
AVANÇOS DO USO DE ENZIMAS NA NUTRIÇÃO DE TILÁPIAS

ADVANCES IN THE USE OF ENZYMES IN NUTRITION OF TILÁPIAS

Veruska Dilyanne Silva GOMES¹, José Humberto Vilar da SILVA¹, Cacio Ribeiro CAVALCANTI¹, José Jordão FILHO¹, Jorge Luiz dos Santos ALMEIDA¹, Alda Lúcia de Lima AMÂNCIO¹, Carmelita Érica Azevedo de LUCENA¹

1 - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), campus III. Departamento de Ciência Animal - DCA.

RESUMO:

O gênero *tilápia* engloba mais de 70 espécies originárias do continente africano, são apreciadas pelo mercado consumidor devido ao sabor suave e aroma agradável. Também apresenta características produtivas desejáveis como rápido crescimento, desenvolvimento em curto período de produção, boa aceitabilidade de ração e boa conversão alimentar, quando alimentadas com dietas que atendam as exigências nutricionais da espécie. Mediante importância da espécie para a aquicultura, a nutrição de tilápias vem avançando. As enzimas digestivas podem ser adicionadas nas formulações de rações para peixes com a finalidade de auxiliar produção endógena ou favorecer a absorção de nutrientes indisponíveis pela ausência de produção endógena. Com a presente revisão, objetivou-se apresentar os avanços obtidos com a suplementação enzimática na tilapicultura. As enzimas são indispensáveis para a realização dos processos metabólicos nos seres vivos, pois catalisam as reações bioquímicas que acontecem no organismo. A suplementação com enzimas digestivas exógenas em dietas para tilápias melhora os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e reduz fatores antinutricionais dos alimentos. O uso de aditivos enzimáticos nas rações também promove ganhos em crescimento e desempenho corporais e aumenta a superfície de absorção dos enterócitos, no entanto, para composição centesimal da carcaça os resultados encontrados são escassos e inconclusivos, variando de acordo com a enzima suplementada.

Palavras-chave: Aditivos. Suplementação enzimática. Tilapicultura.

ABSTRACT:

The *tilapia* genus includes more than 70 species originating from the African continent, are appreciated by the consumer market due to the pleasant taste and pleasant aroma, and market producer for presenting rapid growth and development in short production period, good acceptance of ration and good feed conversion. When fed diets that meet as nutritional requirements of the species. Due to the importance of the species for aquaculture, tilapia nutrition is advancing. As digestive enzymes they can be added in formulations of fish feed with one end of assisting those of endogenous production or to favor an absorption of nutrients and voids by lack of endogenous production. With a review, the objective was to present the advances obtained with an enzymatic supplementation in tilapiculture. As enzymes they are undisciplined for an accomplishment of the metabolic processes in the alive beings, therefore they catalyze like biochemical reactions that happen in the organism. Digestible enzyme supplementation with tilapia diets increases the digestibility coefficients of nutrients and reduces food antinutritional factors. The use of enzyme additives in rations also promotes gains in body growth and performance and increases the surface area of

enterocytes absorption; however, for the composition of the centesimal carcass, the results are sparse and inconclusive, varying according to the enzyme supplemented.

Keywords: Additives. Enzyme Supplementation. Tilapicultura.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado ultrapassa 73 milhões de toneladas, dos quais a aquicultura em águas continentais é responsável por 47,1 milhões de toneladas. Acompanhando este crescimento, o consumo mundial per capita alcançou um valor médio de 20 Kg (FAO, 2016). Um dos peixes mais produzidos de forma comercial é a tilápia.

O gênero tilápia engloba mais de 70 espécies originárias do continente africano, das quais cerca de 22 são produzidas de forma comercial. É uma espécie, em geral, fitoplactófaga que apresenta boa aceitabilidade de ração, alta rusticidade e resistência a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Sendo apreciadas pelo mercado consumidor devido ao sabor suave e aroma agradável; como também, pelo produtor ao apresentar características desejáveis como rápido crescimento, desenvolvimento em curto período de produção e boa conversão alimentar (MOREIRA, 2001; FURUYA, 2010).

Mediante importância da espécie para a aquicultura, diversas pesquisas são realizadas no âmbito da nutrição de tilápias, como definição de exigências nutricionais (TEIXEIRA et al., 2008), coeficiente de digestibilidade dos alimentos utilizados nas formulações de rações (TACHIBANA et al., 2017), inclusão de aditivos alimentares como prebióticos e utilização da biotecnologia com a suplementação enzimática (MOURA et al., 2012b).

Enzimas catalisam reações bioquímicas que acontecem no organismo, atuam aumentando a velocidade das reações bioquímicas, diminuindo a energia de ativação sem alterar o equilíbrio químico; atuam por meio de sítio ativo, apenas em substrato específico; são sensíveis às mudanças de pH e temperatura do meio, havendo assim, um limiar ótimo para máxima atividade e inativação (desnaturação) quando estes fatores externos se encontram abaixo ou acima desta faixa considerada ótima (NELSON; COX, 2014).

A produção industrial de enzimas ou complexos enzimáticos para utilização na nutrição animal é, geralmente, proveniente de leveduras, fungos ou bactérias em processos que envolvem meios líquidos ou pela fermentação em estágio sólido "SFF" (ROBISON; NIGAN, 2003; CAMPESTRINI et al., 2005).

Os aditivos enzimáticos podem ser adicionados às formulações de rações para peixes com a finalidade de auxiliar enzimas de produção endógena como a amilase,

protease e lipase, ou podem favorecer a absorção de um nutriente que estava indisponível pela ausência de produção enzimática pelo organismo, como fitase e celulase (GOMES et al., 2016). A inclusão de complexos enzimáticos, em rações para tilápias possibilita resultados positivos no desempenho destes animais, permitindo uma utilização eficiente do amido e proteína (MOURA et al., 2012b); melhora os coeficientes de digestibilidade das rações (OLIVEIRA et al., 2007) e contribui para diminuição de fatores antinutricionais presentes em ingredientes de origem vegetal (TACHIBANA et al., 2010).

Com a presente revisão, objetivou-se apresentar os avanços obtidos com a suplementação enzimática na tilapicultura.

1.1 Enzimas digestivas em peixes

Nos peixes, não foi observada presença de enzimas digestivas na boca, no entanto, o estômago da maioria destes animais secreta enzimas proteolíticas. No intestino e cecos pilóricos estão presentes as enzimas produzidas pelo pâncreas, como tripsina, amilase, lipases e quintanases em peixes que se alimentam de crustáceos ou insetos (BALDISSEROTTO, 2009).

As microvilosidades dos enterócitos no intestino, além de aumentarem a superfície e absorção, também produzem enzimas como fosfatase alcalina, sacarase, maltase e dipeptidases. No pâncreas são produzidas e armazenadas as enzimas digestivas tripsina, quimiotripsina, carboxipolipeptidase, elastase, collagenase, amilases, lipases, fosfolipase A2 e quitinases. Estas enzimas são transportadas pelos ductos pancreáticos para a região anterior do intestino ou cecos pilóricos. A quantidade e atividade das enzimas pancreáticas variam de acordo com a espécie (FRACALOSSI; CYRINO, 2013).

A maioria das enzimas são proteínas, exceto alguns RNAs que desempenham atividade semelhante. Atuam aumentando a velocidade das reações bioquímicas, diminuindo a energia de ativação sem alterarem o equilíbrio químico; atuam por meio de sítio ativo, apenas em substrato específico; são sensíveis às mudanças de pH e temperatura do meio, havendo assim, um limiar ótimo para máxima atividade e inativação (desnaturação) quando estes fatores externos se encontram abaixo ou acima desta faixa considera ótima (NELSON; COX, 2014).

A nomenclatura mais comumente usada para enzimas digestivas apresenta o sufixo

“ase” incorporado ao nome do substrato da reação ou descrição de sua ação, como protease, amilase e lipase. Algumas enzimas mantem seu nome sem associação com a reação, por exemplo, a tripsina (CHAMPE et al, 2006).

As alfa-amilases são endoamilases que atuam catalisando a hidrólise das ligações glicosídicas alfa- 1,4 na amilose e amilopectina, moléculas que constituem o amido de uma maneira aleatória (Figura 1). Este processo libera glicose e carboidratos, que serão hidrolisados a glicose, para posterior absorção pelo organismo do animal. As proteases são enzimas que atuam sobre a proteína, quebrando ligações e liberando aminoácidos prontamente disponíveis. Estes podem atuar nas ligações nas proteínas de armazenamento dos ingredientes de origem vegetal, liberando o amido para ser digerido, por sua vez, pela amilase (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010).

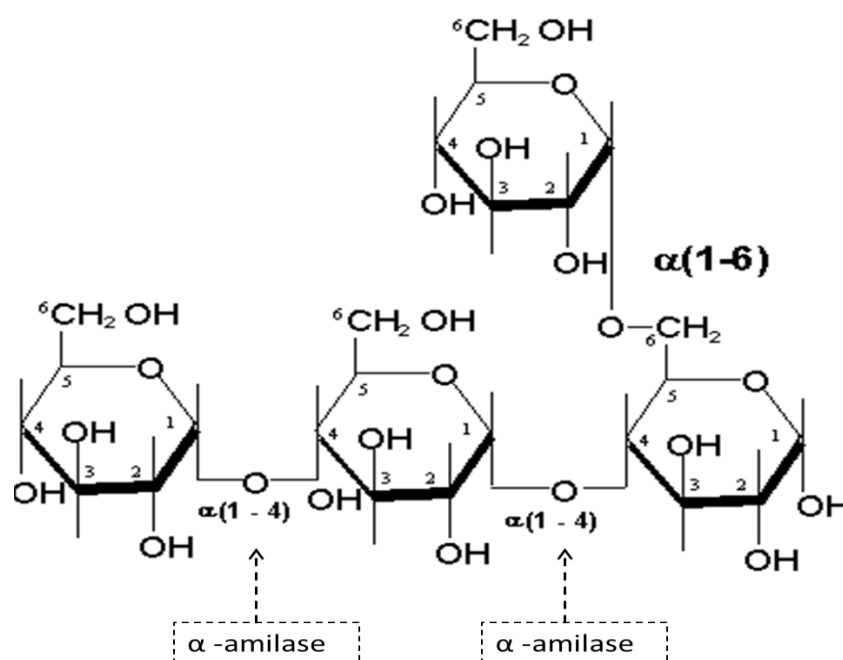


Figura 1 – Biocatalizador alfa-amilase atuando na hidrólise das ligações alfa – 1,4 do polissacarídeo amido. (Fonte: Adaptado de NELSON; COX, 2014).

A lipase e amilase são sintetizadas principalmente no pâncreas, no entanto, em algumas espécies de peixes onívoros ou herbívoros, essa síntese pode ocorrer na mucosa intestinal (FRACALOSSO; CYRINO, 2013). A lipase atua na degradação de lipídeos provenientes da alimentação, liberando ácidos graxos e glicerol no lúmen do intestino. Estes compostos desempenham importantes funções energéticas, estruturais e hormonais (MOURA et al., 2012a).

Fitase é a enzima que atua nas ligações do fitato ou ácidos fítico, complexo presente em algumas sementes de oleaginosas e leguminosas, que armazena fósforo e se associa na forma de quelatos a alguns minerais (Mg, Cu, Zn e Mn) tornando-os indisponíveis para animais não ruminantes, visto que, estes não são capazes de metabolizar o fitato por não sintetizarem fitase (JACKSON et al., 1996; CAMPESTRINI et al., 2005). Esta enzima atua hidrolisando fosfato nas posições 1,3 ou 6 do anel inositol do fitato liberando os minerais ligados ao fitato (LEI; PORRES, 2003) (Figura 2).

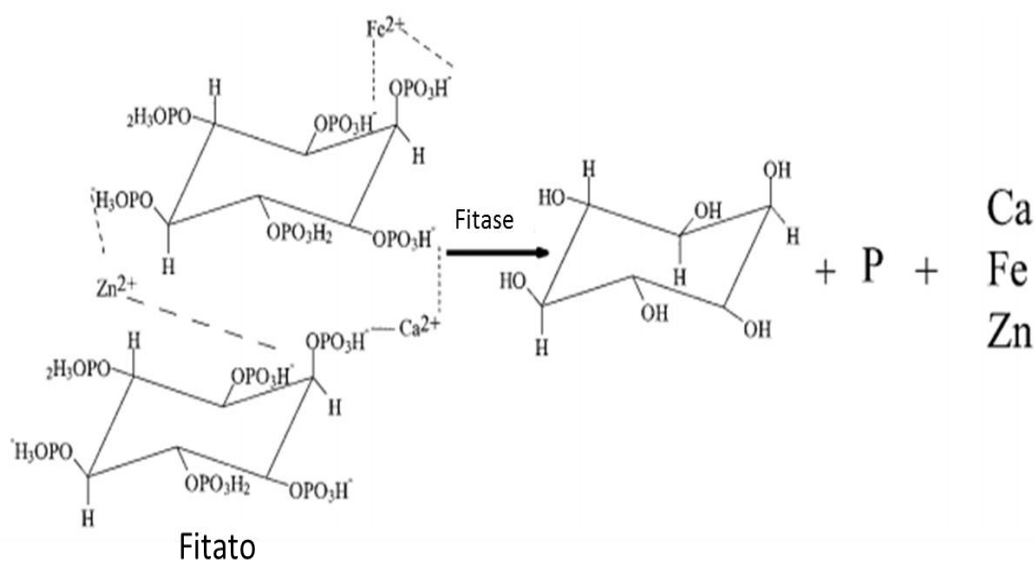


Figura 2 – Hidrólise de fitato pela enzima fitase disponibilizando fósforo e minerais (Fonte: Adaptado de LEI; PORRES, 2003).

A celulase é uma enzima que atua na degradação da celulose, componente estrutural da parede de células vegetais. Tilápias não são capazes de sintetizar essa enzima, no entanto, Saha et al. (2006) quantificando a atividade da celulase no quimo de tilápias moçambicana (*Oreochromis mossambica*) com hábito alimentar onívoro, identificou atividade de enzimas celulolíticas provenientes da flora bacteriana anaeróbica destes animais.

As proteases são enzimas que atuam nas ligações peptídicas de proteínas e polipeptídeos (Figura 3) e podem ser classificadas de acordo com a posição onde atuam na molécula proteica: as endopeptidases quebram ligações peptídicas no interior da molécula e as exopeptidases agem na porção carboxil terminal (SAKOMURA et al. 2014).

As enzimas digestivas apresentam especificidade quanto a quantidade e qualidade do substrato no qual atuam, ao pH do meio e a temperatura (Tabela 1). A eficiência digestiva das enzimas em rações para tilápias pode diminuir quando sua especificidade não for respeitada.

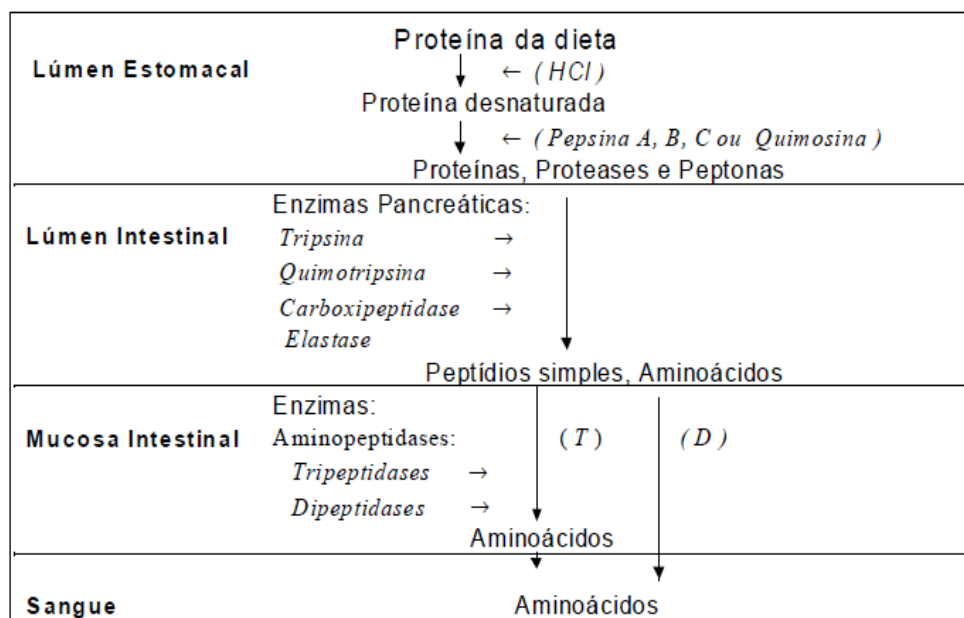


Figura 3 – Atuação das enzimas na digestão de proteínas em animais monogástricos. (Fonte: Adaptado de Rostagno; Pupa, 1998).

A tripsina, enzima que atua sobre ligações peptídicas de aminoácidos específicos, foi avaliada no quimo de juvenis de tilápia-tailandesa submetidos a quatro temperaturas 20, 24, 28 e 32°C. O aumento da atividade da tripsina foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura da água, sendo 0,3535 (nM.L-1.s-1) para tilápias mantidas em 20°C e 0,5587 (nM.L-1.s-1) para os animais mantidos em temperatura mais alta (MOURA, et al., 2009).

A amilase em tilápias do Nilo também apresenta forte relação com a temperatura na água. A atividade da amilase (UA) na digesta da espécie nas temperaturas 20, 24, 28 e 32°C, apresentou efeito linear, aumentando com a elevação da temperatura da água. Os autores atribuem os resultados ao maior consumo de ração pelos peixes, o que possibilitou o aumento do substrato amido, demonstrando que as enzimas digestivas podem ser induzidas pela disponibilidade do substrato no qual atuam (MOURA et al., 2007).

Tilápias do Nilo da linhagem tailandesa, submetidas a diferentes temperaturas obtiveram maior atividade da lipase e maior atividade específica da lipase quando mantidas a 32°C (Tabela 1), as variáveis ganho em peso e conversão alimentar também melhoraram com o aumento da temperatura (MOURA et al., 2012a).

Atividade das enzimas digestivas	Temperatura (°C)				Efeito
	20	24	28	32	
Amilase (UA)¹	30.886	32.771	34.966	36.778	Linear (p<0,01): Y=20931,6+496,873T; R ² =0,99
Tripsina (nM.L⁻¹.s⁻¹)²	0,3535	0,363	0,4168	0,5587	Linear (p<0,01): Y=0,0167356-0,0121325T; R ² =0,83.
Lipase (UI)³	148,36	229,00	360,93	406,11	Linear(p<0,01): Y=22,6291+302,258T; R ² =0,97.

¹(Moura et al., 2007) ; ² (Moura et al., 2009); ³(Moura et al., 2012a).

O pH interfere na atividade de enzimas digestivas em outras espécies de peixes como o tucunaré (*Cichla* sp.). Apensar de apresentarem hábitos alimentares distintos, as tilápias produzem proteases e a influência das variações de pH pode ser estendida a espécie. Soares et al. (2008) constatou que a atividade da protease exógena adicionada em níveis na dieta de tucunarés juvenis foi maior em pH ácido do que no pH alcalino.

A atividade de enzimas digestivas pode diminuir em peixes mantidos em jejum e, dependendo do tempo que o animal permaneça em jejum, pode demorar dias para retomar o mesmo nível de atividade quando estes reiniciam a alimentação. Na maioria dos peixes, uma quantidade considerável das enzimas digestivas é reabsorvida na região posterior do intestino (BALDISSEROTTO, 2009).

1.2 Produção de aditivos enzimáticos

As enzimas digestivas direcionadas a nutrição animal são extraídas de leveduras, fungos ou bactérias em processos que envolvem substrato líquido ou fermentação em estágio sólido. Sendo este processo caracterizado pelo crescimento de fungos em um substrato específico (geralmente farelo de origem vegetal) para que este sintetize um complexo de enzimas capazes de degradar o substrato em quantidade e qualidade específicas. (ROBISON; NIGAN, 2003; CAMPESTRINI et al., 2005).

As amilases são de grande importância para a biotecnologia, pois podem atuar em

setores diversos da indústria, desde a produção de alimentos à produção têxtil e papelaria. A fonte mais utilizada para obtenção de amilases é a microbiana, no entanto podem ser obtidas de várias outras fontes, como plantas e animais. Enzimas amilolíticas hidrolisam moléculas de amido em produtos como dextrinas e pequenos polímeros de unidades de glicose. Conforme sua atuação, estas enzimas podem ser divididas em endoamilases e exoamilases (GUPTA et al., 2003).

A fitase pode ser obtida a partir de bactérias (*Escherichia coli*) ou fungos (*Aspergillus ficuum*, *Aspergillus niger*). A fonte de origem pode conferir variações de estabilidade em temperatura elevada (resistência ao calor); temperatura ótima, para fitase proveniente de fungos é 50°C e para fitase de bactérias é 60°C; atividade enzimática (Tabela 2) e pH ótimo de atuação (IGBASAN et al., 2000).

Tabela 2 - Atividade da enzima fitase de acordo com o organismo de formação e origem do gene da fitase

Atividade (FTU/g)	Organismo de deformação de produto	Origem do gene da fitase
5171	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus ficuum</i>
106	<i>Brassica napus</i>	<i>Aspergillus ficuum</i>
2662	<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Peniophora lycii</i>
5017	<i>Trichoderma reesi</i>	<i>Aspergillus awamori</i>
2035	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
4,66	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>

Fonte: IGBASAN et al., 2000.

As proteases podem ser obtidas de vegetais, animais, fungos e bactérias. As leveduras são microorganismos muito utilizados na indústria de alimentos, pois a maioria das espécies não se enquadrar como patogênicas (RODRIGUES; SANT'ANNA, 2001). As proteases bacterianas, obtidas principalmente das espécies de *Bacillus*, também são amplamente utilizadas por possuírem alta atividade catalítica (JOO; CHANG, 2005).

As enzimas utilizadas na alimentação de tilápias podem ser adicionadas de forma unitária ou na forma de misturas denominadas de “blends” (quando as enzimas são provenientes de espécies diferentes) ou complexos (quando todas as enzimas presentes tem uma mesma origem) (GOMES et al., 2016).

A adição de enzimas de forma unitária pode favorecer a absorção de um nutriente específico. Como a suplementação com fitase (1000 FTU kg⁻¹) em dietas para tilápia do Nilo em sistema de aquapônia favoreceu a retenção de fósforo na carcaça dos peixes, mas

não influenciou o crescimento dos peixes (CEROZI; FITZSIMMONS, 2017). No entanto, adição de enzimas em forma de complexos ou blends permite que enzimas atuem de forma simultânea, cada uma em seu substrato específico, possibilitando maior disponibilidade de nutrientes para os peixes (OLIVEIRA et al., 2007).

A enzima fitase utilizada na alimentação de tilápias é comercializada em dois estágios físicos, fitase em pó (BOCH et al., 2007) e fitase líquida, esta forma física possibilita incorporação nas rações após extrusão (SILVA et al., 2007).

Na tabela 3, são apresentadas as composições dos complexos ou blends enzimáticos mais utilizados na alimentação de tilápias, o principal ingrediente de origem vegetal utilizado na formulação da ração e a espécie de tilápia estudada.

Tabela 3 – Principais complexos ou *blends* enzimáticos testados em dietas formuladas com incorporação de ingredientes de origem vegetal, para tilápias.

Composição do produto comercial	Principais ingredientes de origem vegetal	Espécie	Referencia
Celulase, protease e amilase.	Milho e farelo de soja	<i>Oreochromis niloticus</i>	Oliveira et al. (2007)
Protease neutra, β -glucanase e xilanase.	Farinha de colza, farelo de algodão, farelo de trigo	<i>Oreochromis niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	Lin et al. (2007)
Lipase, protease e carboidrases.	Milho, farelo de soja e farelo de trigo	<i>Oreochromis niloticus</i>	Guimarães et al. (2009)
Endoxilanase e endo-beta-glucanase.	Triticale	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tachibana et al., (2010)
Amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase.	Milho e farelo de soja	<i>Oreochromis niloticus</i>	Signor et al., (2010)
Protease, fitase, xilanase, β -Glucanase, celulase, amilase e pectinase.	Farelo de trigo	<i>Oreochromis niloticus</i>	Moura et al. (2012b)
Pepsina, papaína e α -amilase.	Glúten de milho e farelo de soja	<i>Oreochromis niloticus</i>	Goda et al. (2012)

A adição de complexos ou “blends” enzimáticos em dietas, com maior concentração de ingredientes de origem vegetal, para tilápias do Nilo (MOURA et al.; 2012b) e tilápias vermelhas (LIN et al.; 2007) resultaram em índices de crescimento e desenvolvimento melhores, como também em um aumento do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da dieta (OLIVEIRA et al.; 2007).

Aditivos enzimáticos em dietas contendo alimentos com alto teor de fibra, como o triticale (TACHIBANA et al.; 2010) e o farelo de trigo (GUIMARÃES et al.; 2009) foram

eficientes ao contribuir para uma melhor relação enzima-substrato favorecendo a digestão dos nutrientes.

O “blend” composto por fitase e protease produzidas em fermentação em estágio sólido (SSF), produzidas respectivamente pelos fungos *Aspergillus niger* e *A. oryzae*, aumentou a disponibilidade de proteínas, minerais, energia e lipídeos em dieta à base de proteína vegetal para tilápias do Nilo (NOVELLI et al., 2017).

A protease pode atuar em proteínas de armazenamento dos grãos, como conglucina, β -conglucina e kafirina facilitando a ação da fitase sobre o fitato armazenado na membrana da parede celular (SAKOMURA et al. 2014).

1.3 Resultados da utilização de aditivos enzimáticos em rações para tilápias

A inclusão de enzimas digestivas tem demonstrado eficiência na redução de fatores antinutricionais presentes nos ingredientes de origem vegetal, como os PNAs (polissacarídeos não amiláceos) que impedem a digestão e absorção dos carboidratos do endosperma e das proteínas que compõem as paredes celulares. A inclusão de celulase, ou complexos enzimáticos que contenham a enzima em sua composição podem ser uma alternativa aos PNAs. A inclusão de um complexo enzimático (celulase, protease e amilase) para tilápias do Nilo, melhorou os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (81,92%), proteína bruta (64,91%), energia bruta (79,53%), amido (71,60), cálcio (97,50) e fósforo (90,64%) quando adicionadas até 0,05% (OLIVEIRA, et al., 2007).

Tachibana et al.,(2010) ao avaliarem a suplementação com um blend de endo-xilanase e endo-beta-glucanase, sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia do tritcale (um híbrido do trigo com centeio) pela tilápia do Nilo obtiveram máxima eficiência digestiva com a inclusão de 300 a 450 mg/Kg do complexo. A suplementação enzimática de forma unitária também melhora os coeficientes de digestibilidade das rações. Gonçalves et al. (2005), constatou que a inclusão de fitase aumenta a disponibilidade de minerais (Mg, Cu, Zn e Mn) em farelos de origem animal, para tilápias do Nilo juvenis.

Guimarães et al. (2009) sugerem que a suplementação enzimática com o complexo composto por lipase, protease e carbohidrase adicionado até 0,04g/Kg, nível máximo testado, aumenta os coeficientes de digestibilidade para proteína bruta e extrato etéreo em rações a base de milho e farelo de soja para tilápias do Nilo.

O desempenho de tilápias pode ser afetado pela suplementação enzimática. Moura

et al. (2012b) avaliando a utilização de um complexo enzimático SSF (Protease, fitase, xilanase, β -Glucanase, celulase, amilase e pectinase) sobre o desempenho e presença de carboidratos no quimo de tilápias do Nilo, sugere inclusão ao nível de 150 ppm em função da maior disponibilidade de sacarase, glicose e fruto no intestinos dos peixes. Para o peso final foi observado efeito linear com suplementação máxima de 250 ppm. Os resultados obtidos podem ser justificados devido ao melhor aproveitamento energético do alimento, contribuindo para que a proteína não seja desviada para produção de energia e, por isso, seja mobilizada de forma eficiente para a formação de tecidos (Figura 4).

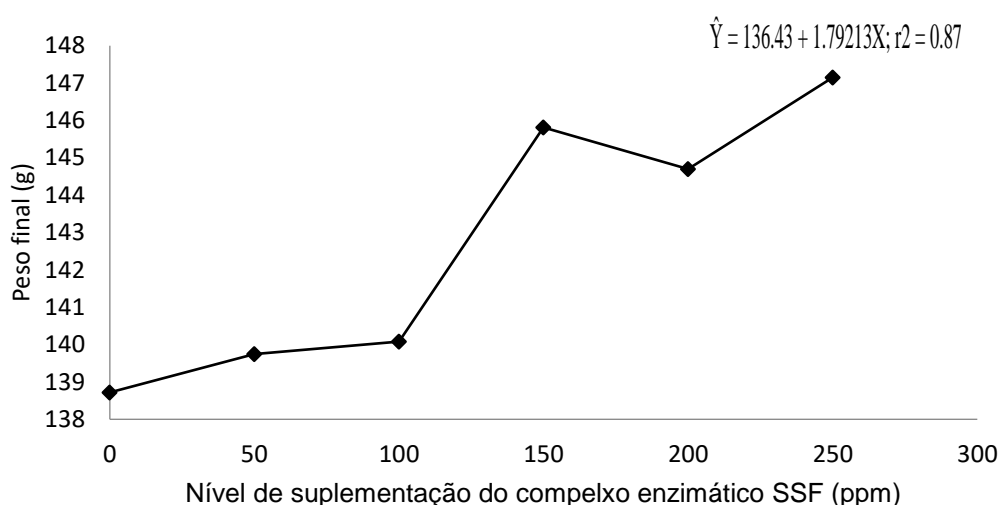


Figura 4 – Peso final(g) de tilápias do Nilo alimentadas com dietas suplementas com complexo enzimático SSF (adaptado de Moura et al., 2012).

Juvenis de Tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo farelo de soja e milho como ingredientes base e suplementação com complexo enzimático (amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase), apresentaram menor consumo de ração e melhor conversão alimentar quando suplementados, respectivamente, com 0,066% e 0,099%. Não houve efeito no ganho em peso, no entanto, os autores justificam que a suplementação enzimática por contribuir para a redução de custos com alimentação visto que, houve redução do consumo e melhora na conversão alimentar, sem perdas no ganho em peso (SIGNOR et al., 2010).

A adição das enzimas fitase, protease e alfa-amilase na dieta do peixe ornamental guppy (*Poecilia reticulata*) proporcionou maior ganho em peso, taxa de crescimento específico e melhor conversão alimentar sem que houvesse diferença em relação ao consumo de ração (GOMES et. al., 2017)

Em dietas para catfish africano (*Clarias gariepinus*), suplementadas com o complexo enzimático composto por: xilanase, pentonases, amilase, hemicelulase, celulase, pectinases, celubiase e β -glucanase, foi observado que os animais alimentados com ração contendo o complexo enzimático obtiveram melhor conversão alimentar ($P<0,05$) quando comparados aos que receberam ração controle (YILDIRIM et al., 2010).

O uso combinado de complexos enzimáticos (contendo fitase, protease e xilanase) e probióticos melhorou o peso final, taxa de crescimento específico, conversão alimentar e eficiência proteica em tilápias juvenis, além de favorecer a absorção de nutrientes por interferir de forma positiva na morfologia intestinal ao aumentar o diâmetro de microvilosidades e superfície de absorção dos enterócitos (ADEOYE et al., 2016b).

Ao avaliarem a suplementação de fitase, protease e carboidrases de forma unitária em dietas para tilápia do Nilo, Adeoye et. al. (2016a) constaram que houve incremento no peso final e taxa de crescimento específico, para dietas suplementadas com fitase ou protease. A composição do corpo inteiro não diferiu quanto a proteína, lipídeos e cinzas, no entanto, as tilápias alimentadas com dietas contendo protease apresentaram menor teor de umidade quando comparada a dieta controle. Rocha et al. (2010) constataram que a inclusão de fitase em dietas para alevinos de carpa húngara aumentou o teor de cinzas e diminuiu o teor de extrato etéreo da carcaça destes animais. Resultado considerado desejável, visto que, uma característica da espécie é possuir alta quantidade de gordura na carcaça.

A composição corporal de tilápias, em geral, não sofre efeito da suplementação com enzimas exógenas. Signor et al. (2010), não observaram efeito significativo da suplementação enzimática sobre os teores de umidade, proteína bruta e material mineral da carcaça. Segundo Boch et al. (2007), a suplementação de fitase nas rações não influenciou ($P>0,01$) os conteúdos de matéria seca, proteína e lipídios da carcaça de tilápias do Nilo.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aditivos enzimáticos têm apresentado resultados desejáveis para a tilapicultura ao melhorar parâmetros de desempenho, aumentar a superfície de absorção intestinal e melhorar os coeficientes de digestibilidade das rações, no entanto, para características corporais os resultados encontrados são escassos e inconclusivos variando de acordo com a enzima utilizada.

3. REFERÊNCIAS

ADEOYE, A. A., JARAMILLO-TORRES, A., FOX, S. W., MERRIFIELD, D. L., DAVIES, S. J. Supplementation of formulated diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) with selected exogenous enzymes: Overall performance and effects on intestinal histology and microbiota. **Animal Feed Science and Technology**, v. 215, p. 133-143, 2016a.

ADEOYE, A. A., YOMLA, R., JARAMILLO-TORRES, A., RODILES, A., MERRIFIELD, D. L., DAVIES, S. J. Combined effects of exogenous enzymes and probiotic on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth, intestinal morphology and microbiome. **Aquaculture**, v. 463, p. 61-70, 2016b.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2 ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2009.

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. 2. ed. London: CAB International, 2011.

BOCH, C. L.; PEZZATO, L. E.; CANTELMO, O. A.; BARROS, M. M. Fitase em rações para tilápia-do-nylo na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1455-1461, 2007.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. da; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.

CEROZI, B. S.; FITZSIMMONS, K. Effect of dietary phytase on phosphorus use efficiency and dynamics in aquaponics. **Aquaculture International**, v. 25, n. 3, p. 1227-1238, 2017.

CHAMPE, P.C.P.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. Porto Alegre, ed. Artmed, 2006. 544p.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma. 253 p. 2016.

FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis, SC: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 375 p. 2013.

FURUYA, W. M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM. 100p. 2010.

GODA, A. M. A., MABROUK, H. A. H. H., WAFA, M. A. E. H., EL-AFIFI, T. M. Effect of using baker's yeast and exogenous digestive enzymes as growth promoters on growth, feed utilization and hematological indices of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of Agricultural Science and Technology**. **B**, v. 2, n. 1B, 2012.

GOMES, V. D. S., SILVA, J. H. V., CAVALCANTI, C. R., DA FONSECA, S. B., JORDÃO FILHO, J., SILVA NETO, M. R., DA SILVA, F. B. Utilização de enzimas exógenas na nutrição de peixes - revisão de literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 19, n. 4. 2016.

GOMES, V. D. S.; SILVA, J. H. V.; CAVALCANTI, C. R.; LIMA, M. C.; JORDÃO FILHO, J.; AMÂNCIO, A. L. L. Enzimas exógenas na alimentação do peixe guppy (*Poecilia reticulata*). **Archives of Veterinary Science**. v.22, n.3, p.24-29, 2017.

GONÇALVES, G. S., PEZZATO, L. E., BARROS, M. M., KLEEMAN, G. K., ROCHA, D. F. Efeitos da Suplementação de Fitase sobre a Disponibilidade Aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em Alimentos Vegetais para a Tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2155-2163, 2005.

GUIMARÃES, I. G., FALCON, D. R., SCHICH, D., BARROS, M. M., PEZZATO, L. E. Digestibilidade aparente de rações contendo complexo enzimático para tilápia-do-nilo. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1397-1402, 2009.

GUPTA, R.; GIGRAS, P.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V.K.; CHAUHAN, B. Microbial α -amylases: a biotechnological perspective. **Process Biochemistry**. V. 38, p 1599-1616. 2003.

IGBASAN, F.A., SIMON, O., MILKSCH, G., DAN MANNER, K. Comparative Studies of The In vitro Properties of Phytases from Various Microbial Origins. **Archives Animal Nutrition**, 53, pag. 353-373. 2000.

JACKSON, L.; LI, M. H.; ROBINSON, E. H. Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytate phosphorus. **Journal for the World Aquaculture Society**, v. 27, n. 3, p. 309-313, 1996.

JOO, HS.; CHANG, C.S. Production of an oxidant and SDS-stable alkaline protease from an alkaphilic *Bacillus clausii* i-52 by submerged fermentation: feasibility as a laundry detergent additive. **Enzyme and Microbial Technology**. New York, v.38, p.176-183, 2005.

LEI, X.G DAN PORRES, J.M., "Phytase Enzymology, Applications and Biotechnology", **Biotechnology Letters**, 25, p. 1787-1794. 2003.

LIN, S.; MAI, K.; TAN, B. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture research**, v. 38, n. 15, p. 1645-1653, 2007.

MOREIRA, H. L. M. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Editora da ULBRA, 2001.

MOURA, G. S., OLIVEIRA, M. G. A., LANNA, E. T. A., MACIEL JÚNIOR, A., MACIEL, C. M. R. R. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42(11), 1609-1615. 2007.

MOURA, G. S.; OLIVEIRA, M. G. A.; LANNA, E. A. T. Atividade de tripsina no quimo de tilápia-tailandesa submetida a diferentes temperaturas da água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2086-2090, 2009.

MOURA, G., OLIVEIRA, M. G. A., LANNA, E. Desempenho e atividade de lipase em tilápias do Nilo. **Archivos de zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 367-374, 2012a.

MOURA, G.S.; LANNA, E.A.T.; FILER, K.; FALKOSKI, D.L.; DONZELE,J.L.; OLIVEIRA, M.G.A.; REZENDE, S.T. Effects of enzyme complex SSF (solid state fermentation) in pellet diets for Nile tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, n.10, p.2139-2143, 2012b.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre: Artmed, 2014.

NOVELLI, P. K., BARROS, M. M., PEZZATO, L. E., DE ARAUJO, E. P., DE MATTOS BOTELHO, R., FLEURI, L. F. Enzymes produced by agro-industrial co-products enhance digestible values for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): A significant animal feeding alternative. **Aquaculture**, v. 481, p. 1-7, 2017.

OLIVEIRA, G. R. et al. Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1945-1952, 2007.

ROBISON, T.; NIGAN, P. Bioreactor design for protein enrichment of agricultural residues by solid state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v. 13, p. 107-203. 2003.

ROCHA, C.B.; POUHEY, J.L.F.; S.R.N. PIEDRAS, S.R.N.; ENKE, D.B.S.; FERNANDES, J.M. Fitase na dieta de alevinos de carpa húngara: desempenho e características de carcaça. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.6, p.1462-1468, 2010.

RODRIGUES, A. N.; SANT'ANNA, E. S. Efeito do cloreto de sódio na produção de proteínas (*Saccharomyces cerevisiae*) em fermentação semi-sólida. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. V. 21, n. 1, p. 63-66. 2001.

ROSTAGNO, H. S.; PUPA, J. M. R. **Fisiologia da digestão e alimentação de leitões**. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E MANEJO DE LEITÕES, 1998, Campinas, SP. Anais... Campinas: CBNA, p.60–87. 1998.

SAHA, S., ROY, R. N., SEN, S. K., RAY, A. K. Characterization of cellulase-producing bacteria from the digestive tract of tilapia, *Oreochromis mossambica* (Peters) and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). **Aquaculture Research**, v. 37, n. 4, p. 380-388, 2006.

SAKOMURA, N.K. ; SILVA, J. H. V. ; COSTA, F. G. P. ; FERNANDES, J. B. K. ; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 678p. 2014.

SIGNOR, A. A. et al. Desempenho de juvenis de Tilápia-do-nilo alimentados com rações contendo complexo enzimático. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p.977-983, 2010.

SILVA, T. D. C., FURUYA, W. M., DOS SANTOS, L. D., FUJII, K. M., MICHELATO, M., & IWAMOTO, B. S. Fitase líquida em dieta extrusada para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum-Animal Sciences**, v. 29, n. 4, p. 449-455, 2007.

SOARES, E. C., PEREIRA FILHO, M., ROUBACH, R., SILVA, R. C. S. Protease exógena em dietas para juvenis de tucunaré-paca (*Cichla sp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 971-976, 2008.

TACHIBANA, L., GONÇALVES, G. S., FALCON, D. R., CASTAGNOLLI, N., PEZZATO, L. E. Digestibilidade aparente de nutrientes e energia da ração obtida por diferentes linhagens de tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 7, n.4, 2017.

TACHIBANA, L.; PINTO, L. G. Q.; GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E. Xilanase e β -glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do tritcale pela Tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.445-452, 2010.

TEIXEIRA, E. A., CREPALDI, D. V., FARIA, P. M. C., RIBEIRO, L. P., MELO, D. C. D.; EULER, A. C. C. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia ("*Oreochromis*" sp.). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, 2008.

YILDIRIM, Y.B.; TURAN,F. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in African Catfish, *Clarias gariepinus*. **Jornal of Animal and Veterinary Advances**. V. 9, n. 2, p. 327-331, 2010.

ZUANON, J. A. S., SALARO, A. L., & FURUYA, W. M. Produção e nutrição de peixes ornamentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 165-174, 2011.