de fósforo disponível. O fosfato bicálcico foi usado como fonte de fósforo inorgânico. As dietas foram fornecidas três vezes ao dia até aparente saciedade durante 84 dias. Não foi observado efeito dos níveis de fósforo da dieta sobre o consumo, taxa de eficiência proteica, índice hepatossomático, rendimento de filé, umidade e proteína bruta na carcaça. Foi observada redução linear sobre o teor de gordura na carcaça e concentração de zinco nos ossos vertebrais e aumento linear nos teores de cinzas e cálcio da carcaça e disponibilidade de fósforo, com o aumento dos níveis de fósforo da dieta. Foi observado efeito quadrático sobre as variáveis de ganho em peso, conversão alimentar, coeficiente de digestibilidade aparente da energia, fósforo na carcaça, cálcio, fósforo, ferro e magnésio nos ossos vertebrais, índice de Seedor, densidade óssea, e altura dos vilos, em que melhores valores dessas variáveis foram estimados com 0,61%; 0,66%; 0,54%; 0,72%; 0,64%; 0,63%; 0,69%; 0,67%; 0,67%; 0,72%; e 0,52% de fósforo disponível. Conclui-se que a exigência de fósforo disponível em dietas para a tilápia do Nilo, na terminação, é de 0,66%.

Palavras-chave: desempenho zootécnico, mineral, ossos, peixe

## **Phosphorus requirement of finishing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

**ABSTRACT** – This work was carried out to determine the available phosphorus requirement of finishing Nile tilapia, thai strain (140-580g). A hundred and twenty fish reverted sexually for male were assigned to a entirely randomized design with four treatments and three replicates. Diets with 29% of digestible protein and 3300 kcal of digestible energy/kg were used, containing 0.31; 0.44; 0.52 and 0.83% of available phosphorus. The dicalcium phosphate was used as inorganic phosphorus source. Fish were fed three times a day to apparent satiation for 84 days. No effects of dietary phosphorus on feed intake, protein efficiency ratio, hepatosomatic index, fillet yield, humidity and protein on carcass were observed. Dietary phosphorus resulted in linear reduction of carcass body fat and zinc concentration in the vertebra bones and linear increase in carcass ash and calcium and available phosphorus. It was observed a quadratic effect on weight gain, feed conversion ratio, apparent digestibility coefficients of energy, phosphorus carcass, vertebral bone calcium, phosphorus, iron and magnesium, Seedor Index and bone density and villus height being their best values estimated with 0.61, 0.66, 0.54, 0.72, 0.64, 0.63, 0.69, 0.67, 0.67; 0.72 and 0.52%, respectively. It was concluded that dietary requirement of finishing Nile tilapia is 0.66% of available phosphorus.

Key-Words: performance, mineral, bones, fish

## Introdução

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais utilizadas para criações intensivas no Brasil. É considerada a espécie mais promissora para a piscicultura, pelo rápido crescimento em cativeiro, por possuir carne com boas características organolépticas e seu filé não apresentar espinhos intramusculares em forma de “Y”, (Furuya et al., 2005).

O fósforo é um macromineral essencial para o adequado crescimento e reprodução dos peixes, sendo importante constituinte estrutural do tecido esquelético (Roy & Lall, 2003), e encontra-se distribuído em todas as células do organismo (Lovell, 1988). É exigido em grandes quantidades na dieta e, ainda que os peixes possam utilizar o fósforo da água, a eficiência dessa absorção é baixa (NRC, 1993). Sua deficiência resulta em pobre mineralização dos ossos (Furuya et al., 2001a), redução na taxa de crescimento e deposição de minerais na carcaça (Rodehutschord & Pfeffer, 1995; Dougall et al., 1996; Hardy & Glatin III, 2002; Lall, 2002).

Peixes alimentados com dietas deficientes em fósforo apresentam deformidades em diversas regiões do corpo (Cheng et al., 2005), pela baixa deposição de minerais, resultando em ossos porosos (Roy & Lall, 2003; Sugiura et al., 2004). O aumento na deposição de lipídios na carcaça, também tem sido observado, provavelmente pela alteração nos níveis plasmáticos de fosfatase alcalina e de enzimas envolvidas na gliconeogênese no fígado (Baeverfjord et al., 1998; Zhang et al., 2006; Yang et al., 2006).

A ração é a principal fonte de fósforo em criações intensivas, pois a concentração desse mineral é baixa em águas doce e salgada. Assim, é importante o adequado balanceamento de minerais para minimizar as perdas urinária e fecal reduzindo a possibilidade de eutrofização (Richie & Brown, 1996), que pode comprometer a qualidade da água e as características organolépticas da carcaça dos peixes (Van Der Ploeg & Boyd, 1991; English et al., 1993).

Nos alimentos de origem vegetal a disponibilidade do fósforo é baixa, uma vez que o mesmo encontra-se na forma de fitato, não disponível aos animais não-ruminantes (Sugiura et al., 1998). Como nos peixes a presença da enzima fitase é desprezível (Hardy, 1998), o fosfato bicálcico torna-se a mais importante fonte inorgânica de

fósforo em rações para peixes, principalmente quando são utilizadas com elevadas proporções de alimentos de origem vegetal.

A morfologia do intestino da tilápia do Nilo está intimamente relacionada com seu hábito alimentar onívoro e desta forma apresenta bom aproveitamento dos nutrientes de alimentos vegetais. Porém, o desenvolvimento da mucosa de seu intestino depende das características químicas dos nutrientes disponíveis. O fósforo por ser elemento indispensável para a homeostase dos peixes pode estimular o processo mitótico e, conseqüentemente, o tamanho dos vilos intestinais, resultando em melhor aproveitamento da dieta, e rendimento produtivo dos peixes.

Ainda são poucos os trabalhos realizados objetivando determinar as exigências de fósforo pela tilápia do Nilo em criação intensiva, nas diferentes fases de desenvolvimento. Esses estudos são necessários para maximizar o desempenho produtivo de forma economicamente viável, por meio do adequado crescimento dos peixes, mantendo a qualidade de carcaça e a qualidade da água, permitindo a criação sustentável de tilápias em cultivo intensivo.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível para a tilápia do Nilo, na terminação.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (NUPELIA) da Universidade Estadual de Maringá – UEM, no período de novembro de 2005 a janeiro de 2006, durante 84 dias.

Foram utilizadas 120 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), da linhagem tailandesa, revertidas para macho, com peso vivo inicial médio de  $145,87 \pm 9,51$  g. Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições em 12 tanques de fibrocimento (870 L/ cada) em sistema de recirculação de água (7L/minuto/tanque) com biofiltro central e aerados individualmente por meio de pedra porosa acoplada a soprador central. O oxigênio dissolvido foi mantido entre 4 mg/L a 6 mg/L e a temperatura entre 26 °C a 31 °C. Diariamente, cerca de 10% da água era renovada, sendo o cloro neutralizado por adição de solução diluída de Tiosulfato de Sódio.

Foram elaboradas quatro dietas isocalóricas (aproximadamente 3300 kcal de energia digestível ED/kg de dieta), isoprotéicas (29% de proteína digestível) com 0,31%; 0,44%; 0,52% e 0,83% de fósforo disponível (Tabela 1), atendendo as exigências de cálcio recomendadas pelo (NRC, 1993) para a espécie em estudo.

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais

Ingrediente	Fósforo disponível (%)			
	0,31	0,44	0,52	0,83
Quirera de arroz	12,00	12,00	12,00	12,00
Milho	9,36	8,71	8,46	7,86
Farelo de soja	50,12	50,12	50,12	50,12
Farelo de trigo	12,00	12,00	12,00	12,00
Levedura desidratada	5,00	5,00	5,00	5,00
Calcário calcítico	1,80	0,75	0,20	0,00
Fosfato bicálcico	0,00	1,70	2,50	3,30
Óleo de soja	5,00	5,00	5,00	5,00
Hidrolisado de fígado de aves	3,00	3,00	3,00	3,00
DL-metionina	0,20	0,20	0,20	0,20
L-lisina HCl	0,20	0,20	0,20	0,20
L-treonina	0,20	0,20	0,20	0,20
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitamina C <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Matéria seca (%) <sup>4</sup>	88,66	88,71	88,81	88,87
Energia digestível (kcal/kg) <sup>5</sup>	3287	3378	3420	3263
Proteína bruta (%) <sup>6</sup>	32,00	32,00	32,00	32,00
Proteína digestível (%) <sup>5</sup>	29,41	29,24	29,39	29,23
Fibra bruta (%) <sup>6</sup>	4,12	4,12	4,12	4,12
Extrato etéreo (%) <sup>6</sup>	7,42	7,69	7,78	7,95
Extrato etéreo digestível (%) <sup>5</sup>	6,91	7,14	7,26	7,38
Cálcio (%) <sup>6</sup>	1,01	1,01	1,01	1,01
Fósforo total (%) <sup>6</sup>	0,55	0,78	0,98	1,16
Fósforo disponível (%) <sup>5</sup>	0,31	0,44	0,52	0,83

<sup>1</sup> Suplemento mineral e vitamínico (Supre Mais): composição por kg: Vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ác. Fólico = 1.200 mg; pantotenato de Ca = 12.000 mg; vitamina C = 48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mg = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg.

<sup>2</sup> Vitamina C: (42% de ácido ascórbico).

<sup>3</sup> Butil Hidroxi Tolueno.

<sup>4</sup> De acordo com as análises Laboratoriais realizadas.

<sup>5</sup> De acordo com coeficientes de digestibilidade da energia e nutrientes das dietas experimentais.

<sup>6</sup> Valores calculados de acordo com Pezzato et al. (2002).

Para o preparo das dietas o milho, quirera de arroz, farelo de trigo e o farelo de soja foram moídos separadamente em moinho faca com peneira de granulometria de 0,50 mm de diâmetro, sendo misturados manualmente aos demais ingredientes das dietas. As dietas foram granuladas em moinho de carne elétrico, adicionando-se água na proporção de 30% do peso das dietas. Em seguida, foram submetidas a secagem em estufa de ventilação forçada (55°C) por 24 horas. O arraçoamento foi realizado em três refeições, às 8:00 h; 12:00 h; e 17:30 horas, manualmente, até saciedade aparente.

As variáveis de oxigênio dissolvido e pH foram aferidos semanalmente, pela manhã, por meio de kit digital portátil. A temperatura foi aferida diariamente às 8 h e 17:00 horas por meio de termômetro com bulbo de mercúrio.

Durante a realização do experimento o consumo de ração foi aferido e ao final do período experimental todos os peixes foram abatidos com dose letal de Eugenol (300 mg/L de água) e pesados individualmente em balança digital (0,01 g), para posterior cálculo das variáveis de consumo, ganho de peso médio, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica.

Sete peixes por unidade experimental foram eviscerados e aferidos o peso do fígado para a obtenção do índice hepatossomático. Além disso, cinco destes peixes tiveram seus filés retirados para pesagem e posterior cálculo do rendimento de filé.

Cinco peixes por unidade experimental, tiveram suas carcaças moídas, em moedor de carne elétrico e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas. Estas foram analisadas quimicamente quanto ao teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, cálcio e fósforo.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta e nutrientes das dietas, foram utilizadas quatro cubas de fibra de vidro com 10 peixes cada, com peso médio de  $254,60 \pm 16g$ . A coleta de fezes foi realizada diariamente às 8:00 h e 17:00 horas, sendo sete dias de coleta de fezes para formar um “pool” de amostra considerado como repetição. Para cada ração analisada foram coletados três “pools” de fezes.

Os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas foram obtidos de acordo com a expressão descrita por (Nose, 1960):

$$CDA = 100 - \left[ 100 \cdot \left( \frac{\%I_d}{\%I_f} \right) \cdot \left( \frac{\%P_f}{\%P_d} \right) \right]$$

*Em que:*

*CDA = coeficiente de digestibilidade aparente (%);*

*%I<sub>d</sub> e %I<sub>f</sub> = % Indicador na dieta e nas fezes, respectivamente;*

*%P<sub>f</sub> e %P<sub>d</sub> = % do nutriente nas fezes e na dieta, respectivamente.*

O óxido de cromo (III) foi utilizado como indicador (0,1% da dieta). As dietas experimentais utilizadas no estudo de desempenho produtivo foram moídas, sendo pulverizada água (55 °C) na proporção de 30% sobre seu peso total e, em seguida, granuladas em moinho de carne elétrico e desidratadas em estufa de ventilação forçada (55 °C), durante um período de 18 horas (Pezzato et al., 2002).

Os ossos da coluna vertebral de todos os peixes de cada unidade experimental foram desengordurados e moídos e (Soxlet, 24 horas) para determinação dos valores de cálcio, fósforo, ferro, magnésio, e zinco sendo sua coleta realizada de acordo com Furuya et al. (2001b).

As análises químicas das dietas, carcaça, fezes e ossos foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia/DZO/UEM, seguindo-se metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). A análise do cromo (III) das fezes foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Bremer-Neto et al. (2005).

O osso pré-opercular de todos os peixes de cada unidade experimental também foi coletado por meio de aquecimento das cabeças em água e retirada dos restos de tecidos com o auxílio de pinças, sendo então desidratados em estufa de ventilação forçada (55 °C) por 24 horas, identificados e desengordurados por imersão em éter de petróleo durante 24 horas.

O comprimento total de cada osso foi obtido por meio de paquímetro digital Starret® (0,01 mm). A densidade óssea foi obtida pela pesagem do osso pré-opercular em kit de determinação da densidade Gehaka® acoplado em balança analítica digital com precisão de quatro casas decimais. Após obtenção do peso seco dos ossos, os mesmos foram imersos em água destilada por 90 minutos com o auxílio de copos de polietileno previamente identificados para que suas cavidades fossem completamente preenchidas por água. Após, os ossos foram pesados imersos em água destilada para obtenção do peso imerso para posterior cálculo da densidade de Arquimedes e índice de Sedor através das seguintes expressões.

$$V = \frac{P - P_i}{d}$$

*Em que:*

*V = volume ósseo (cm<sup>3</sup>)*

*P = peso do osso seco (g)*

*P<sub>i</sub> = peso do osso imerso (g)*

*d = densidade da água (temperatura ambiente).*

$$D = \frac{P}{V}$$

*Em que:*

*D = densidade óssea (g/cm<sup>3</sup>)*

*P = peso seco (g)*

*V = volume ósseo (cm<sup>3</sup>)*

O Índice de Seedor foi obtido por meio da expressão descrita por (Seedor et al., 1991).

$$IS = \frac{P}{C}$$

*Em que:*

*IS = Índice de Seedor*

*P = Peso seco (mg)*

*C = Comprimento (mm)*

Nove peixes por tratamento foram utilizados para análise da morfometria intestinal, realizada no Laboratório de Histotécnica Animal do Departamento de Ciências Morfofisiológicas-DCM/UEM.

Amostras de aproximadamente 10 cm, da porção proximal do intestino, cerca de 40 cm da junção com o estômago foram cortadas longitudinalmente com tesoura cirúrgica e lavadas com soro fisiológico. Destas, uma porção de aproximadamente 3 cm do intestino foi fixada aberta com a parede interna do órgão orientada para cima, com o auxílio de espinhos, sobre pranchas de isopor, sendo então mergulhadas em frascos de polietileno previamente identificados contendo solução fixadora de *Bouin* aquosa por seis horas, sendo este substituído por álcool 70%.

Em seguida as amostras foram desidratadas pela passagem em séries crescentes de álcool, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina, para a obtenção de cortes semisseriados transversais com o auxílio de micrótomo em espessura de 5 µm. De cada

amostra de intestino, foram confeccionadas duas lâminas contendo cinco cortes histológicos cada, as quais foram submetidas à coloração com Hematoxilina de Harris e Eosina (H.E.). Este material foi submetido a captura de imagem com objetiva de 4X realizada no Complexo de Centrais de Apoio a Pesquisa (COMCAP) da UEM, em microscópio óptico com câmera Zeiss, acoplado a um microcomputador com programa computacional Axionvision 4.

Para as análises morfométricas dos vilos intestinais, foi utilizado o programa computacional Image Pró-Plus 4.5<sup>®</sup>, sendo que 25 vilos intestinais por animal foram aferidos quanto a altura, totalizando 225 vilos por tratamento.

Os dados correspondentes a todas as variáveis coletadas foram submetidos a análises de variância e regressão polinomial por meio do programa computacional SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) (UFV, 1982).

### **Resultados e Discussão**

Neste estudo, após 84 dias de experimento, não foram registradas mortalidades. Durante a coleta de ossos para análise de minerais não foram observados sinais externos de anormalidades ou deformidades ósseas. As deformidades esqueléticas são os principais sintomas de deficiências morfopatológicas em peixes alimentados com dietas deficientes em fósforo segundo Lall (2002) e Sugiura et al. (2004).

Nossos resultados concordam com os obtidos por Yang et al. (2006), que trabalhando com “silver perch” (*Bidyanus bidyanus*), não observaram anormalidades externas em peixes alimentados com dietas com deficiência de fósforo durante 56 dias. Já Roy & Lall (2003), trabalhando com “haddock” (*Melanogrammus aeglefinus* L.) durante 90 dias em salinidade de água de 32‰ e temperatura de  $12 \pm 2^\circ\text{C}$ , observaram deformidades nos espinhos e curvatura nas vértebras, principalmente na região caudal, dos peixes alimentados com 0,42% de fósforo total na dieta.

Resultados conflitantes quanto ao aparecimento de deformidades ósseas em peixes sugerem que o surgimento dos sintomas de deficiência de fósforo estão relacionados com diversos fatores relacionados com a água, o peixe e a dieta podendo resultar ou não em ocorrência de deformidades ósseas (Roy & Lall, 2003), desta forma as condições impostas neste experimento justificam a ausência de deformidades esqueléticas.

Na Tabela 2, encontram-se os valores médios de desempenho da tilápia do Nilo, na terminação, alimentadas com dietas com diferentes valores de fósforo disponível. Não foram observados efeitos ( $P > 0,05$ ) dos diferentes níveis de fósforo disponível nas dietas sobre as variáveis de consumo, taxa de eficiência proteica, rendimento de filé e índice hepatossomático.

Tabela 2 – Desempenho da tilápia do Nilo na terminação, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível.

Variável	Fósforo disponível (%)				CV <sup>1</sup>
	0,31	0,44	0,52	0,83	
Peso inicial (g)*	145,13	146,80	145,97	145,23	0,75
Peso final (g)*	557,28	574,23	603,07	596,36	3,86
Ganho em peso (g) <sup>2*</sup>	412,15	427,43	457,10	451,13	5,18
Consumo de ração*	534,39	537,61	544,67	549,45	5,23
Conversão alimentar <sup>2*</sup>	1,30	1,26	1,19	1,22	3,94
Taxa de eficiência proteica *	2,71	2,82	2,94	2,89	5,80
Índice hepatossomático**	1,71	1,77	1,76	1,90	9,48
Rendimento de filé (%)***	34,06	32,90	34,01	33,62	1,10

<sup>1</sup> Coeficiente de variação.

<sup>2</sup> Efeito quadrático: ganho em peso ( $P < 0,05$ ): ( $Y = 293,9100 + 480,4050X - 394,6310X^2$ ;  $R^2 = 0,74$ ); conversão alimentar ( $Y = 1,5690 - 1,1340X + 0,8537X^2$ ;  $R^2 = 0,84$ );

\* 30 peixes por tratamento

\*\* 21 peixes por tratamento

\*\*\* 15 peixes por tratamento

Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de fósforo disponível sobre o ganho em peso e conversão alimentar, em que os melhores valores foram estimados com 0,61% e 0,66% de fósforo disponível, respectivamente, com base em matéria natural (MN). Para comparação dos dados obtidos no presente trabalho, com artigos publicados em língua inglesa, os valores de fósforo disponível das dietas, com base em matéria seca (MS), foram de 0,35%; 0,50%; 0,59% e 0,93%. Assim, para ganho em peso e conversão alimentar, os valores estimados são de aproximadamente 0,69% e 0,74%, respectivamente.

Estes valores são inferiores aos obtidos por Watanabe et al. (1980) para a tilápia do Nilo (1%), Asgard & Shearer (1997) para o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (1%), e Zhang et al. (2006) para “sea bass” japonês (*Lateolabrax japonicus*) (0,86%). Aproximam-se dos resultados de Pimentel-Rodrigues & Oliva-Teles (2001) para “gilthead sea bream” (*Sparus aurata*) (0,75%), Yang et al. (2006) para “silver perch” (0,68%) e Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004) para “European sea bass” (*Dicentrarchus labrax*) (0,7%), sendo superiores aos obtidos por Wilson et al. (1988),

para o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (0,4%), Haylor et al. (1998) para a tilápia do Nilo (0,46%) e tilápia azul (*Oreochromis aureus*) (0,50%).

Por outro lado, Eya & Lovell (1997) não observaram efeitos da utilização de dietas com 0,20%; 0,27%; 0,36%; 0,44% e 0,60% de fósforo disponível (MS) para juvenis de bagre do canal sobre o ganho de peso e conversão alimentar.

Em trabalho realizado com juvenis de “gilthead sea bream”, Pimentel-Rodrigues & Oliva – Teles (2001) observaram pequeno incremento no ganho de peso e melhora na conversão alimentar nos peixes que foram alimentados com dietas contendo mais de 0,75% de fósforo total (MS), mas não observaram piora no crescimento ou eficiência na utilização do fósforo pelos peixes que receberam dietas com até 1,7% de fósforo total (MS), o que também já tinha sido confirmado por Asgard & Shearer (1997) em estudo realizado com juvenis de salmão do Atlântico alimentados com dietas contendo 0,44% a 2,53% de fósforo (MS).

O menor ganho de peso e piora na conversão alimentar obtida em peixes que consumiram as dietas com 0,31% e 0,83% de fósforo provavelmente estão relacionados com a concentração de fósforo, alterações nas relações cálcio:fósforo e utilização dos demais minerais da dieta. Na dieta com 0,83% de fósforo disponível, a relação cálcio total:fósforo disponível era de 1,2:1, enquanto a relação cálcio total:fósforo disponível da dieta com 0,61% de fósforo disponível, valor estimado para maior ganho de peso, foi de 1,65:1, próxima da relação obtida por Miranda et al. (2000) em estudos com juvenis de tilápia do Nilo, onde observaram que o melhor desempenho produtivo foi obtido pelos peixes que receberam dietas com 0,56% e 0,8% de fósforo disponível, ambas com 0,8% de cálcio total, resultando em dietas com relação cálcio total:fósforo disponível de 1:43 e 1:1, respectivamente.

Foram observados aumentos lineares ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de cinzas e cálcio e efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de fósforo na carcaça dos peixes (Tabela 3), estimando-se o valor de 0,72% de fósforo disponível na dieta na matéria natural ou 0,81 % na matéria seca para se obter o maior valor desta variável.

Tabela 3 – Composição química da carcaça da tilápia do Nilo na terminação, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível

Variável*	Fósforo disponível (%)				CV <sup>1</sup>
	0,31	0,44	0,52	0,83	
Umidade	80,22	79,44	78,35	78,24	1,64
Proteína bruta	16,15	16,84	16,84	16,89	3,80
Extrato etéreo <sup>2</sup>	7,86	7,86	7,31	6,86	6,41
Cinzas <sup>2</sup>	3,09	2,97	3,85	4,08	8,16
Cálcio <sup>2</sup>	0,73	0,76	1,11	1,14	9,54
Fósforo <sup>3</sup>	0,49	0,54	0,69	0,67	6,64

<sup>1</sup> Coeficiente de variação.

<sup>2</sup> Efeito linear ( $P < 0,05$ ): extrato etéreo = ( $Y = 8,5504 - 2,0540X$  ;  $R^2 = 0,88$ ); cinzas ( $Y = 2,3960 + 2,0990X$  ;  $R^2 = 0,71$ ); cálcio ( $Y = 0,5027 + 0,8205X$  ;  $R^2 = 0,67$ ).

<sup>3</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,05$ ): fósforo = ( $Y = 0,0053 + 1,9230X - 1,3411X^2$  ;  $R^2 = 0,97$ )

\* 15 peixes por tratamento

Aumento no teor de cinzas, cálcio e fósforo em carcaças de peixes devido a um aumento no conteúdo de fósforo da dieta também foram observados por Helland et al. (2005) trabalhando com salmão do Atlântico, Yang et al. (2006) com “silver perch”, Pezzato et al. (2006) com tilápia do Nilo e Borlongan & Satoh (2001) com juvenis “milkfish” (*Chanos chanos*) onde verificaram melhora na mineralização até nível de 0,88% de fósforo total nas dietas, porém uma elevação até 1,18% não promoveu aumento na deposição mineral.

O aumento no teor de fósforo disponível nas dietas resultou em redução linear ( $P < 0,05$ ) no conteúdo de lipídios na carcaça, mas não influenciou o conteúdo de umidade e proteína corporal dos peixes.

Resultados semelhantes aos observados no presente estudo em relação aos efeitos dos níveis de fósforo na dieta sobre a composição em lipídios da carcaça foram obtidos por Sakamoto & Yone (1978) com “red sea bream”, Eya & Lovell (1997) com bagre do canal e Roy & Lall (2003), com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). O acúmulo de gordura está relacionado com a inibição do ciclo do ácido cítrico e acúmulo de acetil-CoA, com consequente deposição de lipídios corporais (Zhang et al., 2006).

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de fósforo disponível sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cálcio das dietas. Foi observado aumento linear ( $P < 0,05$ ) dos níveis de fósforo disponível na dieta sobre o coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo e efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) sobre o coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta, em que o maior valor desta variável foi estimado com 0,54% de fósforo disponível na dieta, com base na matéria natural, ou 0,61% na matéria seca (Tabela 4).

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes das dietas com níveis crescentes de fósforo disponível para a tilápia do Nilo, na terminação.

Variável*	Fósforo disponível (%)				CV <sup>1</sup>
	0,31	0,44	0,52	0,83	
Matéria seca	72,80	71,55	73,13	72,74	2,18
Energia bruta <sup>2</sup> (kcal ED/Kg)	77,27	77,80	78,69	76,35	1,42
Proteína bruta	91,71	91,16	91,92	91,68	0,55
Extrato etéreo	93,10	93,01	93,07	93,37	0,72
Cálcio	41,24	39,07	39,79	40,67	12,95
Fósforo <sup>3</sup>	46,59	47,05	54,49	70,54	6,12

<sup>1</sup> CV = coeficientes de variação (%)

<sup>2</sup> Efeito quadrático (P<0,05):  $Y = 71,2032 + 26,6394X - 24,5847X$ ;  $R^2 = 0,92$

<sup>3</sup> Efeito linear (P<0,05):  $Y = 36,6229 + 38,0323X$ ;  $R^2 = 0,72$

\* 3 pool.s de fezes por ração analisada

O aumento nos valores dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo com o aumento de fósforo disponível nas dietas, está relacionado com o aumento na inclusão de fosfato bicálcico, que possui maior valor de fósforo disponível em relação ao fósforo presente nos alimentos de origem vegetal (Furuya et al., 2001a), nos quais a maior parte do fósforo encontra-se na forma de fitato indisponível aos peixes.

Apesar das dietas terem sido formuladas para serem isocalóricas (Tabela 1), diferentes valores de energia digestível em função dos níveis de fósforo foi obtido, o que alterou a relação energia proteína das dietas. Destaca-se que no presente trabalho, os peixes utilizados no ensaio de digestibilidade foram provenientes dos utilizados no trabalho de desempenho produtivo, objetivando avaliar o real efeito dos níveis de fósforo sobre a utilização da energia e dos nutrientes das dietas. No entanto, destaca-se que apesar dos maiores níveis de energia das dietas com 0,44% e 0,52% de fósforo disponível, o conteúdo corporal de gordura dos peixes que as consumiram foi menor, em relação a dos peixes que receberam as dietas com 0,31% e 0,44% de fósforo disponível. Assim, uma vez que não foram observadas diferenças dos níveis de fósforo da dieta sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta ou dos lipídios, os efeitos dos níveis de fósforo disponível das dietas sobre a composição de gordura corporal dos peixes estão diretamente relacionados aos maiores valores de fósforo da dieta. (Figura 1).

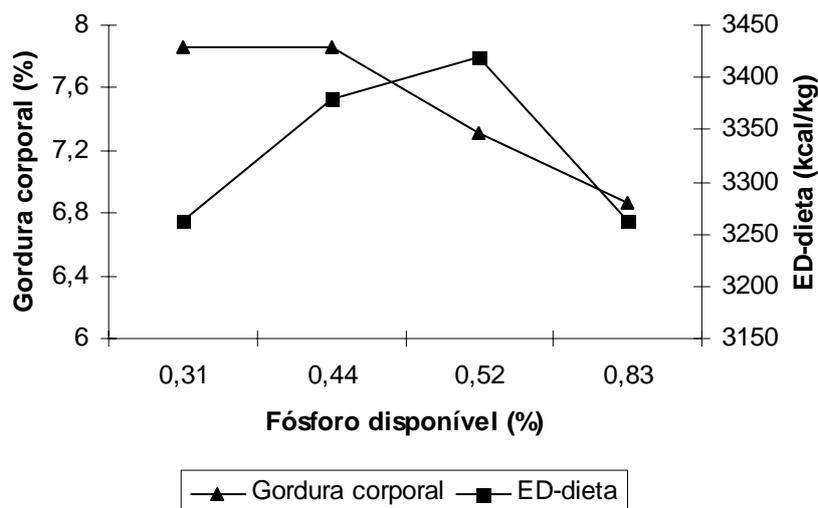


Figura 1 – Energia da dieta e gordura corporal de tilápias do Nilo, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível.

Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de cálcio e fósforo nos ossos vertebrais, em relação aos níveis de fósforo disponível na dieta, em que foram estimados os valores máximos com 0,64% e 0,63%, respectivamente, ou 0,72%, 0,71% com base em matéria seca (Tabela 5).

Tabela 5 – Retenção de minerais nos ossos vertebrais de tilápia do Nilo na terminação, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível.

Variável*	Fósforo disponível				CV <sup>1</sup>
	0,31	0,44	0,52	0,83	
Cálcio <sup>3</sup> (%)	19,08	20,37	20,77	20,19	1,74
Fósforo <sup>3</sup> (%)	10,35	11,02	11,34	11,23	1,63
Ferro <sup>3</sup> (mg/g)	4,15	3,11	2,13	2,14	14,27
Magnésio <sup>3</sup> (mg/g)	2,46	2,93	3,09	3,11	3,99
Zinco <sup>2</sup> (mg/g)	1,67	1,60	1,53	1,49	8,09

<sup>1</sup>Coefficiente de variação.

<sup>2</sup>Efeito Linear ( $P < 0,05$ )= zinco ( $Y = 1,7372 - 0,3166X$ ;  $R^2 = 0,83$ );

<sup>3</sup> Efeito Quadrático= cálcio ( $Y = 13,4380 + 24,2187X - 19,3778X^2$ ;  $R^2 = 0,79$ ); fósforo ( $Y = 7,3895 + 12,4710X - 9,4530X^2$ ;  $R^2 = 0,84$ ); ferro ( $Y = 9,6435 - 22,5437X + 16,2528X^2$ ;  $R^2 = 0,96$ ); magnésio ( $Y = 0,5946 + 8,9699X - 6,7050X^2$ ;  $R^2 = 0,99$ ).

\* 30 peixes por tratamento

A exigência de fósforo para máxima retenção de fósforo nos ossos em “seabass” japonês segundo Zhang et al. (2006), foi aproximadamente 33% maior do que a exigência de fósforo para máximo ganho em peso, o que contraria os resultados obtidos no presente estudo, em que os valores de exigência de fósforo para ganho em peso e retenção de fósforo nos ossos ficaram próximos. Segundo Zhang et al. (2006), o fósforo

presente, nos ossos, escamas e em outros tecidos dos peixes possuem capacidade “tamponante” em situações de mudança do suprimento de fósforo, sendo que a deposição de fósforo não precisa ser ao seu nível máximo para o maior ganho de peso.

Considerando que os ossos representam importante fonte de reserva de cálcio e fósforo, assim como outros íons, que estão em constante estado de mudança com os eletrólitos encontrados no sangue e fluídos extracelulares, Zhang et al. (2006) observaram dois platôs em termos de ganho de peso em função de dietas com 0,31% a 1,17% de fósforo disponível. O primeiro platô de fósforo sanguíneo surgiu quando o nível de fósforo disponível da dieta aumentou de 0,56% para 0,70%, indicando que esse platô surgiu quando o nível mínimo de fósforo foi atendido para máximo crescimento. Assim, o primeiro platô foi resultado do efeito tamponante originado do esqueleto e outros tecidos. Quando os teores de fósforo disponível da dieta foram elevados de 0,7% para 0,93%, os valores de fósforo no plasma e nas vértebras aumentou significativamente, e após, decresceu, sugerindo que a concentração de fósforo plasmático surgiu da capacidade tamponante originada do esqueleto e outros tecidos em peixes alimentados com dietas com 0,93% de fósforo disponível, não sendo o nível plasmático de fósforo, portanto, uma variável confiável para determinar a exigência de fósforo.

No entanto, no presente estudo, foi observado somente um pico em termos de ganho em peso e retenção de cálcio e fósforo nos ossos, não sendo observados os fenômenos descritos por Zhang et al. (2006). Em todo caso, a observação dos resultados descritos por esses autores pode estar associada com fatores relacionados aos níveis de fósforo e cálcio na dieta e a espécie utilizada.

A mineralização óssea é uma variável representativa do “status” de fósforo nos tecidos animais. Devido a importante função na formação da estrutura do tecido ósseo um aumento no teor de fósforo em dietas para peixes resulta em aumento no conteúdo de fósforo e cálcio nos ossos, fato observado por Borlongan & Satoh (2001) em estudo realizado com juvenis de “milkfish”, Zhang et al. (2006) com juvenis de “seabass”, Yang et al. (2006) com juvenis de “silver perch”, Helland et al. (2005) com salmão do Atlântico e Roy & Lall (2003) com “haddock”. Por outro lado, uma deficiência em fósforo em dietas para peixes leva para uma mobilização de minerais de fosfato de cálcio dos ossos, com conseqüente excreção do excesso de cálcio, resultando em redução no corpo inteiro dos níveis de fósforo e cálcio (Sugiura et al., 2004).

Em relação à retenção de microminerais nos ossos vertebrais dos peixes, foi observado redução linear na concentração de zinco e efeito quadrático na retenção de ferro e magnésio com o aumento dos teores de fósforo disponível nas dietas, onde os maiores valores dessas variáveis foram estipuladas em 0,31% e 0,67% de fósforo disponível na dieta, respectivamente 0,35% e 0,75%, de fósforo disponível na matéria seca da dieta (Tabela 5) e (Figura 2).

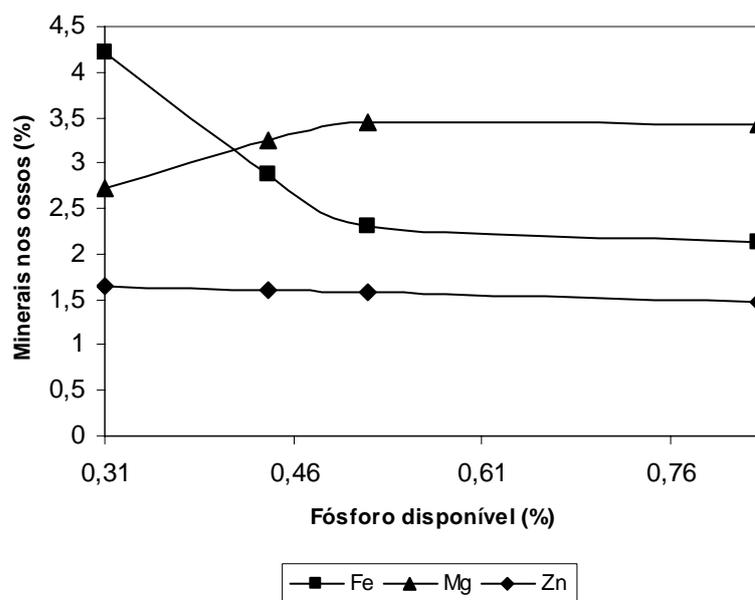


Figura 2 - Ferro, magnésio e zinco nos ossos vertebrais de tilápias do Nilo, alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível.

Os resultados deste estudo em relação à concentração de zinco nas vertebrae discordam dos obtidos por Yang et al. (2006) com juvenis de “silver perch” e Helland et al. (2005) com salmão do Atlântico, onde não foram encontradas diferenças significativas na concentração de zinco nas vértebras, quando promoveu-se um aumento nos teores de fósforo das dietas.

Já Roy & Lall (2003) em estudos com “haddock”, Vielma & Lall (1998) com truta arco-íris e Satoh et al. (1996) com salmão do Atlântico observaram diminuição na concentração de zinco nos ossos, quando as concentrações de fósforo das dietas excediam as exigências desse mineral. Para Lall (2002), o excesso de fósforo na dieta pode formar quelato com o zinco e outros elementos traço e reduzir sua disponibilidade.

Em relação ao magnésio, resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Yang et al. (2006), trabalhando com juvenis de “silver perch”. Estes autores verificaram que um aumento no conteúdo de fósforo da dieta resultou em maior

concentração de magnésio nos ossos vertebrais, sendo determinado maior valor desta variável em 0,72% de fósforo disponível, e se estendendo para um platô ou leve diminuição, quando os níveis de fósforo na dieta foram aumentados até valores de 1,08%. Porém Helland et al. (2005) não encontraram diferenças nas concentrações de magnésio em vértebras de salmão do Atlântico, quando submeteram estes peixes a dietas com baixas ou altas quantidades de fósforo. Já Roy & Lall (2003) verificaram significativa diminuição na concentração de magnésio nas vértebras de “haddock” quando o conteúdo de fósforo nas dietas foi aumentado de 0,42% para 0,82% na matéria seca, porém acima deste nível não foi observada diminuição na concentração de magnésio nas vértebras.

Em estudo realizado com salmão do Atlântico, Helland et al. (2005) verificaram que peixes alimentados com dietas com maiores quantidades de fósforo apresentavam menores concentrações de ferro nas vértebras. De acordo com Roy & Lall (2003), o fósforo pode causar a inibição competitiva com vários cátions durante a absorção intestinal. Estes autores verificaram que a concentração de ferro nas vértebras de “haddock” foram significativamente diminuídas com o aumento dos níveis de fósforo nas dietas experimentais até um teor de 1,02%.

Com a adição de níveis crescentes de fósforo disponível na dieta, foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) sobre os parâmetros de Índice de Seedor e Densidade Relativa de Arquimedes, em que foram estimados valores máximos dessas variáveis com 0,67% (0,75%, MS) e 0,72% (0,81%, MS) de fósforo disponível, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 – Índice de Seedor e densidade relativa de Arquimedes do osso pré-opercular de adultos de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível.

Variável*	Fósforo disponível (%)				CV <sup>1</sup>
	0,31	0,44	0,52	0,83	
Índice de Seedor <sup>2</sup>	6,76	9,99	10,90	11,30	13,01
Densidade óssea (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	1,22	1,40	1,41	1,47	5,75

<sup>1</sup> Coeficientes de variação

<sup>2</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,05$ ): Índice de Seedor ( $Y = -5,1913 + 50,0778X - 36,4258X^2$ ;  $R^2 = 0,98$ ); densidade óssea ( $Y = 0,6833 + 2,2430 - 1,5582X^2$ ;  $R^2 = 0,95$ )

\* 30 peixes por tratamento

Poucas são as informações sobre parâmetros ósseos em peixes, sendo os mesmos aplicados principalmente em trabalhos com aves. Em função das particularidades de comprimento e peso dos ossos de cada espécie animal, torna-se difícil a comparação de valores. No entanto, os valores obtidos para tilápias do Nilo, referentes a densidade e

Índice de Seedor, podem ser utilizados para auxiliar futuras pesquisas realizadas em nutrição de peixes.

Na análise das vilosidades intestinais verificamos que apesar da manutenção do padrão morfológico, a morfometria indicou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de fósforo disponível nas dietas sobre a altura dos vilos intestinais. Foram estimados valores máximos desta variável com 0,52% de fósforo disponível (0,58%, MS) ( $Y = 230,636 + 206,245X - 197,218X^2$ ,  $R^2 = 0,92$ ), sendo observados valores médios de 276,58; 279,82; 287,18 e 265,73  $\mu\text{m}$  em peixes alimentados com as dietas com 0,31%; 0,44%; 0,52% e 0,83% de fósforo disponível, respectivamente.

Devido o fato de o fósforo estar associado diretamente em reações metabólicas de transferência de energia, sua deficiência (0,31% e 0,44%) pode afetar diretamente o desenvolvimento da mucosa intestinal, onde a perda de células por extrusão, que ocorre no ápice dos vilos, pode se sobressair às divisões mitóticas sofridas por células totipotentes (stem cells) localizadas no terço final dos vilos. McBride & Kelly (1990) informam que, para a manutenção do epitélio intestinal e estruturas de suportes anexas, o custo em energia representa aproximadamente 20% da energia bruta consumida pelo animal. Já o excesso de fósforo na dieta dos peixes (0,83%) acarretou em vilos menores, o que poderia ser justificado pela inviabilização de outros elementos indispensáveis às divisões mitóticas, tais como o zinco.

Segundo Chesters & Petrie (1999) a disponibilidade imediata de zinco não é necessária para a síntese de DNA, mas é indispensável para que o ciclo avance pelas fases G1 e S/G2. No presente estudo o efeito de redução linear na retenção de zinco nos ossos com o aumento de fósforo disponível na dieta e a diminuição do tamanho dos vilos intestinais em peixes alimentados com excesso de fósforo são indicativos que a concentração de zinco disponível foi diminuindo à medida que se aumentou o fósforo na dieta. Estudos adicionais e específicos necessitam ser realizados com o objetivo de determinar a interação entre os nutrientes no intestino e sua influência sobre a taxa de diferenciação e renovação celular.

A diminuição do tamanho dos vilos intestinais dos peixes alimentados com dietas deficientes, e com excesso de fósforo levou a prejuízo no aproveitamento da energia das dietas. Esses resultados demonstram que a abordagem morfológica do aparelho digestório dos peixes é importante ferramenta para auxiliar os nutricionistas na determinação das exigências nutricionais, possibilitando o entendimento fisiológico dos parâmetros zootécnicos obtidos.

De acordo com Borlongan & Satoh (2001) o fósforo fecal é a principal forma de excreção de fósforo pelos peixes. No presente estudo, curiosamente, considerando-se os valores de fósforo total das dietas, a disponibilidade do fósforo das dietas, o ganho em peso e o consumo, estimou-se os valores de 3,12kg; 6,17kg; 5,24kg e 4,15 kg de fósforo excretado por tonelada de peixe produzido, respectivamente, pelos peixes que consumiram as dietas com níveis crescentes de fósforo disponível. Isso se deve ao aumento na disponibilidade do fósforo à medida que houve aumento da inclusão de fosfato bicálcico, mas o mesmo não ocorreu com o ganho em peso, sendo que este valor melhorou até determinado nível de inclusão de fósforo e depois reduziu, resultado este que também foi observado com a conversão alimentar.

Na prática, é comum dieta com valores de fósforo acima das exigências, principalmente pelo fato de serem utilizadas fontes proteicas de origem animal com elevado conteúdo de cinzas. No entanto, a disponibilidade do fósforo pode ser bastante variável em função do grau de moagem dos alimentos de origem vegetal, bem como em sua composição química, pois a maior parte do fósforo presente nestes alimentos encontra-se na forma de ácido fítico, não disponível aos peixes.

Em criação intensiva, o fósforo é um dos nutrientes mais poluentes, podendo resultar em eutrofização e, conseqüentemente, prejuízos sobre a qualidade da água e sobre as características sensoriais da carne dos peixes, em caso de domínio de algas cianofíceas. Assim, a determinação da exigência mínima de fósforo é importante para reduzir impactos ambientais proveniente da fração não utilizada do fósforo da dieta.

Pelos resultados obtidos, verificou-se que as exigências de fósforo para ganho em peso, conversão alimentar, retenção de minerais na carcaça e ossos, parâmetros de densidade óssea e altura das vilosidades intestinais diferem. No entanto, como a conversão alimentar é obtida considerando-se os dados de ganho em peso e o consumo, o que está estreitamente relacionado com o custo da alimentação, o nível de 0,66% de fósforo disponível foi selecionado como sendo a exigência de fósforo na dieta para a espécie estudada.

### **Conclusão**

Concluiu-se que a tilápia do Nilo na terminação (145 - 582g), exige dieta com 0,66% de fósforo disponível (matéria natural).

### Literatura Citada

- ASGARD, T.; SHEARER, K. D. Dietary phosphorus requirement of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Aquaculture Nutrition**, v.3, p.17-23, 1997.
- BAEVERFJORD, G.; ASGARD, T.; SHEARER, K. D. Development and detection of phosphorus deficiency in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and post-smolts. **Aquaculture Nutrition**, v. 4, p. 1-11, 1998.
- BORLONGAN, I.G.; SATOH, S. Dietary phosphorus requirement of juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). **Aquaculture Research**, v.32, p.26-32, 2001.
- BREMER-NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. et al. The spectrophotometric method on the routine of 1,5- diphenylcarbazine was adjusted on chromium determination in feces, alter its utilization as a biological marker as chromium (III) oxide. **Ciência Rural**, v.25, n.3, p.691-697, 2005.
- CHENG, A. C.; WU, J. D.; YANG, S. D. et al. Dietary phosphorus requirement of juvenile Malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*). **Journal of the Fisheries Society of Taiwan**, v. 32, p. 41-52, 2005.
- CHESTERS, J. K.; PETRIE, L. A possible role for cyclins in the zinc requirements during G1 and G2 phases of the cell cycle. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.10, p.279-290, 1999.
- DOUGALL, D.S.; WOODS, L.C.; DOUGLASS, L.W. et al. Dietary phosphorus requirements of juvenile striped bass, *Morone saxatilis*. **Journal of World Aquaculture Society**, v.27, p.82-91, 1996.
- ENGLISH, W.R.; SCHWEDLER, T.E.; DYCK, L.A. *Aphanizomenon flos-aquae*, a toxic blue green alga in commercial channel catfish, *Ictalurus punctatus*, ponds: a case history. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 3, p. 195-209, 1993.
- EYA, J.C.; LOVELL, R.T. Available phosphorus requirements of food-size channel "catfish" (*Ictalurus punctatus*) fed practical diets in ponds. **Aquaculture**, v.154, p.283-291, 1997.
- FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B. et al. Fitase na Alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.924-929, 2001b.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**, v.23, n.2, p.465-469, 2001a.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- HARDY, R. W.; GATLIN, D. M. Nutritional strategies to reduce nutrients losses in intensive aquaculture. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 6., 2002, Cancun. **Memórias...** Cancún: Quintana Roo, 2002. p. 23-34.
- HARDY, R.W. Phytase. **Aquaculture Magazine**, p.77-80, 1998.
- HAYLOR, G.S.; BEVERIDGE, M.C.M.; JAUNCEY, K. Phosphorus nutrition of juvenile *Oreochromis niloticus*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA, 2., 1998, Manila. **Proceedings...** Manila:ICLARM, 1998. p. 341-345.
- HELLAND, S.; REFSTIE, S.; ESPMARK, A. et al. Mineral balance and bone formation in fast-growing Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) in response to dissolved metabolic

- carbon dioxide and restricted dietary phosphorus supply. **Aquaculture**, v.250, p.364-376, 2005.
- LALL, S.P. The minerals. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds) *Fish Nutrition*. 3.ed. San Diego: Academic Press, 2002. p.259-308.
- LOVELL, R.T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. 260p.
- MCBRIDE, B.W.; KELLY, J.M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant gastrointestinal tract and liver: a review. **Journal Animal Science**, v.68, p.2997-3010, 1990.
- MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E. et al. Relação cálcio/fósforo disponível em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.6, p. 2162-2171, 2000.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin Freshwater Fisheries Research Laboratory**, v. 10, p. 11-22, 1960.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of warmwater fishes and shellfishes**. Washington: National Academy Press, 1993. 102p.
- OLIVA-TELES, O.; PIMENTEL-RODRIGUES, A.M.P. Phosphorus requirements of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v.35, p. 636-642, 2004.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; ROSA, M.J.S.; BARROS, M.M. et al. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v.36, p.1600-1605, 2006.
- PIMENTEL-RODRIGUES, P.; OLIVA-TELES, O. Phosphorus requirements of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 157-161, 2001.
- RICHIE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.142, p.269-282, 1996.
- RODEHUTSCORD, M.; PFEFFER, E. Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Water Science and Technology**, v.31, n.10, p.143-147, 1995.
- ROY, P.K.; LALL, S.P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, v.221, n.1-4, p.451-468, 2003.
- SAKAMOTO, S.; YONE, Y. Effect of dietary phosphorus level on chemical composition of red sea bream. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. v. 44, p.227-229, 1978.
- SATOH, S.; PORN-NGAM, N.; TAKEUCHI, T. et al. Influence of dietary phosphorus levels of growth and mineral availability in rainbow trout. **Fisheries Science**, v.62, p.483-487, 1996.
- SEEDOR, J. G. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v.6, p.339-346, 1991.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SUGIURA, S. H.; HARDY, R. W.; ROBERTS, R. J. The pathology of phosphorus deficiency in fish – a review. **Journal of Fish Disease**, v. 27, p. 255-265, 2004.
- SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K. et al. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v.159, p.177-202, 1998.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Viçosa, MG, 1982. 52p.
- VAN DER PLOEG, M.; BOYD, C.E. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 22, p. 207-216, 1991.
- VIELMA, J.; LALL, S.P. Control of phosphorus homeostasis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in fresh water. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.19, p.83-93, 1998.
- WATANABE, T. D.; TAKEUCHI, T.; MURAKAMI, A. et al. The availability to *Tilapia nilotica* of phosphorus in white fish meal. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 46, p. 897-899, 1980.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; GATLIN, D.M. et al. Dietary phosphorus requirement of channel catfish. **Journal of Nutrition**, v.112, p.1197-1202, 1988.
- YANG, S.D.; LIN, T.S.; LIU, F.G. et al. Influence of dietary phosphorus levels on growth, metabolic response and body composition of juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). **Aquaculture**, v.253, p.592-601, 2006.
- ZHANG, C.; MAI, K.; AI, Q. et al. Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v.255, p.201-209, 2006.