

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

USO DE FITASE MICROBIANA EM RAÇÕES COM  
ALIMENTOS VEGETAIS PARA O PIAVUÇU *Leporinus  
macrocephalus*: DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E  
QUALIDADE DE ÁGUA

Autora: Priscila Gôngora Dias  
Orientador: Prof. Dr. Carmino Hayashi  
Coorientador: Dr. Claudemir Martins Soares.

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  
Janeiro, 2007

*Viva cada dia plenamente...*

*Viva cada dia plenamente! Aproveite ao máximo cada momento, cada dia e cada época de sua vida. Dessa maneira, você poderá olhar o futuro com confiança e o passado sem tristeza.*

*Seja você mesmo Porém, dê o melhor de si. Tenha coragem de ser diferente e seguir a própria estrela. Não tenha medo de ser feliz. Desfrute o belo. Ame com toda a alma e todo o coração. Acredite que aqueles que você ama também o amam.*

*Ao deparar-se com um dilema, decida-se tão sabiamente quanto lhe for possível. Depois esqueça. O momento da certeza absoluta nunca chega.*

*Sobretudo lembre-se de que Deus ajuda quem auxilia a si mesmo. Haja como se tudo resultasse de seus atos e reze como se tudo dependesse dele.*

*S.H.Payer*

*Aos*

*meus pais José e Maria (in memorian), que  
sempre foram meu alicerce durante toda  
minha vida.*

*Ao*

*meu irmão Renato, que mesmo distante  
nunca deixou de me incentivar.*

*A*

*minha filha Victória, razão  
de minha vida e meu grande  
incentivo.*

*Ao*

*Zeca, meu grande amor e um  
esposo maravilhoso que não me  
deixou desistir e muito me ajudou,  
nos momentos difíceis e durante  
minhas ausências.*

*DEDICO...*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir a realização de mais um sonho.

Ao Prof. Dr. Carmino Hayashi pela orientação, estímulo, amizade e confiança depositada durante todo mestrado.

Ao Dr. Claudemir Martins Soares pelo acompanhamento na realização de todas as fases deste trabalho, pela amizade, compreensão e principalmente pela paciência nos momentos mais difíceis, meus sinceros agradecimentos.

A CAPES pela concessão de bolsa de Mestrado durante o curso de pós-graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM e seus professores pelos valiosos ensinamentos, em especial aos professores Dr. Geraldo Tadeu dos Santos e a Dra. Claudete Regina Alcalde pela amizade e fundamental contribuição para a realização deste trabalho.

A Dona Cleuza e a Marina mais que amigas, verdadeiras mães para mim.

Aos amigos do Laboratório de Aqüicultura: Carlos Eduardo, Carlos Henrique, Rosângela, Eliana, Nandeyara, Sandra e Alejandra pela amizade e companheirismo.

À bióloga Anna Cristina Faria pela amizade e apoio durante a realização do mestrado.

À Fernanda Granzoto, Fernanda Fereli, Cleuza, Dilma, Creuza, Sara, Silvia e Roberto Carlos, pelo auxílio na realização das análises e a todos os colegas de curso pela amizade.

Ao amigo, Dr. Danilo Maeda Reino pela preciosa ajuda na confecção do abstract.

A todas as pessoas que não foram citadas, mas que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

PRISCILA GÔNGORA DIAS, filha de José Gôngora Dias Filho e Maria Tizuko Gôngora, nasceu em Maringá, Paraná, em 28 de novembro de 1973.

Em fevereiro de 1996 concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 1996 foi bolsista de aperfeiçoamento do CNPq pelo Departamento de Zootecnia, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Bovinocultura de Leite.

Em fevereiro de 2002, iniciou como bolsista de Nível Técnico Superior no Laboratório de Aqüicultura no Departamento de Biologia, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Aqüicultura.

Em março de 2004, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração em Produção Animal, a nível de Mestrado, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de piscicultura.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMO GERAL .....	ix
GENERAL ABSTRACT .....	xi
I - INTRODUÇÃO GERAL .....	xi
REVISÃO DE LITERATURA .....	2
Digestibilidade aparente .....	2
Digestibilidade aparente para peixes .....	3
Fitase no cultivo de peixes .....	5
Qualidade da água .....	5
Fitase na nutrição de peixes .....	6
O gênero <i>Leporinus</i> na aquíicultura .....	8
Literatura citada .....	9
II - OBJETIVO GERAL .....	13
III - Uso da fitase microbiana em rações com ingredientes vegetais para o Piavuçu ( <i>Leporinus macrocephalus</i> ): Desempenho, digestibilidade e qualidade de água .....	14
Resumo .....	14
Abstract .....	15
Introdução .....	16
Material e métodos .....	19
Resultados e discussão .....	25
Conclusões .....	35
Literatura citada .....	36
IV - CONCLUSÃO GERAL .....	39

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição percentual e química das rações experimentais com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	19
TABELA 2. Valores médios dos parâmetros físicos e químicos em tanques com alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	23
TABELA 3. Valores médios das variáveis de desempenho de alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	26
TABELA 4. Valores médios da composição bromatológica das carcaças de alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	29
TABELA 5. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta, matéria seca e fósforo para alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	30

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Valores médios dos parâmetros físicos e químicos em tanques com alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	24
FIGURA 2. Valores médios das variáveis de desempenho de alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	28
FIGURA 3. Valores médios da composição bromatológica das carcaças de alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	29
FIGURA 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta, matéria seca e fósforo para alevinos de piavuçu <i>Leporinus macrocephalus</i> alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.....	31

## RESUMO GERAL

Avaliou-se a utilização de fitase microbiana em rações com alimentos vegetais para o piavuçu *Leporinus macrocephalus*, sobre o desempenho produtivo, qualidade de água e digestibilidade das rações. As rações (30% PB) foram formuladas de modo a terem variações quanto à presença ou ausência da enzima fitase (FI), do trigo integral (TG) e do fosfato bicálcico (FB). Os tratamentos foram farelo de soja (FS) + FB, FS, FS+FI, TG e TG+FI. Para avaliar o desempenho produtivo e a qualidade da água 250 alevinos ( $3,20 \pm 0,08g$ ) foram distribuídos em 25 tanques (250 L), em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. No ensaio de digestibilidade 45 juvenis ( $184,51 \pm 14,55g$  e  $25,16 \pm 0,78cm$ ) foram distribuídos em cinco cubas (150 L). Os peixes alimentados com as rações FS, FS+FI e TG apresentaram valores de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e retenção de nitrogênio que não diferiram daqueles com o uso de FS+FB. As taxas de retenção de fósforo e de extrato etéreo dos peixes foram menores com o uso de FS+FB em comparação aos demais tratamentos. A água dos tanques com o uso de FS+FB levou a concentrações mais elevadas de ortofosfato em relação aos demais tratamentos. Houve valores mais altos de ortofosfato com o uso de FS+FI do que com a utilização de FS. Não foi observado efeito da presença de TG ( $p > 0,05$ ) nos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das rações, verificou-se que o CDA da matéria seca e energia foram

mais elevados com uso da FI quando se comparou o uso de rações com apenas farelo de soja. Por outro lado, o uso da fitase com rações com trigo proporcionou melhora apenas no CDA da matéria seca das rações. Conclui-se que para alevinos de *L. macrocephalus*, não é necessário à suplementação com FB em rações a base de vegetais e que o uso de fitase promove melhora na digestibilidade das rações a base de FS.

Palavras-chave: efluentes, fitase, *Leporinus macrocephalus*, trigo integral

## GENERAL ABSTRACT

It was evaluated the microbial phytase use in diets with vegetables ingredients for *Leporinus macrocephalus*, on the productive performance, water quality and diets digestibility. The diets (30% PB) were formulated in order to have variations in the presence or absence of phytase (PY) enzyme of integral wheat (IW) and dicalcium phosphate (DP). The treatments were soybean (SM) + DP, SM, SM+PY, IW and IW+PY. To evaluate the productive performance and the water quality, a total of 250 fingerlings ( $3.20 \pm 0.08$ g), were distributed in 25 tanks (250 L) in a complete randomized design with five treatments and five replications. In the digestibility assay 45 juveniles ( $184.51 \pm 14.55$ g and  $25.16 \pm 0.78$  cm) were distributed in five glasses (150 L). The fish fed with diets SM, SM+PY and IW presented values of weight gain, feed conversion, protein efficiency index and nitrogen retention that not differed from those with the SM+DP use. The ether extract and phosphorus retention rate of fish were lower with the use of SM+DP in comparison to others treatments. The tanks water with SM+DP use had the highest concentration of orthophosphate in relation to others treatments. SM+PY use than with SM use. It was not observed IW ( $p > 0,05$ ) presence effect on the coefficients of apparent digestibility (CDA) of diets, it was observed the dry matter and gross energy CDA were higher with PY use when compared to the use of diets with only SM. On the other hand the PY use with diets with IW improvement only the dry

matter CDA of diets. It was concluded that, for *L. macrocephalus* fingerlings, it is not necessary to add DP in diets with vegetable base, as well as the PY use promotes improvement in the SM based diets digestibility.

Key Word: effluent, phytase, *Leporinus macrocephalus*, integral wheat

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

USO DE FITASE MICROBIANA EM RAÇÕES COM  
ALIMENTOS VEGETAIS PARA O PIAVUÇU *Leporinus  
macrocephalus*: DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E  
QUALIDADE DE ÁGUA

Autora: Priscila Gôngora Dias  
Orientador: Prof. Dr. Carmino Hayashi  
Coorientador: Dr. Claudemir Martins Soares.

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  
Janeiro, 2007

## I. INTRODUÇÃO GERAL

Os gastos com a alimentação correspondem a maior parte dos custos totais, correspondendo a mais de 50% das despesas na cadeia produtiva na aquicultura intensiva (El-Sayed, 1999), tornando relevante a necessidade de pesquisas sobre o uso de alimentos adequados e sobre o aproveitamento da dieta com base na digestibilidade dos alimentos e das rações. A avaliação dos alimentos a serem utilizados e da necessidade de aditivos que possibilitem o melhor aproveitamento das rações para as diferentes espécies permite a formulação de rações menos onerosas e que atendam as exigências nutricionais dos animais (Sullivan & Reigh, 1995; McGoogan & Reigh, 1996; Aksnes & Opstvedt, 1998) possibilitando um desempenho adequado com baixo custo.

O trigo integral e seus subprodutos são muito utilizados na formulação de rações para peixes, sendo que no caso do farelo de trigo a inclusão geralmente não excede 15% destas (Furuya, 2001). Estes alimentos são mais ricos em fósforo disponível do que outros alimentos energéticos podendo ter até 0,60% de fósforo total, e em alguns aminoácidos, porém é pobre em cálcio. Assim como o trigo integral e seus subprodutos como o farelo de trigo e trigoilho também possuem a enzima fitase.

A expansão mundial da aquicultura de água doce leva a uma crescente preocupação sobre o impacto da descarga de nutrientes na qualidade de água dos

ambientes naturais (Lanari et al., 1998), sendo o fósforo proveniente de fazendas com piscicultura intensiva, uma preocupação crescente. No norte da Europa, o conteúdo de fósforo nas rações é cuidadosamente monitorado e regulado por autoridades, para controle da liberação deste nutriente pelas atividades da aquicultura, devido ao seu poder de eutrofização, com isso o uso de dietas compostas por alimentos com alta digestibilidade tem permitido reduções consideráveis na liberação de fósforo nas duas últimas décadas. Entretanto, a necessidade de se reduzir descargas das pisciculturas em vários países é eminente. Fazem-se necessárias novas estratégias para melhorar a utilização do fósforo das dietas e minimizar o aporte de fósforo para o ambiente (Vielma et al., 1998; Vielma et al., 2000, Vielma et al., 2004).

## REVISÃO DE LITERATURA

### *Digestibilidade aparente*

A digestibilidade é definida como a fração do alimento consumido que não é recuperada nas fezes. Quando esta fração é expressa como percentagem da ingesta, recebe o nome de coeficiente de digestibilidade aparente. Nutriente digestível corresponde à porção absorvida da dieta, sendo este quantificado através do cálculo da diferença entre o teor no alimento consumido e o teor do mesmo nas fezes (Andriquetto, 1999).

A determinação da digestibilidade é de extrema importância para o atendimento das exigências nutricionais de uma espécie, uma vez que o conhecimento dos hábitos alimentares não é suficiente para assegurar resposta positiva no desempenho do animal (Souza, 1989). Estudos de digestibilidade são importantes para o desenvolvimento de rações a serem utilizadas na aquicultura (Jones & De Silva, 1997). O coeficiente de

digestibilidade é um dos aspectos mais relevantes para avaliar a capacidade de uma determinada espécie em utilizar os nutrientes de um alimento (Hanley, 1987), além de ser um indicador potencial da energia e nutrientes disponíveis para o crescimento, manutenção e reprodução do animal, bem como dos níveis de nutrientes indigestíveis para avaliação de resíduos aquaculturais (Cho, 1993).

A digestibilidade dos componentes da dieta como os carboidratos, gordura, proteína e da energia pode ser estimada através do coeficiente de digestibilidade, calculados com o uso de um indicador inerte o óxido crômico sendo este indicador utilizado com sucesso para peixes (Degani et al., 1997).

#### *Digestibilidade aparente para peixes*

As espécies de peixes diferenciam-se além de outras características, quanto ao hábito alimentar. As espécies carnívoras possuem um menor índice de aproveitamento de energia dos carboidratos, pois não possuem enzimas amilases, apresentando assim baixa digestibilidade desses nutrientes (Gerking, 1994). As espécies herbívoras e onívoras conseguem digerir até mesmo a fração fibrosa dos alimentos, portanto, possuem uma maior digestibilidade dos carboidratos. Os peixes que possuem hábito alimentar carnívoro apresentam o intestino mais curto do que o dos onívoros que, por sua vez, o tem ainda mais curto do que o dos herbívoros. Devido às diferenças na fisiologia e na morfologia do trato digestório, as diversas espécies ou mesmo em indivíduos de uma mesma espécie em distintas fases de desenvolvimento, apresentam divergências quanto à capacidade de digerir e assimilar os nutrientes (Castagnolli, 1992).

A digestibilidade da dieta é influenciada pela fase de desenvolvimento dos peixes, o que está relacionada com o desenvolvimento do trato digestório e da atividade enzimática. Segundo Kitamikado et al. (1964), em estudos realizados com truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* concluíram que peixes maiores (10 e 100g.) apresentam melhores coeficientes de digestibilidade que peixes menores (6g.). Existem também diferenças nas disponibilidades e digestibilidade dos nutrientes para as diferentes espécies, de acordo com suas diferenças na fisiologia da digestão (Degani et al., 1997). O grau de moagem dos ingredientes das rações é outro fator que afeta a digestibilidade, pois altera a taxa de passagem, sendo que partículas maiores levam a um aumento no trânsito intestinal. Por outro lado, partículas menores possibilitam maior superfície de contato do alimento com as enzimas digestivas, melhorando assim a digestibilidade. Portanto, para cada espécie em diferentes fases deve ser observado o grau de moagem ideal dos ingredientes das rações (Hayashi et al., 1999; Soares et al., 2003). Técnicas de processamento como peletização e extrusão também influenciam de forma positiva aumentando a digestibilidade dos nutrientes das rações (Pezzato, 1995).

Estimativas da digestibilidade têm sido prioridade para a nutrição na aquicultura, tanto para avaliar alimentos ou a qualidade de rações completas (Sadiku & Juancey, 1995). Muitas vezes, para a formulação de rações para peixes, principalmente espécies nativas, faz-se necessário a utilização de valores de proteína e energia bruta ou digestível de alimentos determinados para outras espécies de peixes (Aksnes & Opstvedt, 1998) e com hábitos alimentares diferentes, o que é nutricionalmente inadequado, provocando impactos tanto à criação quanto ao ambiente, pois os nutrientes não digeridos e não absorvidos serão excretados (Sugiura et al., 1998).

O excesso de alguns nutrientes como a proteína, ocasiona um aumento desnecessário no custo da ração. Por outro lado, o fornecimento de rações com teores de

nutrientes inferiores aos exigidos pela espécie levam a desempenho insatisfatório dos peixes.

### *Fitase no cultivo de peixes*

#### *Qualidade da água*

Entre as características desejáveis em uma dieta artificial está a de apresentar baixo impacto poluente (Pezzato, 1999), sendo estas dietas formuladas e processadas de forma a apresentar adequada estabilidade na água, levando a um melhor aproveitamento pelos peixes e, conseqüentemente, minimizando a excreção de resíduos fecais e a perda de nutrientes por dissolução na água (Pezzato, 1995). Desta forma, o potencial poluente do alimento é reduzido, o que permite prolongar a manutenção de adequada qualidade de água durante o período de cultivo. Quanto pior a qualidade nutricional e dissolução do alimento na água, menor a produção de peixes e maior a carga de poluente.

A pressão por uma aqüicultura sustentável é realizada por reduções na produção e conseqüente perdas de investimentos, controle por órgãos governamentais e por grupos ambientalistas, pois a atividade pode causar danos em ecossistemas como mangues e estuários ou mesmo rios. Outras implicações são: a difusão de doenças, liberações de antibióticos e outros componentes químicos, introdução de espécies exóticas e alterações nos estoques selvagens (Colorni et al., 1998). Normalmente, problemas ambientais devido à aqüicultura ocorrem em locais com alta concentração de fazendas levando a degradação do ambiente.

Com a intensificação da atividade, deve-se realizar tratamento dos resíduos, pois sistemas biológicos mecânicos têm maior capacidade de assimilar ou tratar compostos carbônicos e nutrientes inorgânicos do que ambientes naturais, o que possibilita

proteção ao meio de criação, assim como o ambiente natural de resíduos provenientes da produção (Selong & Helferich, 1998; Horowitz & Horowitz, 1998).

Efluentes provenientes da aquicultura quando liberados no ambiente, podem afetar as comunidades de organismos ali residentes, levando à redução de organismos menos tolerantes e a aumentos populacionais dos mais resistentes as condições mais severas, devido ao impacto dos efluentes. Mudanças marcantes ocorrem nas populações das comunidades bentônicas e perifítica. Em relação aos peixes, ocorre aumento da biomassa das espécies resistentes à poluição e redução das frágeis. Tais mudanças estão associadas à eutrofização e conseqüente aumento da produção primária (Selong & Helferich, 1998, Vielma et al., 2004).

#### *Fitase na nutrição de peixes*

O excesso de fósforo nos tanques de cultivo aumenta a produção de fitoplâncton e plantas aquáticas, podendo acarretar em "blooms", que reduzem os níveis de oxigênio dissolvido em função do processo de respiração das bactérias durante a decomposição da material orgânica. Podendo também alterar as características organolépticas da carcaça e em casos extremos, a eutrofização resulta em piora da qualidade de água e mortandade de peixes (Cain & Garling, 1995).

A determinação de exigência de fósforo para cada espécie em particular, possibilitaria formulação de dietas com níveis adequados de fósforo e, conseqüentemente, redução de fósforo a ser liberado nos efluentes das pisciculturas. Em dietas para trutas e salmonídeos a farinha de peixe (FP) é a principal fonte de fósforo de acordo com Cain & Garling (1995), os níveis de FP empregados nestas dietas geralmente proporcionam níveis de fósforo acima dos exigidos pelos peixes. Outros

fatores a serem considerados são o alto custo e baixa disponibilidade de FP e de outras fontes de proteína animal (El-Sayed, 1999). Desta forma, para se formular dietas com baixos níveis de fósforo é necessário substituir parte da farinha de peixe por alimentos com baixos níveis deste elemento.

Produtos de origem vegetal como farelo de soja, milho e farelo de trigo, contêm cerca de 1/3 do fósforo encontrado na farinha de peixe. Cerca de 2/3 do fósforo dos alimentos vegetais está na forma de fitato, uma forma não disponível para os monogástricos, pois a mucosa do intestino dos animais monogástricos, incluindo os peixes não secretam a enzima fitase, uma ácido fosfatase que catalisa a remoção do fósforo do fitato (Vielma et al., 1998, Vielma et al., 2004).

A utilização de preparados com fitase de *Aspergillus niger*, tem sido empregado com sucesso na viabilização do fósforo fítico para aves e suínos (Conte et al., 2003) e para peixes, principalmente para salmonídeos e carpa comum, proporcionando aumento na disponibilidade do fósforo dos alimentos vegetais. Assim como, uma melhora no desempenho com redução na quantidade de fósforo nas excretas, reduzindo os níveis de fósforo nos efluentes e conseqüentes reduções na poluição ambiental (Cain & Garling, 1995; Lanari et al., 1998; Vielma et al., 1998). O pré-tratamento das dietas com fitase pode reduzir ou eliminar a necessidade de suplementação de fósforo em dietas com altos níveis de fontes protéicas vegetais que possuam elevado nível de fósforo. Sendo assim, o desenvolvimento de dietas que minimizem o impacto no ambiente é essencial para o avanço futuro na indústria da aquicultura (Cain & Garling, 1995).

### *O Gênero Leporinus na aqüicultura*

O gênero *Leporinus* pertencente à família Anostomidae possui espécies com hábito alimentar onívoro, sendo a maioria com predominância para herbivoria. Estes peixes alimentam-se basicamente de algas filamentosas, raízes, folhas e frutos de macrófitas aquáticas, frutos de plantas ribeirinhas e larvas de insetos. As espécies como *Leporinus elongatus*, *L. friderice*, *L. obtusidens* e *L. macrocephalus* são as mais utilizadas na aqüicultura devido aos seus hábitos alimentares e a facilidade de adaptação a rações artificiais tornando-se, muito atrativas para criações intensivas e em policultivo (Castagnolli, 1992).

Apesar de espécies deste gênero serem indicadas para o cultivo em piscicultura, são poucos os trabalhos desenvolvidos com estas espécies, dentre estas se destaca o piavuçu (*L. macrocephalus*) que está entre as espécie mais importantes no Brasil, entretanto são raras as pesquisas visando avaliar o desempenho ou determinar as necessidades nutricionais das mesmas (Soares, 2000).

Entre os principais trabalhos realizados com as espécies do gênero podem ser citados alguns como os de Zaniboni et al. (1988) com *L. friderici*, Silva (1988) com várias espécies do gênero, Pereira & Andrian (1991) com *L. friderici*, Doria et al. (1993) e, Andrian et al. (1994) com várias espécies do gênero, Barbosa et al. (1996) com *L. elongatus*, Furuya et al. (1996) com *L. elongatus* e *L. macrocephalus*, Júnior & Mourgués-Schurter (1996) com *L. obtusidens* e Soares et al. (2000), Faria (2001), Galdioli (2001), Gonçalves (2002) e com *L. macrocephalus* (em fase de elaboração<sup>1</sup>)

---

<sup>1</sup> Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.

### Literatura Citada

- AKSNES, A.; OPSTVEDT, J. Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. **Aquaculture**, v.161, p.45-53, 1998.
- ANDRIAN, I.F.; DÓRIA, C.R.C.; TORRENTE, G. et al. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) do rio Paraná (22°10'-22°50'S / 53°10'-53°40'W), Brasil. **Revista UNIMAR**, v.16 n.3 p.97-106, 1994.
- ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição animal**. Paraná: Nobel, 1999. v.1. 395p.
- BARBOSA, N.D.C.; CARNEIRO, D.J.; MACHADO, C.R. Níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal em dietas para o desenvolvimento de piapara, *Leporinus elongatus*, Cuv. & Val., 1864. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 9, 1996, Sete Lagoas. **Resumos...** Sete Lagoas: ABRAq. 1996, p. 96.
- CAIN, K.D.; GARLING, D.L. Pretreatment of soybean meal with phytase for salmonid diets to reduce phosphorous concentrations in hatchery effluents. **The Progressive Fish-Culturist**, v.57, n.2, p.114-119, 1995.
- CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992.
- CHO, C.Y. Digestibility of feedstuffs as a major factor in **Aquaculture** waste management. In: KAUSHIK, S.J.; LAQUET, P. (Eds.) **Fish nutrition practice**. Paris: INRA, p.363-374, 1993.
- COLORNI, A. et al. Histopathology of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) experimentally infected with *Mycobacterium marinum* and treated with streptomycin and garlic (*Allium sativum*) extract. **Aquaculture**, v.160, n.1, p.1-17, 1998.
- CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T. et al. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n5, p.1147-1156. 2003.
- DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp (*Cyprinus carpio* L). **Aquaculture Research**, v.28, n.1, p.23-28, 1997a.
- DORIA, C.R.D.; ANDRIAN, I.F.; TORRENTE, G. et al. Alimentação natural e similaridade na composição da dieta alimentar de 4 espécies de *Leporinus* (Anostomidae, Characiformes) do rio Paraná, Brasil. In: SEMANA DE ESTUDOS DE BIOLOGIA, 8, 1993, Maringá. **Resumos...** Maringá: PADCT/CIAMB. 1993, p. 08.
- EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.

- FARIA, A.C.E.A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). **Acta scientiarum**, Maringá, v.23, n.4, p. 835-840, 2001.
- FURUYA, W.M.; RIBEIRO, R.P.; HAYASHI, C. et al. Viabilidade da levedura seca, *Sacharomyces cerevisiae*, em dietas para o cultivo em consorciação de alevinos de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus*, com alevinos de piapara, *Leporinus elongatus*, e de piavuçu, *L. macrocephalus*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 9, 1996, Sete Lagoas. **Resumos...** Sete Lagoas: ABRAq. 1996b, p. 81.
- GALDIOLI, E.M.; HAYASHI, C.; FARIA, A.C.E.A.; SOARES, C.M. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta scientiarum**, v.23, n.4, p.841-847, 2001.
- GERKING, S.D. Larval feeding. In: GERKING, S.D. (Ed.) **Feeding ecology of fish**. 3ed. San Diego: Academic Press, 1994. p. 139-1701.
- GONÇALVES, G. S.; FURUYA, W. M.; RIBEIRO, P. R. et al. Farelo de canola na alimentação do piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski), na fase inicial. **Acta Scientiarum**, v.24, n.4, p.921-925, 2002.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity determinations in Tilápia (*Oreochromis niloticus* L). **Aquaculture**, v.66, n.2, p.163-179, 1987.
- HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. et al. Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.733-737, 1999.
- HOROWITZ, A.; HOROWITZ, S. The role of microorganism to achieve sustainable aquaculture. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10, Recife, PE, **Anais...** Recife: SIMBRAq, 1998. v. 01, p. 87-99.
- JONES, P.L.; DE SILVA, S.S. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). **Aquaculture Research**, v.28, n.11, p.881-891, 1997.
- JÚNIOR, W.D.; MOURGUÉS-SCHURTER, L.R. Determinação do horário de fornecimento de ração e o tempo de alimentação da espécie *Leporinus obtusidens*, Valenciennes, 1847 (Osteichthyes, Anostomidae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 9, 1996, Sete Lagoas. **Resumos...** Sete Lagoas: ABRAq. 1996, p. 89.
- KITAMIKADO, M.; MORISHI T.; TACHINO, S. Digestibility of dietary protein in rainbow trout. II. Effect of starch and oil contents in diets and size of fish. **Bulletin Japanese Society Science Fisheries**, v30, p.50-54, 1964.
- LANARI, D.; DÁGARO, E.; TURRI, C. Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of protein plant diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.161, n.3, p.345-356, 1998.
- MCGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, v.141, p.233-244, 1996.

- PEREIRA, L.R.; ANDRIAN, I.F. Alimentação natural de *Leporinus friderici* (Characiformes, Anostomidae), das regiões do reservatório de Itaipu e do rio Paraná - PR In: SEMANA DE ESTUDOS DE BIOLOGIA, 6, 1991, Maringá. **Resumos...** Maringá: ABPr. 1991, p. 21.
- PEZZATO, L.E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 30., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (ESALQ), 1995. p.34-52.
- PEZZATO, L.E. Alimentação de peixes - Relação custo e benefício. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.109-118.
- SADIKU, S.O.E.; JUANCEY, K. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat meal blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), and fingerlings. **Aquaculture Research**, v.26, p.651-657, 1995.
- SELONG, J.H.; HELFRICH, L.A. Impacts of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia headwater streams. **The Progressive Fish-Culturist**, v.60, n.4, p.247-261, 1998.
- SILVA, A.C. Alimentação natural de quatro espécies de peixes da Família Anostomidae (Ostariophysi, Characiformes) do Rio Araguari, Bacia do Parnaíba, MG In: ENCONTRO ANUAL DE AQUICULTURA DE MINAS GERAIS, 6, 1988, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: AMA, 1988, p. 1.
- SOARES, C.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M.B. et al. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.3, p.395-400, 2000.
- SOARES, C.M.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. et al. Diferentes graus de moagem em dietas peletizadas ingredientes em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento. Desempenho e Digestibilidade aparente. **Zootecnia Tropical**, v.21, n.3, p.275-287, 2003.
- SOUZA, R.R.P. **Digestibilidade aparente da proteína de dietas para o híbrido de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989.
- 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.
- SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morene saxatilis* x *Morene chrysops*). **Aquaculture**, v.138, p.313-322, 1995.
- VIELMA, J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. et al. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorous bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.163, n. 3, p. 309-323, 1998.

- VIELMA, J.; MÄKINEN, T. EKHOLM, P. et al. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. **Aquaculture**, v.183, n.3, p.349-362, 2000.
- VIELMA, J.; RUOHONEN, K.; GABAUDAN, J. et al. Top-spraying soybean meal-based diets with phytase improves protein and mineral digestibilities but not lysine utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v.35, p.955-964, 2004.
- ZANIBONI, F.E., BARBOSA, N.D.C. & TORQUATO, V.C. Tanque rede: avaliação comparativa de sua eficiência no cultivo de piau (*Leporinus friderici*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 15, 1988, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: Univ. Federal do Paraná. 1988. p.299.

## II. OBJETIVO GERAL

A presente dissertação teve como objetivo avaliar o uso da fitase microbiana em rações com alimentos vegetais para o piavuçu *Leporinus macrocephalus*, com base na digestibilidade das rações e desempenho produtivo, e relacionar a presença do fosfato bicálcico e da fitase nas rações com a qualidade de água dos tanques.

### III. Uso de Fitase Microbiana em Rações com Alimentos Vegetais para o Piavuçu *Leporinus macrocephalus*: Desempenho, Digestibilidade e Qualidade de Água

#### Resumo

RESUMO: Avaliou-se a utilização de fitase microbiana em rações com alimentos vegetais para o piavuçu *Leporinus macrocephalus*, sobre o desempenho produtivo, qualidade de água e digestibilidade das rações. As rações (30% PB) foram formuladas de modo a terem variações quanto à presença ou ausência da enzima fitase (FI), do trigo integral (TG) e do fosfato bicálcico (FB). Os tratamentos foram farelo de soja (FS) + FB, FS, FS+FI, TG e TG+FI. Para avaliar o desempenho produtivo e a qualidade da água 250 alevinos ( $3,20 \pm 0,08$ g) foram distribuídos em 25 tanques (250 L), em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. No ensaio de digestibilidade 45 juvenis ( $184,51 \pm 14,55$ g e  $25,16 \pm 0,78$ cm) foram distribuídos em cinco cubas (150 L). Os peixes alimentados com as rações FS, FS+FI e TG apresentaram valores de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e retenção de nitrogênio que não diferiram daqueles com o uso de FS+FB. As taxas de retenção de fósforo e de extrato etéreo dos peixes foram menores com o uso de FS+FB em comparação aos demais tratamentos. A água dos tanques com o uso de FS+FB levou a concentrações mais elevadas de ortofosfato em relação aos demais tratamentos. Houve valores mais altos de ortofosfato com o uso de FS+FI do que com a utilização de FS. Não foi observado efeito da presença de TG ( $p > 0,05$ ) nos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das rações, verificou-se que o CDA da matéria seca e energia foram mais elevados com uso da FI quando se comparou o uso de rações com apenas farelo de soja. Por outro lado, o uso da fitase com rações com trigo proporcionou melhora apenas no CDA da matéria seca das rações. Conclui-se que para alevinos de *L. macrocephalus*, não é necessário à suplementação com FB em rações a base de vegetais e que o uso de fitase promove melhora na digestibilidade das rações a base de FS.

Palavras-chave: efluentes, fitase, *Leporinus macrocephalus*, trigo integral

**Microbial Phytase Use in Diets with Vegetable Ingredients for *Leporinus macrocephalus*: Performance, Digestibility and Water Quality**

**Abstract**

ABSTRACT: It was evaluated the microbial phytase use in diets with vegetables ingredients for *Leporinus macrocephalus*, on the productive performance, water quality and diets digestibility. The diets (30% PB) were formulated in order to have variations in the presence or absence of phytase (PY) enzyme of integral wheat (IW) and dicalcium phosphate (DP). The treatments were soybean (SM) + DP, SM, SM+PY, IW and IW+PY. To evaluate the productive performance and the water quality, a total of 250 fingerlings ( $3.20 \pm 0.08$ g), were distributed in 25 tanks (250 L) in a complete randomized design with five treatments and five replications. In the digestibility assay 45 juveniles ( $184.51 \pm 14.55$ g and  $25.16 \pm 0.78$  cm) were distributed in five glasses (150 L). The fish fed with diets SM, SM+PY and IW presented values of weight gain, feed conversion, protein efficiency index and nitrogen retention that not differed from those with the SM+DP use. The ether extract and phosphorus retention rate of fish were lower with the use of SM+DP in comparison to others treatments. The tanks water with SM+DP use had the highest concentration of orthophosphate in relation to others treatments. SM+PY use than with SM use. It was not observed IW ( $p > 0,05$ ) presence effect on the coefficients of apparent digestibility (CDA) of diets, it was observed the dry matter and gross energy CDA were higher with PY use when compared to the use of diets with only SM. On the other hand the PY use with diets with IW improvement only the dry matter CDA of diets. It was concluded that, for *L. macrocephalus* fingerlings, it is not necessary to add DP in diets with vegetable base, as well as the PY use promotes improvement in the SM based diets digestibility.

Key Word: effluent, phytase, *Leporinus macrocephalus*, integral wheat

## Introdução

O gênero *Leporinus*, pertencente à família Anostomidae, é composto por espécies de peixes reofílicos que desovam uma vez por ano (Castagnolli, 1992) os quais possuem hábito alimentar onívoro, com tendência à herbivoria. Estes peixes, na natureza, alimentam-se basicamente de algas filamentosas, raízes, folhas e frutos de macrófitas aquáticas, frutos de plantas ribeirinhas e larvas de insetos (Silva, 1988; Andrian et al., 1994). As espécies como *L. macrocephalus*, *L. elongatus*, *L. friderice* e *L. obtusidens* são as mais utilizadas na piscicultura devido ao rápido crescimento, potencial zootécnico, hábito alimentar e a boa adaptação às rações artificiais (Soares et al., 2000). Contudo, ainda são poucos trabalhos desenvolvidos com estas espécies, dentre estas se destaca o piavuçu *Leporinus macrocephalus* espécie que figura entre os peixes nativos comerciais mais importantes no Brasil. Porém, são poucas as pesquisas visando avaliar o desempenho ou determinar as necessidades nutricionais do mesmo (Soares et al., 2000).

Com o grande crescimento da aqüicultura no Brasil, torna-se muito preocupante os riscos com o impacto ambiental que os efluentes desta atividade possam causar, pois o fósforo e nitrogênio em excesso podem causar sérias alterações aos ecossistemas. Portanto, o uso de rações que diminuam o impacto ambiental é fundamental para um crescimento da aqüicultura sustentável com uma melhor manutenção dos recursos naturais (Forster et al., 1999; Vielma et al., 2000, Vielma et al., 2004). Efluentes provenientes da aqüicultura podem afetar as comunidades de organismos em ambientes naturais (Cain & Garling, 1995, Hayashi et al., 2007). O fósforo e o nitrogênio são dois nutrientes limitantes para o crescimento das algas, portanto determinam a eutrofização da água (Esteves, 1998). A carga destes nutrientes nos efluentes das criações de peixes está direta ou indiretamente associada com a alimentação e, para a redução na poluição

da água e aumento no desenvolvimento e sustentabilidade da aquicultura, a produção destes devem ser minimizada (Oliva-Teles et al., 1998, Vielma et al., 2004).

O fitato é um quelato da molécula de fósforo com minerais, encontrado em alimentos de origem vegetal, que é tido como um fator antinutricional por não ser digerido pelos monogástricos e peixes, pois no sistema digestório destes animais não ocorre a produção da enzima fitase que promove a quebra deste complexo. O fitato afeta também a digestibilidade da proteína e disponibilidade de outros minerais (Oliva-Teles et al., 1998; Vielma et al., 1998).

Muitos peixes apresentam baixo aproveitamento de rações contendo apenas alimentos de origem vegetal, que pode ser entre outros fatores, devido à baixa disponibilidade dos macrominerais e menor digestibilidade da proteína destes alimentos para estes animais (Forster et al., 1999; Vielma et al., 2000; Furuya et al., 2001).

A enzima fitase está naturalmente presente em alguns alimentos, como o trigo, sendo também produzida por microorganismo, inclusive por alguns que fazem parte da flora microbiana intestinal, podendo estar presente no trato intestinal de alguns animais. Praticamente, todo o fósforo dos alimentos não utilizado pelos animais é fítico, podendo ser disponibilizado pela enzima fitase resultando em ácido fosfórico e/ou seus sais, de forma que o fósforo possa ser absorvido pelos animais.

A suplementação com a enzima fitase microbiana nas rações de monogástricos, promove o aproveitamento do fósforo fítico dos alimentos, possibilitando uma redução considerável na adição de fosfato bicálcico nas rações (Conte et al., 2003).

Müllgaard (1946) observou uma alta atividade da fitase no trigo, farelo de trigo e cevada. Para Nelson (1980) citado por Rostagno et al. (1985) existe controvérsia em relação à importância da ação da fitase presente no trigo e subprodutos, não podendo ser descartada variações desta com relação às variedades e locais de cultivo. A fitase dos

fungos e dos grãos requer um pH ácido (4,5-6,0) para hidrolisar os fitatos sendo que o pH ótimo para a atividade da fitase presente no trigo é de 5,5. A fitase de origem fúngica é igualmente efetiva na hidrólise de fitatos dos alimentos e sua adição em rações para pintos sugere um incremento na hidrólise do fitato dietético (Nelson et al., 1971).

O uso de preparados com fitase de *Aspergillus niger*, tem sido empregado com sucesso, viabilizando o fósforo fítico para aves e suínos. Para peixes, principalmente para salmonídeos, proporciona um aumento na disponibilidade do fósforo dos alimentos vegetais e melhora o desempenho, reduzindo a quantidade de fósforo nas excretas, nos efluentes e conseqüentes reduções da poluição ambiental (Cain & Garling, 1995; Lanari et al., 1998; Vielma et al., 1998; Forster et al., 1999; Vielma et al., 2000; Furuya et al., 2001).

O pré-tratamento das dietas com fitase pode reduzir ou eliminar a necessidade de suplementação de fósforo e farinha de peixe em dietas a base de fontes protéicas vegetais com altos níveis de fósforo (Cain & Garling, 1995). Sendo assim, o desenvolvimento de dietas que minimizem o impacto no ambiente é essencial para o avanço futuro no desenvolvimento sustentável da indústria aquícola.

O objetivo deste experimento foi avaliar o uso da fitase microbiana em rações com alimentos vegetais para o piavuçu *Leporinus macrocephalus*, com base na digestibilidade das rações e desempenho produtivo, e relacionar a presença do fosfato bicálcico e da fitase nas rações com a qualidade de água dos tanques.

## Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos no Laboratório de Aqüicultura do Núcleo de Pesquisas e Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM), o primeiro buscando avaliar o desempenho produtivo dos alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* e um outro para determinar a digestibilidade (matéria seca, energia, proteína) e a disponibilidade do fósforo das rações para este peixe.

O experimento de desempenho teve a duração de 45 dias sendo que na fase de adaptação (três dias) os animais receberam a dieta basal peletizada com 30% de proteína bruta (Tabela 1). Foram utilizados 250 alevinos de piavuçu, com peso médio de  $3,20 \pm 0,08$  gramas, distribuídos em 25 tanques de cimento amianto com capacidade para 250 L, em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições.

As rações foram formuladas de modo a terem variações quanto à presença ou ausência de trigo integral e a enzima fitase. Os tratamentos foram: Ração controle (farelo de soja+milho) + fosfato bicálcico (FS+FB), ração basal (FS), ração basal + fitase (FS+ FI), ração com trigo integral (TG), ração com trigo integral + fitase (TG+ FI) (Tabela 1). Para a preparação das rações experimentais os alimentos foram moídos individualmente com moinho tipo faca em peneira com 1 mm, sendo realizadas análises bromatológicas dos alimentos (proteína bruta, cálcio, fósforo, cinzas e extrato etéreo) antes da preparação da ração.

Após a mistura dos ingredientes a fitase microbiana foi diluída em água a 55°C e misturada à ração, que permaneceu em local aquecido (50°C) por aproximadamente trinta minutos para ocorrer a ação da enzima. Para as rações sem fitase utilizou-se a mesma quantidade de água a 55°C.

Os ingredientes das rações foram aglomerados em moinho manual, após esse processo as rações foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por aproximadamente 16 horas. Após a secagem as rações foram desintegradas utilizando-se um moinho manual e posteriormente, separadas em duas classes de tamanho dos grânulos (1,8-2,0mm e 2,0-4 mm) com o uso de peneiras para análise granulométrica de solo para que fossem utilizadas partículas com dimensões adequadas ao tamanho da boca dos peixes. O arraçoamento foi realizado quatro vezes ao dia (8h, 11h, 14h e 17h).

Os tanques utilizados no experimento foram lavados, secos e expostos ao sol. Posteriormente, foram abastecidos com água tratada com a adição de 17mL de tiosulfato de sódio por tanque, para neutralização do cloro, possuindo sistema de aeração constante por meio de pedras micro porosas ligadas a um compressor de ar. Foi utilizado para cobertura dos tanques, sombrite 50% para evitar a perda de peixes e também uma lona transparente para evitar a entrada de água da chuva durante o experimento. Diariamente foi realizada a sifonagem do fundo dos tanques, retirando-se cerca de 20% do volume total de água, sendo reposto este volume total da água diariamente.

TABELA 1 - Composição percentual e química das rações experimentais com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana

TABLE 1 – Chemical and percentual composition of experimental plant based diets with or without microbial phytase.

Ingredientes (%) <i>Ingredients</i>	Rações <sup>1</sup> ( <i>Diets</i> <sup>1</sup> )				
	FS+FB <i>SM+DP</i>	FS <i>SM</i>	TG <i>IW</i>	FS+FI <i>SM+PY</i>	TG+FI <i>IW+PY</i>
Milho moído <i>Corn</i>	29,12	34,83	26,02	34,83	26,02
Trigo integral <i>Whole Wheat</i>	-	-	10,00	-	10,00
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	62,82	61,83	60,33	61,83	60,33
Celulose <i>Cellulose</i>	-	0,06	-	0,06	-
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	2,11	-	0,37	-	0,37
Calcário <i>Limestone</i>	2,28	2,29	2,29	2,29	2,29
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	2,66	-	-	-	-
Sup. mineral e vitamín. <i>Mineral and vitaminic sup.</i>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum <i>Salt</i>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante BHT <i>Antioxidant BHT</i>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,80	0,31	0,32	0,31	0,32
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	3,63	3,74	3,66	3,74	3,66
Extrato etéreo (%) <i>Ether extract</i>	4,01	1,92	2,31	1,92	2,31
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Lisina (%) <i>Lysine</i>	1,88	1,86	1,83	1,86	1,83
Metionina+cistina (%) <i>Methionine+cystine</i>	1,05	1,06	1,05	1,06	1,05
ED (kcal/kg) <sup>2</sup> <i>Digestible energy</i>	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00

<sup>1</sup>FS = farelo de soja (*soybean meal*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate*), TG = trigo integral (*wheat meal*), FI = fitase (*Phytase*) 1000 U/Kg.

<sup>2</sup>Energia digestível para o piavuçu determinado por Souza (em fase de elaboração<sup>2</sup>). (*Digestible energy to L. macrocephalus determined*).

<sup>2</sup> Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.

Os parâmetros químicos da água como pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram aferidos semanalmente, enquanto que, a temperatura da água foi monitorada diariamente às 8h e 17h. A cada sete dias foram coletadas amostras de água (250 mL) dos tanques para a determinação dos níveis de ortofosfato e amônia com o uso de reagentes da Alfakit para leitura da absorbância em um fotocolorímetro modelo SL 2K.

No início do experimento, foram abatidos 40 peixes para a determinação da composição bromatológica da carcaça (peixe sem cabeça). Estas apresentaram valores de 68,9% de proteína bruta; 3,12% de extrato etéreo; 20,17% de cinzas; 5,69% de cálcio e 2,94% de fósforo, todos com base na matéria seca.

Ao final do experimento foram realizadas as medidas individuais de peso e comprimento total dos peixes de cada unidade experimental. As variáveis avaliadas foram peso final, ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, rendimento de carcaça, taxas de retenção de nitrogênio, fósforo e extrato etéreo, fator de condição e sobrevivência.

Durante o abate os peixes foram anestesiados com benzocaína, abatidos, eviscerados, retirando-se a cabeça, nadadeiras e pele, sendo secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 24 horas e posteriormente moídos em moinho elétrico com peneira 0,5mm, para serem submetidos à análise de carcaça para determinação das percentagens de proteína, matéria seca, extrato etéreo, cálcio e fósforo. As determinações foram realizadas segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia da UEM. Para a análise da retenção de nitrogênio, fósforo e extrato etéreo utilizaram-se a seguinte equação descrita por Storebakken et al. (1998):

$$N_{Ret} = \frac{100 \times (PF \times Nc_f - PI \times Nc_i)}{cons \times N_{ração}}$$

em que:

$N_{Ret}$  = retenção do nutriente;

$PF$  e  $PI$  = peso final e inicial do lote, respectivamente;

$Nc_f$  e  $Nc_i$  = teor final e inicial do nutriente na carcaça do peixe;

$cons$  = consumo de ração;

$N_{ração}$  = teor do nutriente na ração.

O ensaio de digestibilidade das rações (Tabela 1) foi realizado no período de abril a maio de 2005. Para a coleta das fezes, foram utilizados 45 juvenis de piavuçu, com peso médio de  $184,51g \pm 14,55$  e comprimento médio de  $25,16cm \pm 0,78$  distribuídos em cinco cubas com forma cônica e capacidade para 150 L cada, com sistema de sifão na extremidade inferior para coleta das fezes. Os tanques possuíam sistema de aeração artificial constante por meio de pedras micro porosas ligadas, através de mangueira, a um compressor de ar e aquecimento utilizando aquecedores de 100 W quando necessário. Os animais foram submetidos a um período de adaptação às instalações e condições de manejo por uma semana.

Foram realizados três períodos de coleta sendo que em cada período a mesma ração era dada para um lote diferente de peixes. As fezes coletadas em cada período formaram uma amostra composta que foi considerada como repetição. Após cada período de coleta, os animais ficaram em jejum por um dia, antes da adaptação à próxima ração a ser avaliada. O arraçoamento durante o período de adaptação, por dois dias, a nova ração foi realizado à vontade cinco vezes ao dia, sendo duas pela manhã e três à tarde. Durante o período de coleta (por sete dias), os animais foram alimentados duas vezes no período da manhã e uma vez no início da tarde. Durante à tarde o arraçoamento foi realizado a cada 30 minutos. Após 15 minutos da última refeição

(17:00), realizava-se a limpeza das cubas e a troca total da água pela manhã e tarde como descrito por Furuya et al. (2001).

As fezes depositadas no copo coletor foram coletadas diariamente e congeladas (-5°C), perfazendo uma amostra composta, para cada ração nos diferentes períodos.

Foram realizadas análises bromatológica das rações e das fezes para determinação das percentagens de proteína bruta, matéria seca, extrato etéreo e fósforo segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), enquanto que para obtenção dos valores de energia bruta as amostras foram queimadas em bomba calorimétrica no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia da UEM. A determinação da concentração de cromo, nas fezes e nas rações, por espectrofotometria de absorção atômica, segundo as metodologias descritas por Kimura & Miller (1957), foi realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da UEM.

O cálculo dos coeficientes de digestibilidade e disponibilidade aparente dos nutrientes das rações foram realizados de acordo com a equação proposta por Mukhopadhyay & Ray (1997).

$$DA_N = 100 - \left[ 100 * \left( \frac{\%I_d}{\%I_f} \right) \cdot \left( \frac{\%N_f}{\%N_d} \right) \right]$$

em que:

$DA_N$  = digestibilidade aparente do nutriente;

$\%I_d$  e  $\%I_f$  = porcentagem do indicador na dieta e nas fezes, respectivamente;

$\%N_f$  e  $\%N_d$  = porcentagem do nutriente nas fezes e na dieta, respectivamente.

Os dados das variáveis de desempenho e digestibilidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA,  $p < 0,05$ ), no caso de diferenças estatísticas foi empregado o teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa computacional STASTISTICA.

## Resultados e Discussão

Os valores médios das variáveis físicas e químicas da água dos tanques estão apresentados na Tabela 2, enquanto que as oscilações dos mesmos ao longo do período experimental são mostradas na Figura 1. Estes permaneceram dentro dos valores recomendados para a criação de peixes por Egna & Boyd (1997).

TABELA 2 - Valores médios dos parâmetros físicos e químicos em tanques com alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana<sup>1</sup>

TABLE 2 - Average values of physical and chemical parameters in tanks with *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase<sup>1</sup>

Parâmetros (%) <i>Parameters</i>	Rações ( <i>Diets</i> )				
	FS+FB <i>SM+DP</i>	FS <i>SM</i>	TG <i>IW</i>	FS+FI <i>SM+PY</i>	TG+FI <i>IW+PY</i>
Temperatura <i>Temperature, °C</i>	23,69±1,20	23,74±1,07	23,74±1,07	23,68±1,45	23,61±1,14
pH <i>pH</i>	7,65±0,03	7,68±0,03	7,68±0,03	7,69±0,030	7,69±0,032
Condutividade elétrica ( <i>Conductivity</i> ), µS/cm	266,8±8,1ab	253,6±10,2ab	249,7±9,6 b	260,3±8,3ab	270,3±10,1a
Oxigênio dissolvido <i>Dissolved oxygen</i> , Mg/L	6,62±0,16	6,67±0,15	6,73±0,15	6,74±0,18	6,53±0,21
Ortofosfato <i>Orthophosphate</i> , ppm	0,113±0,01a	0,067±0,01c	0,073±0,01bc	0,081±0,01b	0,079±0,01bc
Amônia <i>Ammonium</i> , mg/L	0,016±0,08	0,018±0,06	0,022±0,07	0,018±0,06	0,016±0,07

<sup>1</sup>Valores em mesma linha seguidos de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). <sup>1</sup>Values in same line following by equal letter don't differ significantly by Tukey ( $p >0.05$ ) test.

FS = farelo de soja (*soybean meal (SM)*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate (DP)*), TG = trigo integral (*whole wheat (IW)*), FI= fitase (*Phytase (PY)*).

O emprego de rações com somente farelo de soja (FS) e farelo de soja com fitase (FS+FI) apresentou menores valores de ortofosfato na água (Figura 1A) do que nos tanques onde foram utilizadas rações com fosfato bicálcico. Os resultados obtidos estão de acordo com Hayashi et al. (2007) com matrinxã *Brycon cephalus* e para piavuçu

*Leporinus macrocephalus* (em fase de elaboração<sup>3</sup>). Estes resultados concordam também com o relato de Vielma et al. (2000) e Vielma et al. (2004) que o uso de rações sem a adição de fosfato bicálcico para a truta arco-íris levam a redução no impacto ambiental, levando a baixos valores de fósforo disponível para as algas. De acordo com Roy & Lall (2004) a descarga de fósforo é um dos principais problemas das fazendas de piscicultura. Entretanto, os resultados deste trabalho reforçam o relato de Vielma et al. (2004) que a redução do fósforo nas rações e o uso de fitase são fortes ferramentas para a redução de fósforo nos efluentes provenientes da piscicultura.

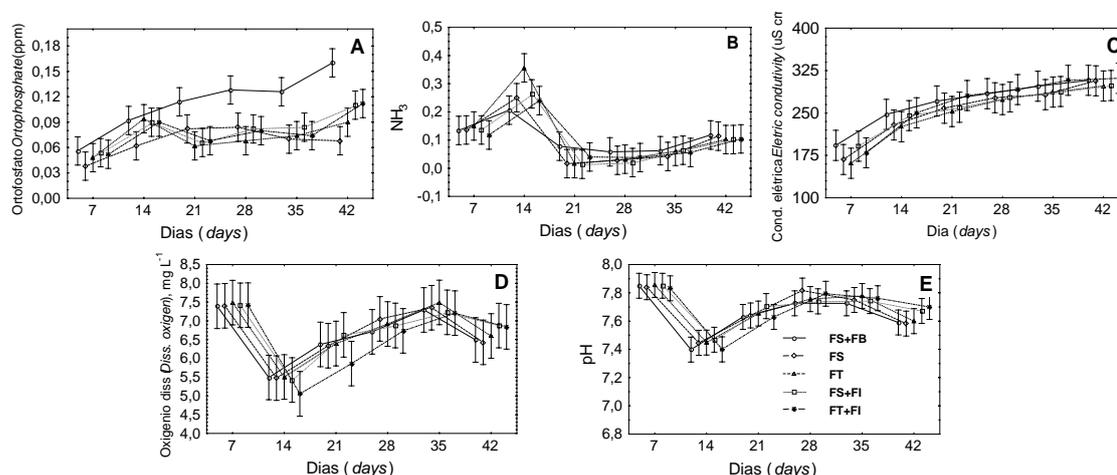


FIGURA 1 - Valores médios dos parâmetros físicos e químicos em tanques com alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.

FIGURE 1 - Average values of physical and chemical parameters in tanks with *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase.

Os valores médios das características de desempenho produtivo dos alevinos de *L. macrocephalus* submetidos as diferentes rações são apresentados na Tabela 3. Os valores de ganho de peso dos peixes alimentados com a ração com farelo de soja + fosfato bicálcico (FS+FB) foram melhores ( $p < 0,05$ ) que os obtidos com uso de trigo

<sup>3</sup> Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.

integral suplementado com fitase (TG+FI), porém, não diferiram em relação aos valores obtidos com os demais tratamentos (Figura 2A). Entretanto, os resultados desta variável com uso do TG+FI não diferiram em relação àqueles com somente farelo de soja (FS), trigo integral (TG) e farelo de soja + fitase (FS+FI). Não foram observadas diferenças estatísticas entre o ganho de peso dos peixes alimentados com as rações tratadas com fitase em relação as não tratadas. Assim como, o verificado por Storebakken et al. (1998) e Hayashi et al. (2007) que o uso desta enzima não influenciou o ganho de peso de juvenis de salmão do Atlântico *Salmo salar* e do matrinxã, respectivamente. Por outro lado, o resultado obtido neste trabalho difere dos obtidos por Cain & Garling (1995) que relatam um maior ganho de peso de alevinos de truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* com dietas contendo farelo de soja tratada com fitase, por Jackson et al. (1996) que observaram que bagres do canal (*Ictalurus punctatus*) que receberam 500 ou mais UF/kg de fitase apresentaram maior ganho de peso e por Liebert & Portz (2005) que observaram melhora na taxa de crescimento da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* com o uso de fitase (acima de 500 UF/kg) em dietas a base de farelo de soja.

Os valores de conversão alimentar (Figura 2B) e taxa de eficiência protéica (Figura 2C) dos peixes alimentados com a ração com FS+FB foram melhores ( $p < 0,05$ ) que os obtidos com uso de TG+FI, porém, não diferiram em relação aos valores obtidos com as demais rações. Os resultados destas variáveis com uso do TG+FI diferiram em relação ao uso de FS e TG. Observaram-se, ainda, piores valores de conversão alimentar e taxa de eficiência protéica nas rações com fitase em comparação àquelas sem fitase e sem fosfato bicálcico (FS e TG). O mesmo resultado foi verificado por Storebakken et al. (1998) com juvenis de salmão do Atlântico e com piavuçu (em fase de elaboração<sup>4</sup>), que o uso da fitase não melhorou a conversão alimentar. Jackson et al. (1996) relatam que bagres do canal que receberam ração com 1000 UF/kg de fitase apresentaram

---

<sup>4</sup>Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.

melhor conversão alimentar. Enquanto que Liebert & Portz (2005) relatam melhora na conversão alimentar e taxa de eficiência protéica de tilápia do Nilo com o emprego de fitase nas rações a base de alimentos vegetais.

TABELA 3 - Valores médios das variáveis de desempenho de alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana<sup>1</sup>.

TABLE 3 - Average values of performance variables of *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase<sup>1</sup>.

Parâmetros <i>Parameters</i>	Rações ( <i>Diets</i> )				
	FS+FB <i>SM+DP</i>	FS <i>SM</i>	TG <i>IW</i>	FS+FI <i>SM+Py</i>	TG+FI <i>IW+Py</i>
Peso inicial (g) <i>Initial weight</i>	3,19±0,02	3,18±0,03	3,26±0,07	3,18±0,02	3,19±0,02
Ganho de peso (g) <i>Final body weight</i>	12,09±0,77a	11,65±0,69ab	11,52±0,80ab	10,08±0,75ab	9,00±0,63b
Conversão alimentar <i>Feed gain</i>	1,32±0,06ab	1,20±0,05a	1,37±0,06ab	1,44±0,05bc	1,63±0,03c
Taxa de efic. protéica <i>Protein efficiency rate</i>	2,33±0,12ab	2,57±0,09a	2,26±0,10ab	2,14±0,08bc	1,91±0,03c
Rendimento de carcaça <i>Carcass yield</i>	90,15±0,14	89,28±0,43	89,28±0,72	90,23±0,17	90,08±0,70
Ret. de nitrogênio (%) <i>Nitrogenous Retention</i>	27,69±1,69ab	29,31±2,40a	26,34±1,68ab	21,06±1,55b	26,72±1,33ab
Ret. de fósforo (%) <i>Phosphorous Retention</i>	17,27±1,29c	57,62±5,14a	50,98±3,21ab	42,85±3,42b	49,01±2,10ab
Ret. de Extrato etér. (%) <i>EE. Retention</i>	51,24±4,12c	96,84±6,01a	92,96±3,33ab	69,55±4,42b	80,40±3,88ab
Fator de condição <i>Condition index</i>	1,10±0,03	1,16±0,03	1,14±0,03	1,12±0,01	1,16±0,01
Sobrevivência (%) <i>Survival rate</i>	100,00±0,00	100,00±0,00	98,00±2,00	100,00±0,00	100,00±0,00

<sup>1</sup>Valores em mesma linha seguidos de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). <sup>1</sup>Values in same line following by equal letter don't differ significantly by Tukey ( $p >0.05$ ) test. FS = farelo de soja (*soybean meal (SM)*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate (DP)*), TG = trigo integral (*whole wheat (IW)*), FI= fitase (*Phytase (PY)*).

Os valores de todas as variáveis de desempenho produtivo dos peixes alimentados com as rações FS ou com FS+FI não diferiram do controle (FS+FB) o que indica que os teores de fósforo nas rações sem fosfato já estavam próximo à exigência para o piavuçu. Resultados similares a estes foram relatados para a mesma espécie (em fase de elaboração<sup>5</sup>) e para o matrinxã por Hayashi et al. (2007).

<sup>5</sup> Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.

Em relação à retenção de nitrogênio (Figura 2D), os peixes alimentados com a ração FS apresentaram valores mais elevados em comparação àqueles que receberam FS+FI, entretanto ambos levaram a valores que não diferiram daqueles obtidos com as outras rações. Resultado este que difere do relatado (em fase de elaboração<sup>6</sup>) que não observaram efeito da ausência de fosfato bicálcico ou da adição de fitase em rações para o piavuçu sobre a de retenção de nitrogênio.

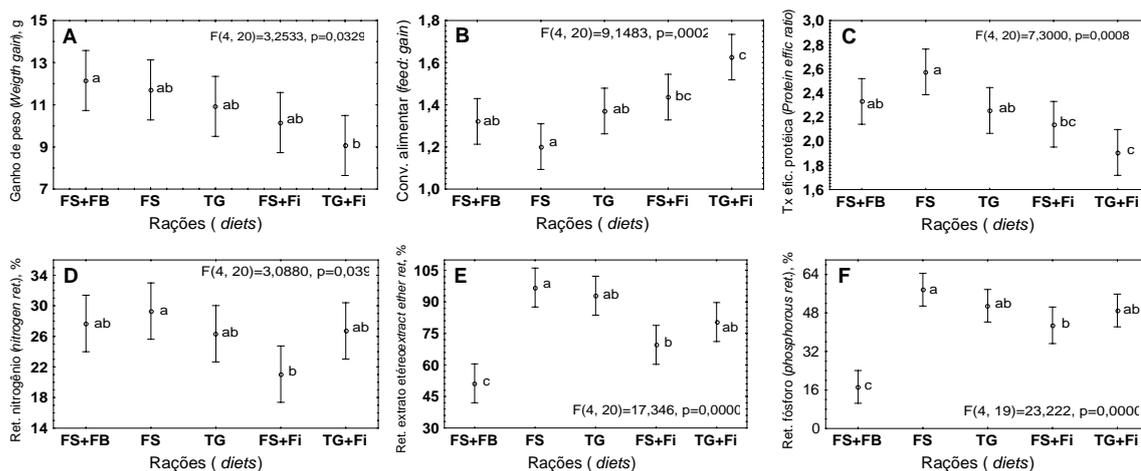
Para a retenção de extrato etéreo (Figura 2E) e de fósforo (Figura 2F) todas as rações sem fosfato bicálcico promoveram valores mais elevados de ambos os parâmetros em comparação ao uso da FS+FB. Os peixes alimentados com FS apresentaram valores superiores aos daqueles que receberam FS+FI, porém o TG e TG+FI foram semelhantes. Cain & Garling (1995) e Furuya et al. (2004) que relatam melhora na eficiência na retenção de fósforo com o tratamento do farelo de soja com fitase em rações para alevinos de truta arco-íris e tilápia do Nilo, respectivamente. Diferindo do relatado para o piavuçu (em fase de elaboração<sup>6</sup>) que não houve efeito do uso de rações sem fosfato bicálcico e da adição de fitase sobre a retenção de fósforo.

O rendimento de carcaça, fator de condição e a taxa de sobrevivência não foram influenciados ( $p>0,05$ ) pela utilização das diferentes rações. Furuya et al. (2001), Sajjadi & Carter (2004) também não observaram efeito da adição de fitase nas rações sobre a sobrevivência da tilápia do Nilo, salmão do Atlântico e piavuçu (em fase de elaboração<sup>6</sup>), respectivamente.

O fator de condição dos alevinos de piavuçu não ter sido influenciado pelas diferentes rações foi observado para o mesmo peixe (em fase de elaboração<sup>6</sup>) e por Hayashi et al. (2007) para o matrinxã.

---

<sup>6</sup> Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.



FS = farelo de soja (*soybean meal (SM)*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate (DP)*), TG = trigo integral (*whole wheat (IW)*), Fi= fitase (*Phytase (Py)*). <sup>1</sup>Barras seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). <sup>1</sup>Bars following by equal letter don't differ significantly by Tukey ( $p > 0.05$ ) test

FIGURA 2 - Valores médios das variáveis de desempenho de alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.

FIGURE 2 - Average values of performance variables of *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase.

Os teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta e cálcio na carcaça do piavuçu foram alterados ( $p < 0,05$ ) pelo uso das diferentes rações (Tabela 4 e Figura 3). Os peixes alimentados com TG+FI apresentaram teores de proteína bruta, energia bruta e cálcio na carcaça mais elevado do que daqueles que foram alimentados com FS+FI, entretanto estes não diferiram ( $p > 0,05$ ) dos demais tratamentos. O valor de matéria seca dos peixes que receberam FS+FB foi menor que os observados com as outras rações utilizadas (Figura 3A). Em relação ao extrato etéreo observaram-se valores maiores com o uso de TG+FI em comparação ao uso de FS e FS+FI (Figura 3C).

O fato do uso da fitase não ter promovido aumento do teor de cálcio na carcaça (Figura 3B) difere do obtido por Vielma et al. (2002) para truta arco-íris e Sajjadi & Carter (2004) para o salmão do Atlântico onde a presença de fitase promoveu teores mais elevados de cinzas na carcaça. Baruah et al. (2005) também observaram aumento

no teor de cálcio nos ossos em juvenis de *Labeo rohita* com o uso de fitase, resultado este que também difere do obtido no presente trabalho.

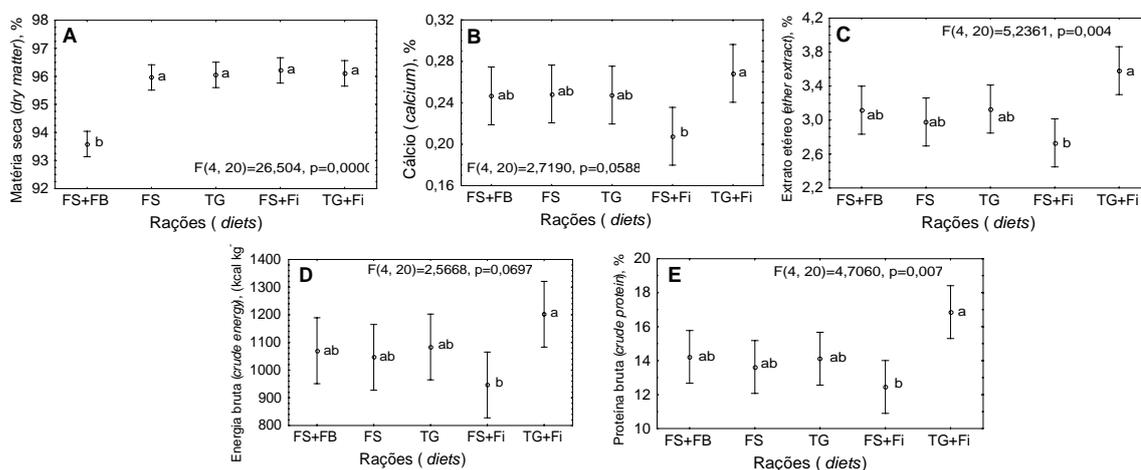
TABELA 4 - Valores médios da composição bromatológica das carcaças de alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana<sup>1</sup>.

TABLE 4 - Average values of carcass bromatological composition of *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase<sup>1</sup>.

Parâmetros (%) <i>Parameters</i>	Rações ( <i>Diets</i> )				
	FS+FB <i>SM+DP</i>	FS <i>SM</i>	TG <i>IW</i>	FS+FI <i>SM+PY</i>	TG+FI <i>IW+PY</i>
Proteína bruta <i>Crude protein</i>	14,22±0,88ab	13,62±0,53ab	14,11±0,76ab	12,45±0,75b	16,86±0,75a
Extrato etéreo <i>Ether extract</i>	3,12±0,16ab	2,98±0,11b	3,13±0,13ab	2,73±0,10b	3,58±0,16a
Energia bruta <i>Energy</i>	1070,1±60,7ab	1046,1±51,0ab	1083,7±58,7ab	946,4±41,3b	1201,8±69,5a
Matéria seca <i>Dry matter</i>	93,59±0,43b	95,96±0,05a	96,05±0,05a	96,21±0,15a	96,11±0,15a
Fósforo <i>Phosphorous</i>	0,52±0,03	0,52±0,02	0,52±0,03	0,47±0,01	0,57±0,03
Cálcio <i>Calcium</i>	0,25±0,02ab	0,25±0,01ab	0,25±0,01ab	0,21±0,01b	0,27±0,01a

<sup>1</sup>Valores em mesma linha seguidos de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). <sup>1</sup>Values in same line following by equal letter don't differ significantly by Tukey ( $p > 0.05$ ) Test.

FS = farelo de soja (*soybean meal (SM)*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate (DP)*), TG = trigo integral (*integral wheat (IW)*), FI= fitase (*Phytase (PY)*).



FS = farelo de soja (*soybean meal (SM)*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate (DP)*), TG = trigo integral (*whole wheat (IW)*), FI= fitase (*Phytase (PY)*). <sup>1</sup>Barras seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). <sup>1</sup>Bars following by equal letter don't differ significantly by Tukey ( $p > 0.05$ ) Test.

FIGURA 3 - Valores médios da composição bromatológica das carcaças de alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana<sup>1</sup>

FIGURE 3 - Average values of carcass bromatological composition of *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase<sup>1</sup>

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta, energia bruta, matéria seca e fósforo das diferentes rações pelos alevinos de piavuçu (Tabela 5).

Os CDA da proteína bruta, energia bruta e fósforo das rações com e sem fitase não foram influenciados pelo uso desta enzima, observando-se diferença apenas para matéria seca com maiores CDA para as rações com fitase (Figura 4A). Já para as rações com e sem trigo os CDA da proteína, energia, fósforo e matéria seca não foram alterados (Figura 4B). Entretanto, quando foi analisada separadamente rações com apenas farelo de soja sem fosfato (FS e FS+FI) foram observados maiores CDA da matéria seca e energia bruta ( $p < 0,05$ ) com o uso da fitase (Figura 4C). Por outro lado, para as rações com trigo (TG e TG+FI) observaram diferenças ( $p < 0,05$ ) apenas para o CDA da matéria seca (Figura 4C). Estes resultados indicam que a fitase foi mais efetiva nas rações com apenas FS ou que a fitase natural do trigo levou a hidrólise do fitato das rações e conseqüente disponibilização do fósforo uma vez que Mùllgaard (1946) relatam uma alta atividade da fitase no trigo.

TABELA 5. - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta, matéria seca e fósforo para alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana<sup>1</sup>.

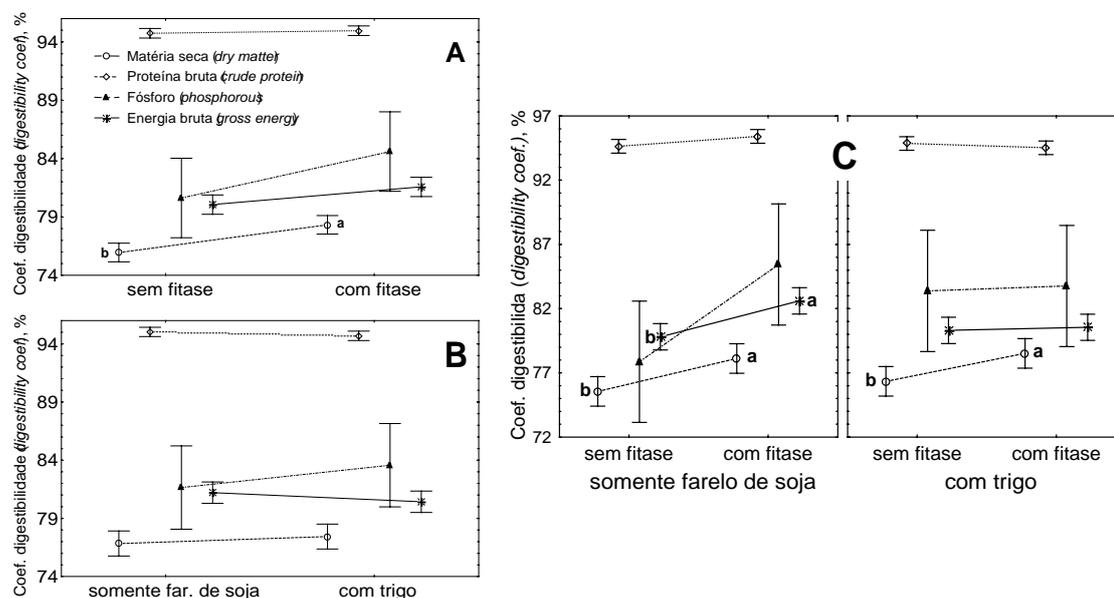
Table 5 - Digestible apparent coefficients of crude protein, crude energy, dry matter and phosphorous by *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase<sup>1</sup>.

Parâmetros (%) <i>Parameters</i>	Rações <sup>1</sup> ( <i>Diets</i> ) <sup>1</sup>				
	FS+FB <i>SM+DP</i>	FS <i>SM</i>	TG <i>IW</i>	FS+FI <i>SM+PY</i>	TG+FI <i>IW+PY</i>
Proteína bruta <i>Crude protein</i>	94,68±0,53	94,64±0,56	94,86±0,24	95,41±0,22	94,52±0,48
Energia <i>Energy</i>	82,67±0,72	79,81±1,30	80,31±0,29	82,61±0,53	80,55±0,57
Matéria seca <i>Dry matter</i>	77,60±1,09	75,56±1,32	76,34±0,97	78,12±0,32	78,52±0,50
Fósforo <i>Phosphorous</i>	86,77±0,91	77,86±3,46	83,38±5,49	85,44±1,44	83,76±2,63

FS = farelo de soja (*soybean meal(SM)*), FB = fosfato bicálcico (*dicalcium phosphate (DP)*), TG = trigo integral (*integral wheat(IW)*), FI= fitase (*Phytase(PY)*).

<sup>1</sup>Valores em mesma linha não diferem significativamente (ANOVA,  $p>0,05$ ). <sup>1</sup>Values in same line did not differ significantly (ANOVA,  $p>0.05$ ).

O fato de não ter sido verificado diferenças estatísticas entre os CDA da proteína bruta seja quando comparado os valores de todas as rações em separado (Tabela 5), seja quando se avaliou o emprego da FI ou do TG (Figura 4) como o relatado para a truta arco-íris por Cheng & Hardy (2002) e para a tilápia-do-Nilo por Bock et al. (2004) que observaram que a digestibilidade da proteína bruta não foi influenciada pelo tratamento com FI. Por outro lado, resultados que citam melhora no CDA da proteína foram obtidos por Storebakken et al. (1998) com 500 UF/7kg da ração para juvenis de salmão do Atlântico, por Furuya et al. (2001) com 700 UF de fitase /kg de ração a base de farelo de soja para a tilápia do Nilo e por Debnath et al. (2005) com rações a base de farelo de soja para alevinos de *Pangasius pangasius*.



Sem fitase (*without phytase*), com fitase (*with phytase*), somente farelo de soja (*only soybean meal*), com trigo integral (*with integral wheat*), <sup>1</sup>Barras seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). <sup>1</sup>Bars following by equal letter don't differ significantly by Tukey ( $p > 0.05$ ) Test.

FIGURA 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta, matéria seca e fósforo para alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* alimentados com rações com alimentos vegetais suplementadas ou não com a fitase microbiana.

Figure 4 Digestible apparent coefficients of crude protein, crude energy, dry matter and phosphorous by *Leporinus macrocephalus* fingerlings submitted to plant based diets with or without microbial phytase<sup>1</sup>

O CDA da energia bruta foi alterado apenas quando se considerou o uso das rações com farelo de soja (FS e FS+FI) com valor mais elevado com o uso da fitase (Figura 4C) o que está de acordo com o relato de melhora no CDA da energia com 1500 UF/kg para a tilápia-do-Nilo por Bock (2004). Por outro lado, Cheng & Hardy (2002) não observaram efeito do uso da fitase microbiana sobre os CDA da energia bruta de vários alimentos (cevada, farelo de canola, trigo e farinha de trigo) para a truta arco-íris. Enquanto não se observou influência da fitase no CDA da energia bruta para o piavuçu (em fase de elaboração<sup>7</sup>).

Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, em relação ao CDA da matéria seca, com a melhora dos índices com o uso de fitase nas rações foram descritos por Bock (2004) que usou rações a base de ingredientes vegetais com 1500 UF de fitase /kg de dieta para a tilápia-do-Nilo e por Debnath et al. (2005) com 0 a 2000 UF de fitase/kg em dietas a base de farelo de soja para alevinos de *P. pangasius*. Entretanto, há relatos (em fase de elaboração<sup>7</sup>) que o CDA da matéria seca das rações com fosfato ou sem fosfato entre 0 a 2000 UF de fitase/kg das rações não alterou os CDA deste nutriente.

A disponibilidade de fósforo da ração com fosfato bicálcico não diferiu ( $p>0,05$ ) dos valores obtidos para as demais rações, fato este que discorda do obtido com tilápia-do-Nilo por Bock (2004) que cita um aumento na disponibilidade do fósforo de 31,32% para 56,44% com o uso de fitase e para o piavuçu (em fase de elaboração<sup>7</sup>) que relata aumento desta de 67,08% para 89,21%.

O parâmetro que apresentou maior variação numérica foi a disponibilidade de fósforo com as rações com somente FS sem fitase (77,86%) em comparação a FS com

---

<sup>7</sup> Dados de autoria de Sandra Regina de Souza a ser defendido como tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2007.

fitase (85,44%). Resultados que também demonstram aumento na disponibilidade do fósforo para peixes são relatados por Vielma et al. (1998), Lanari et al. (1998) e Forster et al. (1999) para truta arco-íris com aumentos de 44,50 para 69,70%, de 58,60 para 68,10% e 37,40 para 51,00%, respectivamente. Por Furuya et al. (2001) com aumento de 38,28 para 65,23%, Cheng & Hardy (2002), Gonçalves (2003) e por Bock (2004) para a tilápia do Nilo. Melhora na disponibilidade do fósforo com o uso da fitase também foram relatadas para o salmão do Atlântico (63,84% para 74,06%) por Sajjadi e Carter (2004) e (29,7% para 48,8%) por Storebakken et al. (1998), para o “Striped bass” (*Morone saxatilis*) (29,70% para 92,50%) por Hughes e Soares (1998), para o “seabass” (*Dicentrarchus labrax*) (de 25,00% para 71,50%) por Olívia-Teles et al. (1998).

Os valores mais elevados de ortofosfato na água (Tabela 2) nos tanques com os peixes que receberam FS+FB devem estar relacionados com os níveis mais altos de fósforo nesta ração em comparação as demais (Tabela 1). Assim, apesar dos CDA do fósforo desta ração ter sido similar aos das demais, houve uma maior liberação de fósforo para o ambiente.

### **Conclusões**

Para o cultivo de alevinos de *Leporinus macrocephalus* com rações a base de vegetais o uso de rações sem fosfato bicálcico promove a redução na concentração de ortofosfato no ambiente; não há necessidade de suplementação com fosfato bicálcico e o emprego de fitase promove melhora na digestibilidade das rações a base de farelo de soja.

### Literatura Citada

- ANDRIAN, I.F.; DÓRIA, C.R.C.; TORRENTE, G. et al. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) do rio Paraná (22°10'-22°50'S / 53°10'-53°40'W), Brasil. **Revista UNIMAR**, v.16 (supl.), p.97-106, 1994.
- BARUAH, K.; PAL, A.K.; SAHU, N.P. et al. Dietary protein level, microbial phytase, citric acid and their interactions on bone mineralization of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles. **Aquaculture Research**, v.36, n.8, p803-812, 2005.
- BOCK, C.L. **Fitase em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2004, 74p. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2004.
- CAIN, K.D.; GARLING, D.L. Pretreatment of soybean meal with phytase for salmonid diets to reduce phosphorous concentrations in hatchery effluents. **The Progressive Fish-Culturist**, 57(2): 114-119, 1995.
- CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189p.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effect of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat and wheat middlings, measured *in vivo* using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v.8, n.4, p.271-277, 2002.
- CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T. et al. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n5, p.1147-1156. 2003.
- DEBNATH, D.; PAL, A.K.; SAHU, N.P. et al. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, v.36, n.2, p.180-187, 2005.
- EGNA, H. S.; BOYD, C. E. **Dynamic of pond aquaculture**. Boca Raton: CRC Press. 1997.
- FORSTER, I.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S. et al. Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) held in 11°C fresh water. **Aquaculture**, v.179, n.1, p.109-125. 1999.
- 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**, Viçosa, v.30, n.3, p.924-929, 2001.
- FURUYA, W.M.; NEVES, P.R.; SILVA, L.C.R. et al. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de reversão de sexo. **Acta Scientiarum**, v.26, n.3, p.299-303, 2004.
- GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

- HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M. et al. Uso da fitase na alimentação do matrinxã (*Brycon cephalus*): Digestibilidade, desempenho e qualidade de água. *Submetido*, 2007.
- HUGHES, K.P.; SOARES JR., J.H. Efficacy of phytase on phosphorus utilization in practical diets fed to striped bass *Morone saxatilis*. **Aquaculture Nutrition**, v.4, p.133-140, 1998.
- JACKSON, L.S.; MENG, H.L.; ROBINSON, E.H. Use de microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytase phosphorus. **Jornal of the World Aquaculture Society**, v.27, n.3, p.309-313. 1996.
- KIMURA, F.T.; MILLER, V.L. Improved determination of chromic oxide in cal feed and feces. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.5, n.2, p.216, 1957.
- LANARI, D.; DÁGARO, E.; TURRI, C. Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of protein plant diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.161, n.3, p.345-356, 1998.
- LIEBERT, F.; PORTZ, L. Nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed plant based low phosphorus diets supplemented with graded levels of different sources of microbial phytase. **Aquaculture**, v.248, n.1-4, p.111-119, 2005.
- MUKHOPADHYAY, N.; RAY, A.K. The apparent total and nutrient digestibility of sal seed (*Shorea robusta*) meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Research**, v.28, n.9, p.683-689, 1997.
- MÜLLGAARD H. On phytic acid, its importance in metabolism and its enzymatic cleavage in bread supplemented with calcium. **Biochemical Journal** v.40, p.589-603, 1946.
- NELSON, T.S.; SHIEH, T.R.; WODZINSKI, R.J. et al. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. **Journal of Nutrition**, v.101, p. 1289-1294, 1971.
- OLIVA-TELES, A.; PEREIRA, J.P.; GOUVEIA, A. et al. Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquatic Living Reserch**, v.11, n.4, p.255-259, 1998.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 19.ed., 1985. 59p.
- ROY, P.K.; LALL, S.P. Urinary phosphorus excretion in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.) and Atlantic salmon, *Salmo salar* (L.). **Aquaculture** v. 233, p.369-382, 2004.
- SAJJADI, M.; CARTER, C.G. Dietary phytase supplementation and the utilization of phosphorus by Atlantic salmo (*Salmo salar* L.) fed a canola-neal-based diet. **Aquaculture**, v.240, n.1-4, p.417-431, 2004.
- SILVA, A.C. Alimentação natural de quatro espécies de peixes da Família Anostomidae (Ostariophysi, Characiformes) do Rio Araguari, Bacia do Parnaíba, MG. In: ENCONTRO ANUAL DE AQUICULTURA DE MINAS GERAIS, 6, Belo Horizonte, 1988. **Resumos...** Belo Horizonte: AMA, 1988, p. 1.

- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.
- SOARES, C.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M.B. et al. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.3, p.395-400, 2000.
- SOUZA, S.R. Dietas sem e com fosfato bicálcico e fitase para piavuçu *Leporinus macrocephalus*. Maringá, 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, 2007 (em fase de elaboração).
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K. D.; ROEM, A. J. Availability of protein, phosphorous and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase-treated soy-protein concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo Salar*. **Aquaculture**, v.161, n.3-4, p. 365-379, 1998.
- VIELMA, J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J.; SCHÖNER, F.J.; MATTILA, P. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorous bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.163, n.3, p.309-323, 1998.
- VIELMA, J.; MAKINEN, T.; EKHOLM, P.; KOSKELA, J. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. **Aquaculture**, v.183, n.3, p.349-362, 2000.
- VIELMA, J.; ROUHONEN, K.; PEISKER, M. Dephytinization of two soy proteins increases phosphorus and protein utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.204, n.1-2, p.145-156, 2002.
- VIELMA, J.; RUOHONEN, K.; GABAUDAN, J. et al. Top-spraying soybean meal-based diets with phytase improves protein and mineral digestibilities but not lysine utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v.35, p.955-964, 2004.

#### IV. CONCLUSÃO GERAL

Para o cultivo de alevinos de *Leporinus macrocephalus* com rações a base de vegetais o uso de rações sem fosfato bicálcico promove a redução na concentração de ortofosfato no ambiente; não há necessidade de suplementação com fosfato bicálcico e o emprego de fitase promove melhora na digestibilidade das rações a base de farelo de soja.

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

D541u      Dias, Priscila Gôngora  
            Uso de fitase microbiana em rações com alimentos vegetais para o  
            piavuçu *Leporinus macrocephalus*: desempenho,  
            digestibilidade e qualidade de água / Priscila Gôngora  
            Dias. -- Maringá : [s.n.], 2007.  
            39 f. : il.

            Orientador : Prof. Dr. Carmino Hayashi.  
            Coorientador: Dr. Claudemir Martins Soares  
            Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Programa de  
            Pós-Graduação em Zootecnia. Área de Concentração Produção Animal, 2007.

            1. *Leporinus macrocephalus* - Trigo integral. 2.  
            *Leporinus macrocephalus* - Fitase microbiana. 3.  
            *Leporinus macrocephalus* - Digestibilidade. 4. Efluentes.  
            I. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em  
            Zootecnia. Área de Concentração Produção Animal. II. Título.

CDD 21.ed. - 639.31