



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**UTILIZAÇÃO DE FITASE PARA
TILÁPIA-DO-NILO**

KAREN DAIANNY MACEDO MELO

2010

KAREN DAIANNY MACEDO MELO

UTILIZAÇÃO DE FITASE PARA TILÁPIA-DO-NILO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura

**UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

Melo, Karen Daianny Macedo.

M528u Utilização de fitase para tilápia-do-Nilo [manuscrito]
/ Karen Daianny Macedo Melo. – 2010.
55 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros-
Unimontes, 2010.

Orientador: Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura.

KAREN DAIANNY MACEDO MELO

UTILIZAÇÃO DE FITASE PARA TILÁPIA-DO-NILO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 04 de MARÇO de 2010.

Prof. DSc. Antônio Cleber da Silva Camargo – UFMG

Prof. DSc. Cláudio Luiz Corrêa Arouca – UNIMONTES

Profa DSc. Mônica Patrícia Maciel – UNIMONTES

Orientador

Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura

**UNIMONTES
MINAS GERAIS - BRASIL
2010**

Aos

**meus pais, Aluísio e Vera Lúcia,
que são meu alicerce durante as minhas
conquistas.**

Aos

**meus irmãos, Thaís, Rúbia e Reimáculo,
que mesmo distante nunca deixaram
de me incentivar.**

Ao

**meu sobrinho e afilhado Gabriel.
Anjinho enviado e abençoado
por Deus.**

A

**Antônio, amor incondicional.
Sempre presente, lutando junto comigo em
todos os momentos.
Sempre te amarei.**

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

A Deus, inspiração, força e luz.

Ao Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura, pela orientação, confiança, incentivo e paciência em todos os momentos passados. Saiba que tem uma grande colega e amiga.

À Universidade Estadual de Montes Claros e ao Departamento de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura do Gorutuba da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF, pelo apoio durante a realização do experimento. Aos funcionários, pelo amparo e dedicação.

Aos estagiários pelo auxílio e amizade durante a realização deste trabalho.

Ao meu noivo Antonio, pela experiência repassada, pelo incentivo, dedicação, amor e carinho. Por agarrar mais esta minha conquista como se fosse a sua.

Aos meus Pais e irmãos por me apoiarem em todas as minhas vitórias.

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

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

KAREN DAIANNY MACEDO MELO, filha de Aluísio da Silva Melo e Vera Lúcia Macedo Melo, nasceu em Pirapora, MG, em 11 de outubro de 1983.

Concluiu o ensino médio na Escola Estadual “Fernão Dias” em Pirapora, MG, em 2001.

Em setembro de 2002, ingressou na Universidade Estadual de Montes Claros, onde, em janeiro de 2007, obteve o título de Zootecnista.

Em março de 2008, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, na mesma universidade, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástrico.

Em 04 de março de 2010, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “Mestre”.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Fósforo.....	3
2.2 Fitato.....	6
2.3 Enzima fitase.....	9
2.4 Fitase na alimentação de peixes.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Local.....	17
3.2 Animais e delineamento experimental.....	17
3.3 Rações experimentais.....	17
3.4 Qualidade da água.....	18
3.5 Ensaio de digestibilidade.....	19
3.6 Desempenho dos animais.....	20
3.7 Análises estatísticas.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Primeira fase experimental.....	22
4.2 Segunda fase experimental.....	25
5 CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS.....	41

RESUMO

Melo, Karen Daianny Macedo. Utilização de fitase para tilápia-do-Nilo. 2010. 45 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a utilização de diferentes níveis de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em rações para tilápia-do-Nilo em duas fases de desenvolvimento. Foram utilizados na primeira fase 400 alevinos de tilápia-do-Nilo com peso médio inicial de $35,68 \pm 1,41$ g e na segunda fase 300 juvenis com peso médio de $118,06 \pm 5,19$ g, distribuídos em 20 tanques-rede colocados em 4 tanques de alvenaria. Foram utilizadas rações comerciais com 31% de PB na primeira fase e 26% de PB na segunda fase. Os tratamentos consistiram em 0, 500, 1000, 1500 e 2000 unidade de fitase ativa (UFA) por kg ração para ambas as fases. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo, como marcador foi utilizado o óxido de cromo III. Para o ensaio de digestibilidade foram utilizadas 20 incubadoras adaptadas para coleta de fezes. Para avaliação do desempenho foram avaliados o peso final médio, conversão alimentar aparente e ganho de peso médio. O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Não houve efeito significativo da utilização da enzima fitase até o nível de 2000 UFA/kg ração sobre os parâmetros de desempenho produtivo para ambas as fases. Para os coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) da proteína, energia bruta e fósforo da primeira fase as análises de variância mostraram que não houve diferença significativa. As médias encontradas para a conversão alimentar foram muito elevadas, sendo prejudiciais ao desenvolvimento dos peixes e aumentando o custo com a alimentação, mostrando que a ração comercial utilizada nesse experimento possui baixo aproveitamento dos nutrientes. Para os valores dos CDa da proteína, energia bruta e fósforo na segunda fase não foram encontradas diferenças estatísticas. Nas condições as quais se realizou este experimento conclui-se que a fitase não interferiu no desempenho e digestibilidade da proteína, energia e fósforo nas duas fases de desenvolvimento da tilápia-do-Nilo.

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. Felipe Shindy Aiura – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Profa. Mônica Patrícia Maciel – Departamento de Ciências Agrárias/ UNIMONTES (Coorientadora).

ABSTRACT

MELO, Karen Daianny Macedo. Use of phytase for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. 2010. 45 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹

This research aimed to evaluate the effects of different phytase levels on performance and digestibility in diets for Nile tilapia in two stages of development. Were used in the first phase 400 Nile tilapia fingerlings with initial weight of 35.68 ± 1.41 g; in the second phase 300 juveniles with weight of 118.06 ± 5.19 g, distributed in 20 cages put in 4 masonry tanks. Commercial foods were used with 31% CP in the first phase and 26% CP in the second one. The treatments were 0, 500, 1000, 1500 and 2000 active phytase unity (APU) per kg of diet for both phases. Were determined apparent digestibility coefficients of protein, energy and phosphorus; chromium oxide III was used as a marker. For the digestibility trial, were used 20 incubators adapted for feces collect. For evaluating the performance, were evaluated medium final weight, apparent feed conversion and medium weight gain. The design was in randomized blocks with five treatments and four replications. There was no significant effect of the use of phytase enzyme to the level of 2000 APU / kg of diet on the productive performance parameters for both phases. Concerning to apparent digestibility coefficients (CDa) of protein, gross energy and phosphorus in the first phase, variance analyses showed no significant difference. The averages found for feed conversion were very high, being harmful to fish development and increasing the cost of food, showing that the commercial feed used in this experiment has a low nutrient utilization. For the values of CDa of protein, gross energy and phosphorus were not found statistical differences in the second phase. Under the conditions that this experiment was carried out, it is possible to conclude that phytase did not affect the performance and digestibility of protein, energy and phosphorus in the two phases of Nile tilapia development.

¹ **Guidance committee:** Prof. DSc. Felipe Shindy Aiura Maciel – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser);– Profa. DSc. Mônica Patrícia Maciel - Department of Agrarian Sciences /UNIMONTES (Co-adviser).

1. INTRODUÇÃO

A expansão mundial da piscicultura tem levado a maiores preocupações, como o impacto causado pelo excesso de nutrientes sobre a qualidade da água, principalmente provenientes de dejetos. O excesso destes materiais pode levar a uma eutrofização excessiva da água, prejudicando, assim, o desempenho dos animais. Dentre os nutrientes poluentes, merecem especial destaque o fósforo e o nitrogênio.

A liberação destes nutrientes nos efluentes das pisciculturas está relacionada principalmente à alimentação conduzida de maneira errônea, com excessos dos níveis de arraçoamento e também associada às dietas de baixa digestibilidade.

Estudos recentes têm demonstrado que é possível reduzir a liberação de fósforo na água por meio da formulação de dietas que permitam aos peixes um aproveitamento adequado deste nutriente. Um dos componentes que mais onera o custo de produção de peixes nos sistemas de criação intensiva é a ração, que representa em torno de 70% do custo de produção. As fontes de energia e proteína são os ingredientes mais onerosos, seguidos pelo fósforo, que é o ingrediente de origem mineral mais caro e que representa de 2 a 3% do custo total da ração.

Devido aos custos e à falta de padronização e qualidade dos ingredientes de origem animal, tem-se utilizado os produtos de origem vegetal para fabricação de rações. Entretanto, esses ingredientes apresentam de 45 a 75% do seu fósforo complexado na molécula de fitato, impedindo a sua utilização pelos peixes, os quais não sintetizam a enzima fitase em quantidades suficientes para hidrolisar este complexo.

Este fator antinutricional, além de elevar sensivelmente o custo das rações, aumenta a concentração deste mineral nas excretas dos peixes, fazendo com que ocorra uma eutrofização excessiva, comprometendo a qualidade da água que está sendo utilizada para o cultivo de peixes.

A fitase é comprovadamente uma das enzimas exógenas que possibilita a formulação de rações com menor inclusão de fósforo inorgânico e, para a maioria dos animais monogástricos, a inclusão de uma enzima específica nas dietas melhora a biodisponibilidade do fósforo fítico.

Estudos recentes têm demonstrado que é possível melhorar a disponibilidade do fósforo através da inclusão da enzima fitase nas rações para peixes. A utilização desta enzima possibilita o melhor aproveitamento do fósforo pelos peixes, diminuindo assim, a quantidade de fósforo inorgânico nas rações e a quantidade excretada nas fezes.

Dessa forma, objetivou-se com este experimento avaliar a utilização de diferentes níveis de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade da proteína bruta, energia e fósforo em rações para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em duas fases de desenvolvimento.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- Fósforo

O fósforo (P) é o elemento químico cujas funções biológicas atualmente estão melhores estabelecidas, sendo um dos minerais mais encontrados na natureza (SHEVE E BRINK JR, 1997).

O fósforo está entre os minerais de maior importância na nutrição animal. É essencial para diversas funções metabólicas, reprodutivas e fisiológicas em peixes (ROY E LALL, 2003). É o segundo mineral mais importante da estrutura óssea, sendo que 37,0% do osso correspondem ao cálcio e 16,0% ao fósforo, existindo estreita relação entre estes dois minerais. No corpo, cerca de 90,0% do fósforo proveniente do alimento destina-se à constituição de tecidos de sustentação (STEFFENS, 1987).

Runho *et al.* (2001) descrevem que o fósforo também participa na atuação da composição da estrutura de ácidos nucleicos (DNA e RNA) essenciais para o crescimento e diferenciação nuclear. Atua na manutenção da pressão osmótica e no equilíbrio ácido-base, na utilização e transferência de energia nas formas de adenosina mono, di e tri-fosfato e na formação de fosfolípidios.

A ração é a principal fonte de fósforo para peixes em criações intensivas, pois a concentração desse mineral é baixa tanto em águas doces quanto em águas marinhas e o fósforo absorvido da água é insuficiente para atender suas exigências (FURUYA *et al.*, 2008).

O fósforo está presente na maioria das fontes alimentares, porém, sua disponibilidade varia para as diferentes espécies de peixes. A maioria dos

compostos naturais do fósforo não é solúvel em água, somente em ácidos. Sua disponibilidade dependerá das características anatomofisiológicas da espécie, uma vez que a apatita e o fosfato tricálcico, presentes nos ossos, somente se dissociam em ácido forte (HEPHER, 1993).

Li e Robinson (1996) afirmam que o emprego de ingredientes finamente moídos nas dietas e a secreção de ácido clorídrico (HCl) permitem adequada utilização dos suplementos de fósforo inorgânico e de origem animal pelo Bagre-do-canal.

A concentração de fósforo em um alimento tem pouco significado nutricional, a não ser que seja acompanhada de informações sobre sua biodisponibilidade biológica (MABE, 1997).

A biodisponibilidade do fósforo é expressa em porcentagem e indica o quanto o elemento é efetivamente destinado a uma função biológica, comparado a um fosfato padrão. Ao qual se atribui 100% de disponibilidade relativa, e sua variação em alimentos vegetais depende de fatores como o tipo de dieta adotada, nível de vitamina D, relação cálcio e fósforo, duração do período experimental, tamanho da partícula da ração. Diferenças no estado físico de hidratação ou modificação cristalina dos fosfatos e da escolha do fosfato utilizado como padrão além da metodologia empregada para a análise do fósforo disponível (LOPES E PEREIRA, 1986).

Nos grãos, o teor de fósforo é uniformemente mais elevado do que na parte vegetativa, fazendo com que os subprodutos dos grãos, como os farelos, de forma geral, sejam especialmente ricos em fósforo (MCDOWELL, 1992). Contudo, a maior parte do fósforo nos grãos de oleaginosas e nos cereais encontra-se combinada com o inositol, formando a molécula do ácido fítico

ou hexafosfato de mioinositol, com grande potencial quelatizador de minerais catiônicos, proteínas e aminoácidos (PIZZOLANTE *et al.*, 2002).

O fósforo está presente nos alimentos de origem vegetal tanto na forma orgânica como na inorgânica. A parte orgânica, onde pequena parte está na forma de fosfolipídeos, consiste principalmente de fitatos, ou sais de ácido fítico (MCDOWELL, 1992). O fósforo organicamente ligado não é disponível para os animais monogástricos, enquanto os ruminantes são capazes de utilizá-lo relativamente bem. A diferença entre as espécies é explicada pela presença da enzima fitase dos microrganismos do rúmen, a qual hidrolisa o fósforo ligado organicamente e o libera disponível para a absorção (MCDOWELL, 1992).

O meio ácido favorece a formação do fosfato de cálcio (CaHPO_4) solúvel e absorvível. Na excessiva alcalinidade, por outro lado, há formação do fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), insolúvel e inabsorvível; portanto, o meio ácido favorece a absorção do fósforo (SWENSON E REECE, 1996).

Como é pouco utilizado pelos monogástricos, o fósforo fítico é eliminado em grande quantidade nas fezes. Além disso, por causa da baixa disponibilidade do P dos alimentos de origem vegetal os nutricionistas têm, tradicionalmente, suplementado as dietas com P inorgânico para satisfazer as necessidades animal, porém, parte deste P também é eliminada nas fezes (PIZZOLANTE *et al.*, 2002).

O potencial do fósforo para contaminar a terra e a água é menor do que o do nitrogênio, visto que o fósforo se adere às partículas do solo, tornando-se, assim, um contaminante parcial dos rios e lagos, em razão da sua translocação ser limitada (FIREMAN, 1999). No entanto, uma vez que o fosfato entra em contato com a superfície das águas, há estímulo do

crescimento das algas, processo chamado de eutrofização, o qual resulta em decréscimo na qualidade da água. A multiplicação, morte e deterioração dessas algas diminuem a quantidade de oxigênio da água e cria meio inadequado para os peixes e outros animais aquáticos (CROMWELL *et al.*, 1992).

O fósforo é um elemento essencial em rações para peixes (NRC, 1993), por conseguinte, sua concentração na dieta deve atender às exigências necessárias para o bom desempenho sem, contudo, comprometer a qualidade da água de cultivo.

2.2- Fitato

Fósforo fítico é a designação do fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico (hexafosfato de inositol ou fitato) encontrado nos vegetais. A molécula de fitato possui alto teor de fósforo (28,2%) e alto potencial de quelação (BOCK *et al.*, 2007). Segundo Newman (1991), o fitato é a maior reserva de fosfato das plantas.

O fitato é um quelato da molécula de fósforo com minerais, encontrado em alimentos de origem vegetal, tido como um fator antinutricional por não ser digerido pelos monogástricos, 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. A indisponibilidade do P deve-se ao fato deste mineral está preso à molécula de ácido fítico e essa ligação do ácido fítico com um dado nutriente dar origem à molécula do fitato (OLIVA - TELES *et al.*, 1998; VIELMA *et al.*, 1998).

Keshavarz (1999) postula que o ácido fítico pode formar uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes, tais como cálcio, zinco, cobre, cobalto, manganês, ferro e magnésio, influenciando negativamente a digestão de nutrientes. Os cátions ligam-se diretamente ao ácido fítico, enquanto a proteína pode ligar-se diretamente ao ácido fítico ou ao cátion que está a ele quelatado; e o amido liga-se diretamente ao ácido fítico ou à proteína que está quelatada (FIREMAN, 1999).

Silva (2004) afirma que o ácido fítico possui seis grupos fosfatos ligados a uma molécula com seis carbonos, com baixo peso molecular. A estrutura do ácido fítico, que ocorre naturalmente em muitas sementes, é tópico de discussão. Sebastian (1998) cita a estrutura apresentada por Anderson (1914) onde o nome sistemático para o ácido fítico é mioinositol-1,2,3,4,5,6-hexa (dihidrogênio fosfato).

Em pH neutro, cada grupo fosfato apresenta um ou dois átomos de oxigênio carregados negativamente; conseqüentemente, vários cátions podem ser fortemente quelatados entre dois grupos fosfatos ou fracamente quelatados com um grupo fosfato (Figura 1). Essa estrutura atualmente é referência, por causa das várias propriedades físico-químicas, interações e efeitos nutricionais que podem ser mais bem explicadas por esse modelo.

Segundo Beardsworth e López (2001), numerosos hexafosfatos de inositol podem ser encontrados na natureza, sendo sua quantidade variável até mesmo dentro de uma mesma espécie vegetal, pois é dependente da quantidade de fósforo que o solo possui. Acredita-se que cerca de 93% do fósforo armazenado no grão, em razão da aplicação tardia do fertilizante fosfatado esteja na forma de fósforo fítico.

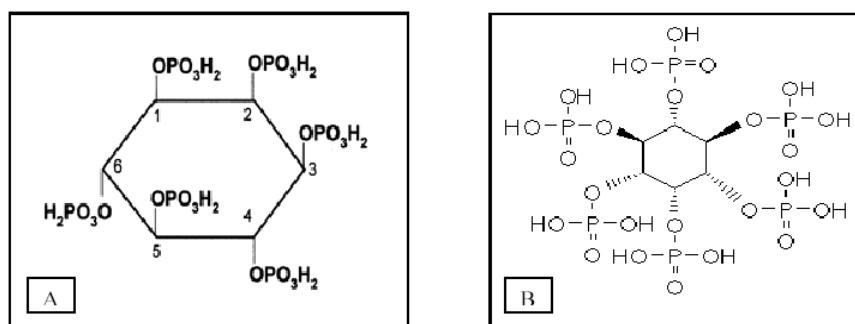


FIGURA 1 - Estrutura do ácido fítico (A e B): mioinositol 1, 2, 3, 4, 5 - hexafosfato ($\text{C}_6\text{H}_{18}\text{O}_{24}\text{P}_6$).
 Fonte: Adaptado Henn, (2002).

De acordo com Cousins (1999), a interação entre fitatos e proteínas, aparentemente, se dá por uma ligação iônica que depende de condições do pH. Com pH baixo, o fitato forma ligações eletrostáticas com resíduos básicos como arginina, lisina e histidina resultando num complexo insolúvel. Quando o pH se aproxima do seu ponto isoeletrico, a carga da proteína é neutra e então esta não se ligará ao fitato (FIREMAN, 1999).

O pH é um fator importante na determinação da solubilidade final do fitato e proteína. Mudanças no pH afetam a dissociação do ácido fítico, conforme afirmam Mroz e Jongbloed (1998). Em baixo pH, o ácido fítico precipita Fe^{3+} quantitativamente; em pH intermediário e alto, o ácido fítico forma complexos insolúveis com outros cátions polivalentes reduzindo a biodisponibilidade de vários minerais (GRAF, 1983 citado por SILVA E SILVA, 1999).

Os fitatos também são conhecidos por inibir várias enzimas digestivas endógenas, como a pepsina, amilase ou tripsina. Estes efeitos são

devido à natureza inespecífica dos complexos fitato-proteína ou a uma inibição devido ao efeito dos íons Ca necessários para a atividade destas enzimas endógenas (COUSINS, 1999). Devido à inespecificidade da molécula do ácido fítico, numerosos hexafosfatos de inositol podem ser encontrados na natureza, resultando em grande variedade de compostos (MUNARO, 1996).

O fitato tem efeito indireto sobre o aproveitamento da energia, sendo resultado do menor aproveitamento da proteína e da formação de reações de saponificação entre os minerais ligados ao fitato e os lipídeos da dieta, conforme Ravindran *et al.* (2001).

Devido à indisponibilidade do fósforo por estar quelatado ao ácido fítico, a adição de enzimas exógenas na alimentação de monogástricos vem sendo recomendada como uma forma de reduzir ou substituir o uso de P inorgânico, evitando a utilização de fontes não renováveis do planeta. (CHOCT, 2006).

2.3- Enzima fitase

As enzimas são proteínas que catalisam reações químicas nos sistemas biológicos, ou seja, participam de reações de síntese e degradação do metabolismo animal, sem serem elas próprias alteradas nesse processo (CHAMPE E HARVEY, 1989). Sua atividade é específica para determinadas reações e substratos, sendo que as enzimas digestivas possuem um sítio ativo que permite que elas atuem sobre determinada ligação química sob condições favoráveis de temperatura, umidade e pH (PENZ JR, 1998).

A fitase ou mioinositol hexaquiifosfato fosfohidrolase é uma enzima pertencente ao grupo das fosfatases de histidina ácida que hidrolisa o fitato para mioinositol e ácido ortofosfórico, necessário ao processo metabólico na biossíntese celular (PANDEY *et al.*, 2001).

Conte (2000) afirma que a fitase é uma fosfatase que catalisa o desdobramento do ácido fosfórico do inositol, liberando, deste modo, o ortofosfato para ser absorvido. A atividade desta enzima é expressa em UFA ou simplesmente U (unidades de fitase ativa) e é definida como sendo a quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de fósforo inorgânico em um minuto num substrato de sódio fitato, a temperatura de 37°C e pH 5,5.

As fitases são naturalmente encontradas em vários tipos de sementes e em fontes microbianas (VIVEIROS *et al.*, 2002). Segundo Selle (1997), alimentos como a cevada, o farelo de trigo e o arroz são ricos em atividades de fitase. Entretanto, milho e farelo de soja, ingredientes mais utilizados na fabricação de rações, contêm pouca ou nenhuma atividade.

Nelson *et al.* (1968) foram os primeiros a utilizar a fitase produzida por culturas do fungo *Aspergillus ficum*, em dietas de frangos de corte, obtendo resultados que indicavam os benefícios desta enzima sobre a hidrólise do fósforo fítico.

A fitase também pode ser produzida por microorganismos como fungos (*Saccharomyces cerevisiae*, linhagens do gênero *Aspergillus*, principalmente os fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*) bactérias (*Pseudomonas* e *Bacillus subtilis*) e por alguns micro-organismos do rúmen e do solo. A produção comercial da fitase é obtida através da recombinação gênica dos fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficum*. O produto é um pó e

se apresenta misturado ao farelo de trigo, utilizado como veículo, que lhe dá uma coloração marrom claro. A fitase também pode ser isolada de fontes vegetais e bacterianas (SEBASTIAN *et al.*, 1998).

Recentemente, tem-se estudado um novo produto enzimático (FPL), derivado de um micro-organismo diferente (*Peniophora lycii*), mas com a mesma atividade biológica que a fitase oriunda do *Aspergillus*. Esta nova fitase tem sido utilizada com eficácia em dietas de leitões, suínos em crescimento, frangos de corte, poedeiras e pavões (BEARDSWORTH E LÓPEZ, 2001). Kornegay (1996) demonstrou que a fitase do trigo atua em um limite de pH menor que a fitase fúngica e cita algumas vantagens desta sobre a fitase vegetal, como ter atividade conhecida, ser estável e fácil de ser incorporada nas quantidades que se deseja.

Atualmente, o uso da enzima fitase em programas de alimentação de monogástricos é amplamente investigado. Isto se deve à boa estabilidade da enzima, à sua atividade sobre o fitato e à quantidade relativamente baixa de fósforo (dentre outros minerais como Ca, Mn e Zn) e de nitrogênio (também quelatado pelo ácido fítico) presente nas dietas (FIREMAN, 1999).

O modo de ação da fitase consiste no mecanismo da transferência do grupo fosfato, do substrato para a enzima e da enzima para a água chamado de mecanismo “ping-pong”. A hidrólise do mioinositol hexafosfato, realizada pela fitase, produz cinco classes de produtos intermediários (mioinositol penta, tetra, tri, bi, e monofostato) de variada estequiometria (JONGBLOED *et al.*, 1992). Todavia, esta hidrólise não ocorre de forma aleatória. A 3-fitase, após iniciar hidrólise do fosfato na posição C3, hidrolisa sequencialmente nas posições 4, 5, 6 e, finalmente, na posição C1, enquanto o sexto grupo fosfato (na posição 2) não é hidrolisado pela fitase (KIES, 1996) (Figura 2).

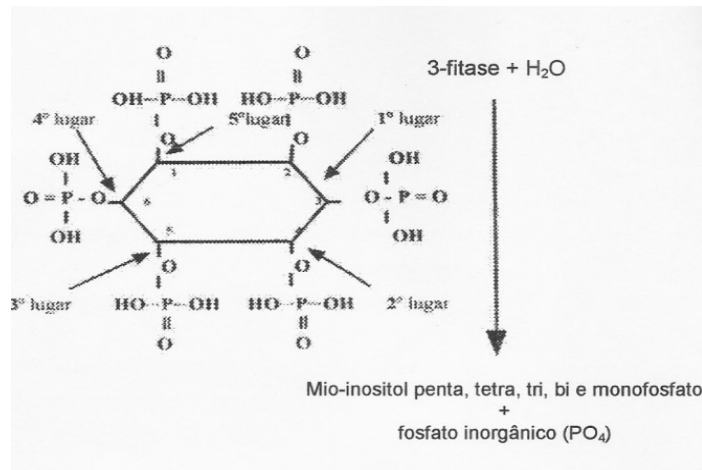


FIGURA 2 – Hidrólise do ácido fólico pela 3-fitase.
Fonte: Adaptado Henn, (2002).

O tempo de estocagem da dieta influi na atividade da fitase. Beardsworth e López (2001) citam que a atividade da fitase após quatro semanas de estocagem, com relação a 100% da atividade original, foi de 8% e 17%, quando mantidas em temperatura de 20 e 30 °C, respectivamente. Quando armazenada com produtos que possuem características inócuas, pode continuar estável e ser armazenada por até seis meses, mesmo em condições ambientais instáveis (CLASSEN, 1996).

Heinz (1996) postula que a termoestabilidade da fitase microbiana é uma característica importante. A enzima é estável em um amplo limite de temperatura e que tem máxima atividade próxima a 60 °C.

2.4- Fitase na alimentação de peixes

O excesso de determinados nutrientes nas rações de peixes interfere na qualidade da água dos tanques de criação. Os prejuízos se refletem principalmente no desempenho e nas características organolépticas da carcaça destes animais.

Desde 1968, a fitase tem atraído a atenção dos nutricionistas, e alguns artigos foram publicados, indicando que a disponibilidade de P fítico pode ser significativamente melhorada com adição de fitase nas dietas. No entanto, naquele tempo, o custo de produção da enzima era um obstáculo para seu uso (FIREMAN E FIREMAN, 1998).

Bock *et al.* (2006), estudando a disponibilidade de fósforo de rações formuladas com diferentes níveis de fitase, verificaram o efeito da inclusão de fitase sobre digestibilidade aparente dos nutrientes para tilápia-do-Nilo. Os autores concluíram que a inclusão de fitase na ração, exceto no nível 3.000 UFA/kg, resultou em coeficientes de digestibilidade da MS semelhantes ao obtido no tratamento-controle, com suplementação de fósforo. Esse resultado comprovou que a fitase resultou em maior disponibilidade de fósforo para as atividades metabólicas dos peixes. Foi destacado ainda que o tratamento com 1.500 UFA/kg proporcionou o melhor resultado para a digestibilidade aparente da MS.

Liebert *et al.* (2007), pesquisando a utilização de diferentes fontes de fitase microbiana, relatam que, nas condições utilizadas no estudo, a suplementação de 750 UFA/kg de ração foi adequada para obtenção da degradação do fitato e melhorar os coeficientes de digestibilidade da proteína, cálcio e fósforo em tilápia-do-Nilo.

Gonçalves *et al.* (2007) não encontraram efeito com a suplementação de fitase sobre o farelo de trigo e o farelo de algodão para tilápia-do-Nilo. Em alimentos como a soja extrusada, o farelo de girassol, o milho, o milho extrusado, o sorgo baixo tanino, o farelo de arroz, o farelo de soja e o glúten de milho, a disponibilidade do fósforo pode ser melhorada com a utilização dessa enzima.

Gonçalves *et al.* (2004) verificaram que, dentre os alimentos energéticos sem a suplementação de fitase, ocorreu variação muito pequena para o coeficiente de digestibilidade aparente da MS (CDAMS); o mesmo não ocorrendo para os alimentos proteicos em que o farelo de algodão apresentou o maior CDAMS (74,90%) em oposição ao farelo de girassol, o qual apresentou um CDAMS de apenas 66,64%. Dentre os alimentos energéticos e proteicos, destaca-se o aumento da energia digestível (ED) do milho de 3.150 para 3.287 kcal/kg e do farelo de algodão de 3.277 para 3.349 kcal/kg com a suplementação de 1.000 UFA/kg de dieta para tilápia-do-Nilo.

Furuya *et al.* (2001) observaram que a utilização de ração com 700 unidades de fitase ativa (UFA)/kg é adequada para o desempenho produtivo, a digestibilidade da proteína e disponibilidade do cálcio e fósforo da tilápia-do - Nilo, na fase inicial, alimentada com ração formulada com ingredientes de origem vegetal, tendo como base a proteína do farelo de soja.

Lanari *et al.* (1998), trabalhando com duas dietas, A (33% de farelo de soja sem fitase) e B (33% de farelo de soja com 1000 UFA/kg), para truta arco-íris, observaram que os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato não nitrogenado, energia e as cinzas das duas dietas não diferiram estatisticamente.

Biswas *et al.* (2007), pesquisando farelo de soja e fitase para a substituição parcial da farinha de peixe na dieta de *Pagrus major*, observaram que a dose ideal de fitase na ração, incluindo 40% farinha de peixe e 30% farelo de soja, foi de aproximadamente 2000 UFA/kg de ração. Isso mostra o benefício do farelo de soja em reduzir não só a dependência de farinha de peixe como fonte primária de proteína mas também a descarga de fósforo das rações sem comprometer o crescimento.

Com tilápias-do-Nilo, no período de reversão sexual, Furuya *et al.* (2004) registraram a maior taxa de retenção do fósforo com a utilização de 1.990 UFA/kg de ração.

Em espécies juvenis de Jundiá, Rocha *et al.* (2008) suplementaram de 500 a 1500 UFA/kg e não encontraram efeito no desempenho produtivo e retenção dos minerais nos ossos. Esses resultados assemelham ao encontrado por Vielma *et al.* (2000), utilizando 1200 UFA/kg na ração à base de concentrado proteico de soja para truta arco-íris, onde não houve efeito significativo para ganho de peso e taxa de crescimento específico.

Silva *et al.* (2007) verificaram que aproximadamente de 500 UFA/kg de ração extrusada para tilápia-do-Nilo melhoram os resultados sobre a conversão alimentar e taxa de eficiência proteica. Esses efeitos positivos ocorreram em função do aumento da digestibilidade da proteína e disponibilidade do fósforo, cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro, cobre, potássio e sódio.

Valor inferior de fitase foi determinado por Furuya *et al.* (2008), onde 433,33 UFA/kg de ração para juvenis de pacu foi suficiente para interferir no crescimento, retenção de minerais nos ossos, composição química das carcaças e retenção dos nutrientes.

Storebakken *et al.* (1998) trabalhando com concentrado de soja protéico para salmão-do-Atlântico em substituição à farinha de peixe, afirmam que a suplementação da fitase resultou em melhor digestibilidade da proteína, conversão alimentar, retenção de proteína e redução na excreção de N metabólico.

Dias (2007) observou que, para cultivo de alevinos de piavuçu com rações à base de vegetais, o uso de rações sem fosfato bicálcico promove a redução na concentração de fósforo no ambiente; não há necessidade de suplementação com fosfato bicálcico e o emprego de fitase promove melhora na digestibilidade das rações à base de farelo de soja.

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2008) onde a utilização de fitase para piavuçu e juvenis de matrixãs não afetaram o desempenho produtivo, porém influenciou na digestibilidade dos nutrientes e na deposição de minerais na carcaça e de fósforo nos ossos.

Os resultados da suplementação com fitase estão relacionados aos ingredientes utilizados de acordo com o conteúdo de fósforo fítico e valores de cálcio na ração. Onde os melhores resultados com peixes são verificados quando se utiliza fitase em rações isentas de produtos de origem animal, pelo maior conteúdo de ácido fítico (SILVA *et al.*, 2007).

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Local

O experimento foi realizado no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros - Campus Janaúba/MG e no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura do Gorutuba da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF, no município de Nova Porteirinha/MG.

3.2- Animais e delineamento experimental

Foram utilizados, na primeira fase, 400 alevinos de tilápia-do-Nilo revertidos sexualmente com peso médio inicial de $35,68 \pm 1,41$ g e, na segunda fase, 300 alevinos com peso médio de $118,06 \pm 5,19$ g, todos adquiridos na CODEVASF. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 20 tanques-rede e instalados em quatro tanques de alvenaria de 10 m^3 cada, formando um delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo cada bloco formado por todos os tratamentos e cada unidade experimental (tanque-rede) contendo 20 peixes na primeira fase, e na segunda fase 15 peixes.

3.3- Rações experimentais

Foram utilizadas rações comerciais com 31% de proteína bruta (PB) na primeira fase, e 26% de PB na segunda fase. Na primeira, os compostos

nutricionais das rações foram: energia bruta de 4.340 kcal/kg, energia digestível 2.349 kcal/kg, proteína digestível 23,10%, fósforo total 2,2%, fósforo digestível 1,2%, extrato etéreo 3,97 e cinzas 7,34%. E para segunda fase foram: energia bruta 4.106 kcal/kg, energia digestível 2.763 kcal/kg, proteína digestível 20,35%, fósforo total 1,8%, fósforo digestível 0,95%, extrato etéreo 2,55% e cinzas 6,79%. Para a confecção das rações para avaliar desempenho, primeiramente, as rações foram moídas à granulometria de 0,5 mm e a enzima fitase adicionada nas concentrações de 500, 1000, 1500 e 2000 UFA/kg ração, formando os tratamentos utilizados na primeira assim como também na segunda fase.

Posteriormente, as rações foram homogeneizadas e peletizadas com adição de água destilada a 40 °C e auxílio de moedor de carne, sendo colocadas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 12 horas. Em seguida, os grânulos foram desintegrados, selecionando-se o tamanho dos peletes conforme o desenvolvimento dos peixes.

As rações experimentais eram confeccionadas a cada 10 dias, sendo fornecidas quatro vezes ao dia até que se verificasse diminuição do interesse pelo alimento para evitar o desperdício. Para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDa), as rações foram acrescidas de 0,5% de óxido de cromo-III (Cr_2O_3) conforme metodologia proposta por Graner (1972).

3.4- Qualidade da água

A temperatura e o teor de oxigênio dissolvido foram registrados diariamente, pela manhã e pela tarde, utilizando-se um oxímetro digital

portátil. O pH foi determinado semanalmente, através do pHmetro digital portátil.

3.5- Ensaio de digestibilidade

Foram utilizadas 20 incubadoras adaptadas para coleta de fezes durante as fases de desempenho para realizar os ensaios de digestibilidade. As incubadoras eram cobertas com sombrite para evitar a saída dos peixes. Os tanques-rede foram transferidos para as incubadoras facilitando a coleta de fezes, conforme metodologia adotada por Pezzato *et al.* (2002).

Os peixes eram mantidos durante o dia nos tanques de alimentação, sendo alimentados com rações contendo indicador quatro vezes ao dia até próximo à saciedade, das 8 às 17 horas. Após, eram transferidos para as incubadoras, permanecendo até a manhã do dia subsequente, quando eram realizadas as coletas de fezes, por gravidade. Posteriormente, as fezes eram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas, moídas e armazenadas em freezer para posterior análise.

Após a coleta de fezes, eram realizadas as limpezas das incubadoras, preparando-as para nova coleta no dia seguinte, durante 5 dias. A vazão de água das incubadoras foi regulada e mantida constante (2,0 l/min) permitindo o adequado carreamento e deposição das fezes nos respectivos coletores.

As análises nas rações e óxido de cromo-III nas fezes, bem como as análises de proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, cinzas e fósforo, foram realizadas utilizando a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram calculados com base no teor de óxido de cromo dos nutrientes nas rações e fezes, conforme fórmula a seguir (NOSE, 1960):

$$CDa_{(n)} = 100 - \left\{ 100 \left[\frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right] \times \left[\frac{\%N_f}{\%N_r} \right] \right\}$$

Onde:

$CDa_{(n)}$ = coeficiente de digestibilidade aparente;

Cr_2O_{3r} = % de óxido de cromo na ração;

Cr_2O_{3f} = % de óxido de cromo nas fezes;

N_r = nutriente na ração;

N_f = nutriente nas fezes.

3.6- Desempenho

Para avaliação do desempenho, os peixes eram pesados no início e final de cada fase experimental, sendo a primeira fase constituída por 53 dias, e a segunda por 35 dias. No final de cada fase de desenvolvimento foram aferidos os seguintes parâmetros: peso final médio – PFM (peso final total / nº total de peixes); conversão alimentar aparente - CAA (quantidade de alimento consumido / ganho de peso médio) e ganho de peso total médio - GPTM (peso final médio - peso inicial médio). Os peixes eram pesados no início e final de cada fase experimental, sendo a primeira fase constituída por 53 dias, e a segunda por 35 dias.

3.7- Análises estatísticas

O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e cinco tratamentos (quatro níveis de fitase + testemunha). Para análise estatística, utilizou-se o programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1995), sendo que as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Modelo estatístico adotado para análise dos dados foi o seguinte:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = O valor observado no tratamento i no bloco j ;

m = É uma constante associada a todas observações;

t_i = Efeito do tratamento i , com $i = 1,2,3,4$;

b_j = Efeito do bloco j , com $j = 1,2,3,4,5$;

e_{ij} = Erro experimental associado aos valores objetivados y_{ij} que por hipótese tem distribuição normal com média $m= 0$ e variância s_2 .

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Primeira fase experimental

Os parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água, durante todo o período experimental, mantiveram-se dentro da faixa de conforto para a tilápia-do-Nilo, conforme Boyd (1990). Foram registrados valores de 25 °C a 27 °C para a temperatura, de 4,9 a 5,8 mg/L para o oxigênio dissolvido e de 6,5 a 7,0 para pH.

Os resultados de peso final, ganho de peso e conversão alimentar aparente médios na primeira fase estão apresentados na Tabela 1. Não houve efeito significativo da utilização da enzima fitase até o nível de 2000 UFA/kg de ração sobre os parâmetros de desempenho produtivo.

TABELA 1. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para o peso final médio (PF), ganho de peso médio (GP) e conversão alimentar aparente média (CAA) para a tilápia-do-Nilo durante a fase 1.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
PF (g)	116,52	116,18	118,44	118,30	120,85	5,07
GP (g)	80,41	81,05	82,21	82,79	85,42	7,07
CAA	2,49	2,40	2,33	2,32	2,27	7,44

Furuya *et al.* (2004) não observaram diferenças significativas sobre as variáveis de desempenho para tilápia-do-Nilo alimentadas com rações contendo de 500 a 4000 UFA/kg durante o período de reversão sexual.

Silva *et al.* (2007) encontraram efeito quadrático sobre a conversão alimentar e eficiência proteica com adição de 250, 500 e 1000 unidades de fitase líquida em rações para juvenis de tilápia-do-Nilo, para ambas variáveis o melhor valor foi de 500 UFA/kg de ração. Os melhores resultados de inclusão de fitase em rações de peixes foram obtidos em experimentos em que foram utilizadas rações isentas de produtos de origem animal, pelo maior conteúdo de ácido fítico, o qual interfere na utilização e disponibilidade de diversos nutrientes. Estes resultados concordam com os encontrados por Furuya *et al.* (2008) para juvenis de pacu alimentados com 0, 500, 1000 e 2000 UFA/Kg de ração, obtendo efeito quadrático dos níveis de fitase nas rações sobre a conversão alimentar, em que a suplementação ótima foi estimada com utilização de 433,33 UFA/kg de ração.

Segundo Sajjadi e Carter (2004), em rações elaboradas com produtos de origem animal, os níveis de fósforo encontram-se próximo às exigências dos peixes, resultando em pequeno benefício quando se utiliza fitase.

Os resultados obtidos neste estudo podem estar associados à ação da enzima fitase sobre a digestibilidade dos nutrientes da ração, conforme mostrado por Gonçalves *et al.* (2004), que avaliaram a ação dessa enzima sobre a digestibilidade de vários alimentos em juvenis de tilápia-do-Nilo. Os autores verificaram que a suplementação de fitase de até 2000 UFA/kg não foi suficiente para melhorar a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia de vários ingredientes (milho e soja extrusados, farelo de trigo, sorgo e farelo de algodão), os quais são comumente utilizados na formulação de rações comerciais para peixes.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) para proteína, energia bruta e fósforo da primeira fase estão dispostos na Tabela 2. Os

resultados apresentados pela análise de variância mostram que não houve diferença significativa nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes analisados em função do nível de fitase utilizado.

Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados por Oliva-Teles *et al.* (1998); Shafer *et al.* (1995); Forster *et al.* (1999) que relataram não haver diferença para a digestibilidade aparente de energia com o seabass, a carpa comum e a truta arco-íris, respectivamente.

TABELA 2. Valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo das rações experimentais para a tilápia-do-Nilo, durante a fase 1.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
Proteína bruta (%)	74,50	73,22	76,92	72,51	80,27	10,49
Energia bruta (kcal/kg)	56,19	55,10	60,27	51,99	60,94	24,04
Fósforo (%)	56,07	56,30	66,57	57,29	61,19	12,08

Conforme mostrado na Tabela 2, os CDa do fósforo se mantiveram iguais ao tratamento controle, revelando que a enzima fitase não melhorou a digestibilidade do mineral, resultado que difere do encontrado por Vielma *et al.* (1998) em que a disponibilidade do fósforo aumentou de 44,50% para 69,70% para truta arco-íris. Fato também relatado em salmão-do-Atlântico, onde a digestibilidade se elevou de 63,84 % para 74,06% (SAJJADI E CARTER, 2004).

Bock *et al.* (2006), utilizando diferentes níveis de inclusão de fitase (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 e 4000 UFA/kg) em rações

formuladas com alimentos de origem vegetal para juvenis de tilápia-do-Nilo, constataram melhora na digestibilidade da MS (81,03) e da EB (84,31), e na disponibilidade de cálcio (61,76) e fósforo (55,97) das rações com a inclusão de 1500 UFA/kg. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Souza (2008), trabalhando com juvenis de piavuçu alimentados com rações suplementadas com níveis diferentes de fitase (500, 1000 e 2000 UFA/kg) e sem fosfato bicálcico, em que foi observado aumento linear nos CDA da matéria seca, energia bruta, proteína bruta, gordura e fósforo das rações com o aumento nos níveis de fitase.

Furuya *et al.* (2006) também verificaram resultado positivo com a inclusão de níveis de fitase (250, 500, 1000, 2000 UFA/kg) em rações para juvenis de tilápia-do-Nilo; encontraram efeito quadrático sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e do fósforo em que o máximo valor dessa variável foi estimado com a utilização de 1336 UFA/kg de ração. Assim como observado por Storebakken *et al.* (1998) com 500 UFA/kg da ração para juvenis de salmão-do-Atlântico e por Debnath *et al.* (2005) com rações à base de farelo de soja para alevinos de *Pangasius pangasius*.

4.2 – Segunda fase experimental

Os resultados obtidos para desempenho na segunda fase são mostrados na Tabela 3. Pode-se observar que a utilização de fitase não interferiu no desempenho dos peixes.

TABELA 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para o peso final médio (PF), ganho de peso médio (GP) e conversão alimentar aparente média (CAA) para a tilápia-do-Nilo durante a fase 2.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
PF(g)	183,06	185,16	185,54	187,57	188,85	6,59
GP (g)	66,54	68,97	67,10	69,27	68,00	11,10
CAA	4,67	4,77	4,79	4,70	4,73	13,02

Rocha *et al.* (2008) também não encontraram efeito significativo sobre o desempenho produtivo de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo até 1500 UFA/kg de rações. Os autores relataram que pode estar relacionado aos níveis de fósforo disponível intrínseco aos ingredientes e ao suplemento mineral utilizado nas rações experimentais, garantindo as exigências do mineral para esta fase de crescimento do jundiá. O que pode explicar os resultados encontrados neste experimento avaliado.

Vielma *et al.* (2000) encontraram resultados semelhantes testando o efeito da suplementação de 1200 UFA/kg na ração à base de concentrado proteico de soja para juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), não encontrando diferenças significativas para ganho de peso e taxa de crescimento específico.

Assim também, Furuya *et al.* (2006), trabalhando com juvenis de tilápia-do-Nilo não observaram efeito da utilização de rações com diferentes teores de inclusão de fitase sobre as variáveis de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica.

Entretanto, Furuya *et al.* (2001) encontraram efeito positivo nos parâmetros de desempenho com a incorporação de fitase (0, 500, 1500 e 3000 UFA/kg) em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. Os pesquisadores associaram o aumento no ganho de peso, no rendimento de carcaça, na retenção de minerais nos ossos, e a melhora na conversão alimentar aos efeitos positivos da fitase sobre a digestibilidade da proteína e disponibilidade dos minerais (cálcio e fósforo).

As médias encontradas para a conversão alimentar estão muito elevadas, sendo prejudiciais ao desenvolvimento dos peixes e aumentando o custo com a alimentação. Boscolo *et al.* (2001), utilizando uma ração comercial de 32% PB, encontraram valores de 1,15 para a conversão alimentar em tilápia-do-Nilo, linhagem tailandesa.

Furuya *et al.* (2005), avaliando níveis de proteína e fitase em rações de terminação para tilápia-do-Nilo, afirmam que o maior ganho de peso, a melhor conversão alimentar e taxa de eficiência proteica, além da maior taxa de sobrevivência, foram obtidos com a ração contendo 28 % de PB, e suplementada com fitase (500 UFA/kg), tornando a mais adequada para tilápias durante o período de terminação.

Para os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, energia bruta e fósforo, na segunda fase, não foram encontradas diferenças estatísticas (Tabela 4).

TABELA 4. Valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo das rações experimentais para a tilápia-do-Nilo durante a fase 2.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
Proteína bruta (%)	78,24	78,22	81,22	85,23	72,89	11,14
Energia bruta (Kcal/kg)	73,60	66,41	71,33	75,61	70,91	10,75
Fósforo (%)	63,00	51,22	64,70	61,10	66,42	14,54

Os resultados de Yoo *et al.* (2005) obtidos com juvenis de *Sebastes rockfish* coreano assemelham aos encontrados para o CDA da proteína, não havendo efeito significativo da suplementação de fitase na ração contendo farelo de soja.

Lanari *et al.* (1998) também não obtiveram diferença nos CDA da proteína, extrato etéreo, matéria seca e cinzas em rações de origem vegetal suplementadas com 1000 UFA/kg de dietas para juvenis de truta arco-íris. Para energia bruta, todos os tratamentos se mantiveram iguais. Resultados também encontrados por Cheng e Hardy (2002) que 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 juvenis de truta arco-íris.

Biswas *et al.* (2007) também não encontraram melhoria nos CDA da energia, com a suplementação de fitase em rações com 30% de farelo de soja para *Pagrus major*. No entanto, houve diferença estatística quando adicionaram 2000 UFA/kg para os CDA do fósforo e proteína, indicando a

atividade da fitase sobre o ácido fítico aumentando a disponibilidade do fósforo.

Storebakken *et al.* (1998) encontraram melhora na digestibilidade da proteína na ração de salmão-do-Atlântico quando adicionaram fitase no concentrado de soja proteico, aumentando de 85 para 88,2%. Assim como também foi observado melhora na conversão alimentar, na retenção da proteína, na excreção de nitrogênio metabólico e nos CDA do Ca, Zn e Mg. Revelando que o concentrado de soja proteico, com a adição da fitase, eliminou os efeitos do ácido fítico, aumentando a disponibilidade do P e dos outros elementos essenciais para que as rações fossem capazes de satisfazer as exigências dos peixes. Dado que difere do encontrado no presente estudo.

Denstadli *et al.* (2007) pesquisando juvenis de salmão-do-Atlântico, concluíram que a digestibilidade de cinzas e fósforo (P) foram significativamente maiores quando se adicionou enzima fitase (2900 UFA/kg) na ração. Liebert e Portz (2005) afirmam que a utilização do fósforo dos alimentos de origem vegetal melhorou significativamente com a suplementação da fitase com o nível de inclusão de 1000 UFA/kg da ração, beneficiando o desempenho geral e reduzindo a excreção de P da tilápia-do-Nilo.

Yoo *et al.* (2005) encontraram diferenças estatísticas para os CDA do fósforo em rações para juvenis *Sebastes rockfish* coreano contendo 30 e 40% de farelo de soja independente do nível e método de suplementação da fitase.

Os resultados do presente estudo podem estar relacionados principalmente à baixa digestibilidade dos nutrientes e conversão alimentar alta, ocasionando baixo aproveitamento da ração e piora no desempenho dos peixes.

5 – CONCLUSÕES

Nas condições em que se realizou este experimento, conclui-se que a fitase não interfere no desempenho e digestibilidade da proteína, energia e fósforo nas duas fases de desenvolvimento da tilápia-do-Nilo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEARDSWORTH, P.; LÓPEZ, J. A. Una nueva generación de fitasas para optimizar las fuentes de fósforo em la alimentación del ganado porcino. **Asociación Nacional Porcinocultura Científica**, Madrid, v. 1, p. 77-84, 2001.

BISWAS, A. K. *et al.* Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of red sea bream, *Pagrus major*. **Aquaculture**, Oxford, v. 267, p. 284-291, 2007.

BOCK, C. L. *et al.* Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2197-2202, 2006.

_____. Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1455-1461, 2007.

BOSCOLO, W. R. *et al.* Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.

BOYD, C. E. **Water quality management for ponds fish culture: development in aquaculture and fisheries science**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1990. 480 p.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Enzimas. In: _____. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1989. cap. 4, p. 53-66.

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**, Oxford, v. 8, p. 271-277, 2002.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **Word's Poultry Science Journal**, p. 5-15, 2006.

CLASSEN, H. L. Enzymes in action. **Feed Mix**, Doetinchen, v. 4, n. 2, 1996.

CONTE, A. J. **Valor nutritivo do farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, suplementadas com fitase e xilanase**. 2000. 164 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de Aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV-EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999, p. 115-129.

CROMWELL, G. L. Bioavailability of phosphorus in feed ingredients for swine. **Pig News and Information**, Farnham Royal, v. 13, p. 75, 1992.

DEBNATH, D. *et al.* Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 180-187, 2005.

DENSTADLI, V. *et al.* A comparison of online phytase pre-treatment of vegetable feed ingredients and phytase coating in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in cold water. **Aquaculture**, Oxford, v. 269, p. 414-426, 2007.

DIAS, P. G. **Uso de fitase microbiana em rações com alimentos vegetais para o Piavuçu (*Ieporinus macrocephalus*): desempenho, digestibilidade e qualidade de água.** 2007. 39 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007.

FIREMAN, F. A. T. **Efeito de dietas com 50% de farelo de arroz integral suplementadas com fitase e/ou celulase para suínos em crescimento e terminação.** 1999. 203 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1999.

_____, F. A. T; FIREMANN, A. K. B. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 173-178, 1998.

FOSTER, I. *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 11oC fresh water. **Aquaculture**, Oxford, v. 179, p. 109-125, 1999.

FURUYA, W. M. *et al.* Exigências de fósforo disponível para tilápia-do-nilo (35 a 100g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 961-966, 2008.

_____. Fitase em rações para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Instituto Brasileiro da Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 489-496, 2008.

_____. Fitase em dietas para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 55, n. 210, p. 161-170, 2006.

_____. Níveis de proteína e fitase em rações de terminação para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, Cascavel, v. 8, n. 1, p. 11-17, 2005.

_____. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de reversão de sexo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 299-303, 2004.

_____. Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 924-929, 2001.

GONÇALVES, G. S. *et al.* Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 313-321, 2004.

_____. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1473-1480, 2007.

GRANER, C. A. F. **Determinação do crômio pelo método colorimétrico da difenilcarbazida**. 1972. 112 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.

HEINZ, W. Technical specifications of nathupos. **Basf Technical Symposium**, Georgia, Jan. 23, p. 39-70, 1996.

HENN, J. D. **Aditivos enzimáticos em dietas de suínos e aves**. 2002. 16 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2002.

HEPHER, B. **Nutrición de Peces Comerciales em Estanques**. Balderas: Ed. Limusa, 1993. 407 p.

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; KEMME, P. A. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diet for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total P, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1159-1168, Apr. 1992.

KESHAVARZ, K. Por que es necesario emplear la fitasa em la dieta de lãs ponedoras? **Industria Avícola**, Mount Morris, v. 46, n 10, p. 13-14, oct. 1999.

KIES, A. K. Phytase: mode of action. In: COELHO, M. C.; KORNEGAY, E. T. **Phytase in animal nutrition and waste management**: BASF reference manual 1996. New Jeesey: BASF, 1996. p. 206-212.

KORNEGAY, E. T. Effect of phytase on the bioavailability of phosphorus, calcium, amino acids and trace minerals in broiles and turkeys. **BASF Technical Symposium**. World Congress Center, Atlanta, Georgia. January v. 23, p. 39-70, 1996.

LANARI, D., AGARO, E. D., TURRI, C. Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Oxford, v. 161, 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**, Oxford, v. 248, p. 111-119, 2005.

LIEBERT, F., PORTZ, L. Different sources of microbial phytase in plant based low phosphorus diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* may provide different effects on phytate degradation. **Aquaculture**, Oxford, v. 267, p. 292-299, 2007.

LI, M. H.; ROBINSON, E. H. Phosphorus availability of common feedstuffs to channel catfish with various concentrations of dietary protein to satiety in production ponds. **Aquaculture**, Oxford, v. 103, p. 177-185, 1996.

LOPES, H. S.; PEREIRA, E. A. Fontes alternativas de fosfato na suplementação alimentar de animais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 2., 1986, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: IBRAFÓS: 1986. p. 435-450.

MABE, I. **Biodisponibilidade de fósforo para poedeiras em fosfato de cálcio puro, fosfatos bicálcicos comerciais e fosfatos de rocha**. 1997. 153 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MCDOWELL, R. L. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. p. 542.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W. The influence of phytase on the availability of protein and energy in swine. In: BASF TECHNICAL SYMPOSIUM. Raleigh, North Caroline. **Caroline swine nutrition conference**. Durham: Basf, 1998. p. 65-88.

MUNARO, F. A. *et al.* Aumento da disponibilidade do fósforo fítico pela adição de fitase a rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 5, p. 921-931, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of warmwater fishes an shellfishes**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 102 p.

NELSON, T. S.; FERRARA, L. W.; STORER N. L. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. **Poultry Science**, Champaign, v. 47, p. 1372-1374, 1968.

NEWMAN, K. Phytase: the enzyme, its origin e characteristics: impact e potential for increasing phosphorus availability. In: **Biotechnology in the feed industry**. Proceedings of Alltech's seventh annual symposium. Nicholasville, Kentucky, p. 169-177, 1991.

NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus*) L. and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory**, Hino City, v. 10, p. 11-22, 1960.

OLIVA-TELES, A. *et al.* Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass. **Aquatic Living Resources**, Montrouge, v. 11, n. 4, p. 255-259, 1998.

PANDEY, A. *et al.* Production, purification and properties of microbial phytases. **Bioresource Technology**, Essex, v. 7, p. 203-214, 2001.

PENZ JR, A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p 165-178.

PEZZATO, L. E. *et al.* Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PIZZOLANTE, C. C. *et al.* Níveis de fitase e de cálcio e desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 418-425, 2002.

RAVINDRAN, V. *et al.* Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy, and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 338-344, 2001.

ROCHA, C. B. *et al.* Suplementação da enzima fitase e o desempenho e retenção mineral em juvenis de Jundiá (*Rhamdia quelen*). **Instituto Brasileiro de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 34, p. 151-157, 2008.

ROY, P. K. , LALL, S. P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, Oxford, v. 221, n. 1-4, p. 451-468, 2003.

RUNHO, R. C. *et al.* Exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 187-196, 2001.

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**, Oxford, v. 240, n.1-4, p. 417-431, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS-SAS. **User's guide**. Version 6. 4. ed. Cary, Nc: 1995. 365 p.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v. 54, n. 1, p. 27-47, 1998.

SELLE, P. H. The potential of microbial phytase the sustainable production of pigs and poultry. In: SHORT COURSE AND FEED TECHNOLOGY, 7., 1997, Ansong. **Proceedings ...** Ansong: Korean Society of Animal Nutrition and feedstuffs, 1997, p. 124.

SHÄFER, A. *et al.* Effects of microbial phytase on utilization of native phosphorus carp in a diet based on soybean meal. **Water Science & Technology**, Oxford, v. 31, n. 10, p. 140-155, 1995.

SHEVE, R. N.; BRINK JR., J. A. Phosphorus Industries. In: _____. **Chemical Process Industries**. 4 ed. Tokio: Mc Graw Hill, 1997. cap. 16, p. 244-265.

SILVA, Y. L. **Redução dos níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte: desempenho, digestibilidade e excreção de nutrientes**. 2004. 210 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

SILVA, M.; SILVA, A. A. P da. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 5-19, jan./abr., 1999.

SILVA, D. J.; QUEIRÓZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, T. S. C. *et al.* Fitase líquida em dieta extrusada para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 449-455, 2007.

SOUZA, S. R. de. **Fitase em dietas para Matrinxã (*Brycon cephalus*) e Piavuçu (*Leporinus macrocephalus*)**. 2008. 34 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2008.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimenttación de los peces**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1987. 280 p.

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**, Oxford, v. 161, n. 3-4, p. 365-379, 1998.

SWENSON, M. J., REECE, W. O. D. **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

VIELMA J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. *et al.* Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Oxford, v. 163, p. 309-323, 1998.

VIELMA, J. *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**, Oxford, v. 183, p. 349-362, 2000.

VIVEIROS, A. *et.al.* Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 8, p. 1172-1183, 2002.

YOO, G. Y. *et al.* Dietary microbial phytase increased the phosphorus digestibility in juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed diets containing soybean meal. **Aquaculture**, Oxford, v. 243, p. 315-322, 2005.

ANEXOS

ANEXO A	Pág.
TABELA 1A. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para o peso final médio (PF), ganho de peso médio (GP) e conversão alimentar aparente média (CAA) para a tilápia-do-Nilo durante a fase 1.....	22
TABELA 2A. Valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo das rações experimentais para a tilápia-do-Nilo, durante a fase 1.....	24
TABELA 3A. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para o peso final médio (PF), ganho de peso médio (GP) e conversão alimentar aparente média (CAA) para a tilápia-do-Nilo durante a fase 2.....	26
TABELA 4A. Valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo das rações experimentais para a tilápia-do-Nilo, durante a fase 2.....	28

TABELA 1A. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para o peso final médio (PF), ganho de peso médio (GP) e conversão alimentar aparente média (CAA) para a tilápia-do-Nilo durante a fase 1.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
PF (g)	116,52	116,18	118,44	118,30	120,85	5,07
GP (g)	80,41	81,05	82,21	82,79	85,42	7,07
CAA	2,49	2,40	2,33	2,32	2,27	7,44

TABELA 2A. Valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo das rações experimentais para a tilápia-do-Nilo durante a fase 1.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
Proteína bruta (%)	74,50	73,22	76,92	72,51	80,27	10,49
Energia bruta (kcal/kg)	56,19	55,10	60,27	51,99	60,94	24,04
Fósforo (%)	56,07	56,30	66,57	57,29	61,19	12,08

TABELA 3A. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para o peso final médio (PF), ganho de peso médio (GP) e conversão alimentar aparente média (CAA) para a tilápia-do-Nilo durante a fase 2.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
PF(g)	183,06	185,16	185,54	187,57	188,85	6,59
GP (g)	66,54	68,97	67,10	69,27	68,00	11,10
CAA	4,67	4,77	4,79	4,70	4,73	13,02

TABELA 4A. Valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, energia e fósforo das rações experimentais para a tilápia-do-Nilo durante a fase 2.

Parâmetros	Fitase (UFA/kg)					CV
	Controle	500	1000	1500	2000	
Proteína bruta (%)	78,24	78,22	81,22	85,23	72,89	11,14
Energia bruta (Kcal/kg)	73,60	66,41	71,33	75,61	70,91	10,75
Fósforo (%)	63,00	51,22	64,70	61,10	66,42	14,54

ANEXO B	Pág.
FIGURA 1B. Estrutura do ácido fítico (A e B): mioinositol 1, 2, 3, 4, 5 –hexafosfato (C ₆ H ₁₈ O ₂₄ P ₆).....	8
FIGURA 2B. Hidrólise do ácido fítico pela 3-fitase.....	12

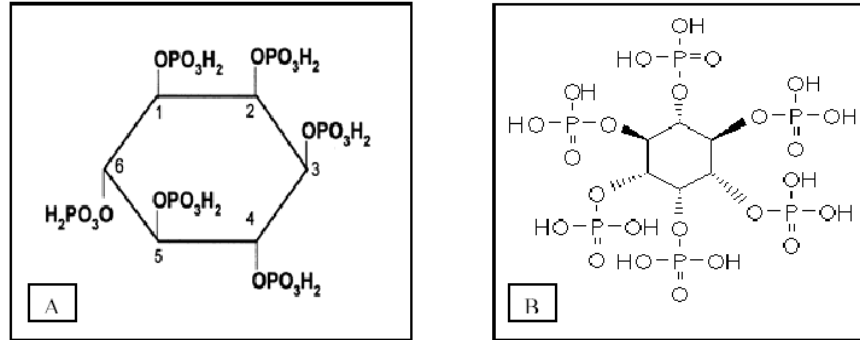


FIGURA 1B. Estrutura do ácido fítico (A e B): mioinositol 1, 2, 3, 4, 5-hexafosfato ($C_6H_{18}O_{24}P_6$)
 Fonte: Henn, (2002).

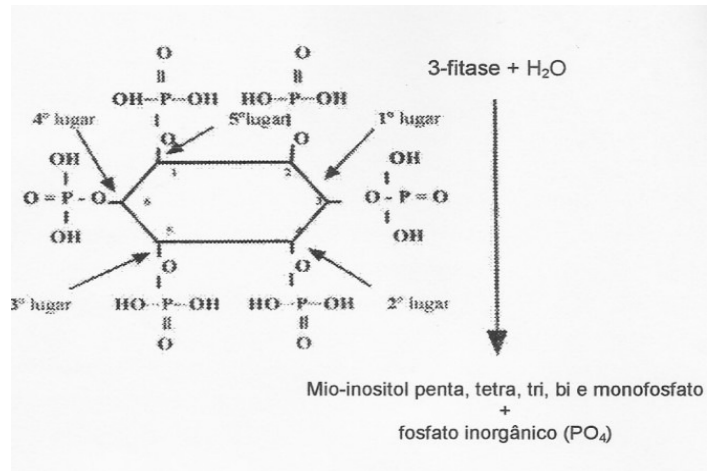


FIGURA 2B. Hidrólise do ácido fítico pela 3-fitase.
 Fonte: Henn, (2002).