

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 13/03/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO MULTIENTENZIMÁTICO EM
DIETAS PRÁTICAS PARA PRODUÇÃO DE TILÁPIAS-
DO-NILO**

Juliano José de Oliveira Coutinho
Zootecnista

**Jaboticabal
2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO MULTIENTZIMÁTICO EM
DIETAS PRÁTICAS PARA PRODUÇÃO DE TILÁPIAS-
DO-NILO**

Juliano José de Oliveira Coutinho

Orientador: Prof. Dr. Dalton José Carneiro

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Jaboticabal

2020

C871u	Coutinho, Juliano José de Oliveira Utilização de Complexo Multienzimático em Dietas Práticas Para Produção de Tilápias-do-Nilo / Juliano José de Oliveira Coutinho. -- Jaboticabal, 2020 76 p. : il., tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Dalton José Carneiro 1. Enzimas. 2. Oreochromis niloticus. 3. Nutrição animal. 4. Aditivos. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

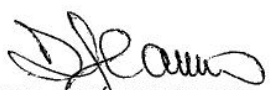
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

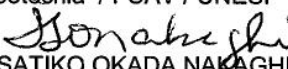
TÍTULO DA TESE: UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO MULTIENTENZIMÁTICO EM DIETAS PRÁTICAS PARA PRODUÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO

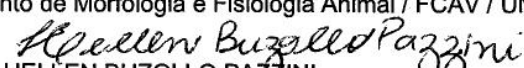
AUTOR: JULIANO JOSÉ DE OLIVEIRA COUTINHO

ORIENTADOR: DALTON JOSÉ CARNEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. LAURA SATIKO OKADA NAKAGHI
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. HELLEN BUZOLLO PAZZINI
Centro Universitário de Rio Preto-UNIRP / São José do Rio Preto-SP


Prof. Dr. JOÃO MARTINS PIZAURO JUNIOR
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Dra. LIGIA MARIA NEIRA
UNICEP / São Carlos/SP



Jaboticabal, 13 de março de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JULIANO JOSÉ DE OLIVEIRA COUTINHO – nasceu em Bambuí, MG no dia 10 de março de 1990. Em fevereiro de 2010 ingressou no curso de Zootecnia do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, realizando cursos e estágios. No ano de 2011 iniciou sua participação no grupo de estudo em nutrição animal (GENA) como coordenador, sob orientação do Professor Doutor Luiz Carlos Machado. Desenvolveu sua Iniciação Científica com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e bolsista de Iniciação Científica do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí. Em julho de 2014, graduou-se em Zootecnia. Em agosto de 2014, ingressou no curso de Mestrado em Aquicultura no Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal - SP, sob orientação da Professora Doutora Maria Célia Portella e co-orientação do Professor Doutor Dalton José Carneiro, com bolsa financiada pelo Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), submetendo sua dissertação à banca examinadora em julho de 2016. Em agosto do mesmo ano, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – campus de Jaboticabal sob a orientação do Professor Doutor Dalton José Carneiro, com bolsa financiada pelo CNPq sob o nº de processo 142193/2016-0, com período de estágio sanduiche pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, sob orientação do Professor Doutor Aires Manuel Pereira de Oliva Teles e da Doutora Maria Helena Tabuaço Rêgo Martins Peres, com bolsa financiada pela CAPES sob o nº de processo 88881.187920/2018-01. Obteve o título de Doutor em Zootecnia em março de 2020.

*'Cause I'm a warrior, I fight for my life, like
a soldier all through the night and I won't
give up, I will survive. I'm a warrior and I'm
stronger, that's why I'm alive. I will conquer,
time after time. I'll never falter, I will survive
I'm a warrior. (Warrior by Avril Lavigne)*

Dedico,

este trabalho a Deus e às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais Edson e Luzia, tudo que sou hoje é graças a vocês. A vocês devo toda a minha vida!!!

AGRADECIMENTOS

Como já dizia Anitelli: “Sonho parece verdade quando a gente esquece de acordar”.

Hoje, vivo uma realidade que parece um sonho, mas foi preciso muito esforço, determinação, paciência, perseverança, ousadia e maleabilidade para chegar até aqui, e nada disso eu conseguiria sozinho. Minha eterna gratidão a todos aqueles que colaboraram para que este sonho pudesse ser concretizado.

Grato a Deus pelo dom da vida, pelo seu amor infinito, amizade esplendorosa e paciência em ouvir minhas preces, sem Ele nada sou. Agradeço aos meus pais, Edson e Luzia, meus maiores exemplos. Obrigado por cada incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto, pela eterna ajuda em ver seu filho ser um grande profissional e sempre feliz e sorrindo. Ao meu irmão, Jordano e minha cunhada Ana Lúcia, por todo apoio, amor e carinho; a minha sobrinha maravilhosa que sempre grita do outro lado do telefone “Tio Ju” e alegra todo o meu dia e ao meu sobrinho Lucas que sempre sorri quando me vê chegar.

Ao professor Dalton José Carneiro que, com muita paciência, atenção, amizade e parceria, dedicou do seu valioso tempo para me orientar em cada passo deste trabalho, pela contribuição na minha vida acadêmica e por tanta influência na minha vida profissional. O senhor entrou na minha vida como orientador e nela permanecerá como tal e ainda como meu grande amigo por toda vida.

Aos meus amigos de laboratório Thalys Vinicius, Andressa Tellechea, Magdiel Oliveira (Mag), Denis Johnsons Baby, Marcelo Diogo Japonês Saionará, Jéssica Pacheco (Jesca), Sara Mello, Luiz Henrique, Gustavo Tanuri, Adriane Federice, Peterson Pacheco, Marllon Oliveira, Laura do México, Jesaias Ismael, Ivã Guidini (Ivanzinha), Fred Werneck, Daniela Amorim, Gabriela Paulino, Brígida Sperchi, Silvinha e a Professora Maria Célia Portella, muito obrigado por depositarem a confiança de vocês em mim e acreditarem no meu potencial. Obrigado pela ajuda e pelos conselhos maravilhosos para uma vida boa.

A Lígia Maria Neira que sempre me aconselhou, ajudou, puxou orelha, sorriu, brincou, acolheu e “n” coisas que me ajudaram a crescer mais e mais.

Não é possível escrever aqui a amizade que sinto por você e não há palavras para dizer o quanto amo você. Obrigado por tudo minha irmã! Estará sempre em meu coração.

A professora Márcia Machado e ao Professor João Pizauro por terem contribuído para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Doutor Aires Oliva-Teles e a Doutora Helena Peres pela grande oportunidade e por me receberem tão bem no Nutrimu e na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Agradeço a vocês por terem sido parte do meu trabalho de doutorado e por me ensinarem tanto. A todos os colegas e participantes do Nutrimu, meu especial abraço em todos.

A banca do exame geral de qualificação professora Marta Verardino, Professora Hellen Buzollo, Professora Márcia Machado, Professor João Pizauro, por terem disponibilizado um tempo para sugerir correções e participar da avaliação da tese. Muito obrigado!

A banca de defesa Professora Lígia Neira, Professora Hellen Buzollo, Professora Laura Satiko e Professor João Pizauro, muito obrigado pela participação e por todas as contribuições sugeridas para melhorar ainda meu trabalho.

Aos meus amigos de longa data, Neilton Lopes, Bruna Pontara, Rafael Coura, Isabela Martins, Katherine Kelly, Milena Alves e Rúbia Rodrigues, a quem aprendi a amar e construir laços eternos. Obrigado por todos os momentos sejam eles juntos ou distantes, mas sempre perto do coração. Vocês são meus irmãos de coração! Obrigado pela paciência, pelo sorriso, pelo abraço, pela mão que sempre se estendia quando eu precisava. Esta caminhada não seria a mesma sem vocês.

Ao querido amigo e psicólogo Henrique Ferreira por estar sempre comigo e sempre, sempre me auxiliar nas horas mais difíceis. Sou muito grato por tudo que fez e faz por mim, pelas gargalhadas de cada sessão e pelo sorriso. Sem os teus conselhos, que são ouro, não teria me tornado o que sou hoje.

Ao CNPq (processo nº 142193/2016-0) pela bolsa de doutorado e a CAPES (processo nº 88881.187920/2018-01) pela bolsa de doutorado sanduíche no exterior. A empresa Adisseo A Bluestar Company por fornecer o complexo multienzimático testado e financiar parte das análises dos experimentos.

Aos meus amigos por todo apoio e cumplicidade. Porque mesmo quando distantes, estavam presentes em minha vida.

Agradeço a todos os funcionários do Caunesp pelo apoio, amizade e ajuda de sempre.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigado a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa e para o Juliano Coutinho que sou hoje.

“Que todo o meu ser louve ao Senhor, e que eu não esqueça nenhuma das suas bênçãos!” Salmos 103:2.

Sumário

Resumo	1
CAPÍTULO 1 - Revisão bibliográfica	3
2- Referências	8
CAPÍTULO 2 – Uso de complexo multienzimático em dietas extrusadas para tilápias-do-Nilo com níveis de polissacarídeos não amiláceos	11
Resumo	11
Abstract	12
1- Introdução	13
2- Material e métodos	14
3- Resultados	20
4- Discussão	25
5- Referências bibliográficas	30
CAPÍTULO 3- Complexo multienzimático para produção de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas extrusadas contendo níveis proteicos	34
Resumo	34
Abstract	35
1- Introdução	36
2- Material e métodos	37
3- Resultados	46
4- Discussão	55
5- Referencial bibliográfico	59

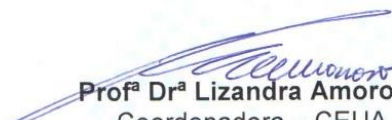
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **"Utilização de complexo multienzimático em dietas práticas para produção de tilápia do Nilo"**, protocolo nº 012041/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 03 de Agosto de 2017.

Vigência do Projeto	01/09/2017 a 20/12/2017
Espécie / Linhagem	Tilápia do Nilo – <i>Oreochromis niloticus</i>
Nº de animais	936
Peso / Idade	100g
Sexo	Machos
Origem	Aquicultura AcquaSanta

Jaboticabal, 03 de Agosto de 2017.


Profª Drª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

Lista de abreviações

AOV: alimentos de origem vegetal
CA: conversão alimentar
CAT: catalase
CDA: coeficiente de digestibilidade aparente
CE: complexo multienzimático
CEUA: comitê de ética no uso de animais
COBEA: Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
CS: consumo médio
CV: coeficiente de variação
EB: energia bruta
ED: energia digestível
EE_{GP}: extrato etéreo no ganho em peso
ER_{EB}: eficiência de retenção de energia bruta
ER_{PB}: eficiência de retenção de proteína bruta
FB: fibra bruta
FDA fibra em detergente ácido
FDN: fibra em detergente neutro
FOA: farinhas de origem animal
g: gramas
G6PDH: glicose-6-fosfato desidrogenase
GP: ganho em peso
GPx: glutationala peroxidase
GR: glutationala redutase
Kg: quilos
L: litro
mL: mililitro
MM: matéria mineral
MS: matéria seca
NS: não significativo
PB: proteína bruta
PB_{GP}: proteína bruta no ganho em peso
PF: peso final
PI: peso inicial
PNA: polissacarídeo não amiláceo
SB: sobrevivência
SOD: superóxido dismutase
TCE: taxa de crescimento específico
TEP: taxa de eficiência proteica
ton: tonelada
U: unidade visco

Lista de tabelas

Capítulo 2

TABELA 1 - FÓRMULAS E COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.	16
TABELA 2 – ATIVIDADES ENZIMÁTICAS QUE COMPÕE O PRODUTO ROVABIO® ADVANCE L2 NA FORMA DE LÍQUIDO E SEUS RESPECTIVOS SUBSTRATOS.	17
TABELA 3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA E MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TILÁPIA-DO-NILO ALIMENTADAS COM DIETAS EXPERIMENTAIS DURANTE 90 DIAS (MÉDIA ± DP).	21
TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE CA E TEP NO ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE PNA E O COMPLEXO ENZIMÁTICO (MÉDIA ± DP).	22
TABELA 5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA E MÉDIAS DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES E DA ENERGIA PARA TILÁPIAS-DO-NILO ALIMENTAS COM NÍVEIS DO COMPLEXO ENZIMÁTICO E POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS (PNA).	23
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE ER _{PB} NO ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE PNA E O COMPLEXO ENZIMÁTICO.	23
TABELA 7 – COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA PROTEÍNA BRUTA E DA ENERGIA BRUTA DAS DIETAS EXPERIMENTAIS CONTENDO ALTO E BAIXO TEOR DE POLISSACARÍDEO NÃO AMILÁCEO (PNA) SUPLEMENTADA COM COMPLEXO ENZIMÁTICO.	24

Capítulo 3

TABELA 1 - FÓRMULAS E COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.	39
TABELA 2 – ATIVIDADES ENZIMÁTICAS QUE COMPÕE O PRODUTO ROVABIO® T-FLEX NA FORMA DE PÓ E SEUS RESPECTIVOS SUBSTRATOS.	40
TABELA 3 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA E MÉDIAS DE DESEMPENHO E DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE TILÁPIAS-DO-NILO ALIMENTADAS COM DIETAS EXPERIMENTAIS DURANTE 60 DIAS.	47
TABELA 4 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA E MÉDIAS DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES E DA ENERGIA PARA TILÁPIAS-DO-NILO ALIMENTADAS COM NÍVEIS DE CARBOIDRASES E POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS.	48
TABELA 5 – ANÁLISES DE VARIÂNCIA E MÉDIAS DAS ATIVIDADES ESPECÍFICAS DAS ENZIMAS DIGESTIVAS (MM.MG PROTEIN-1) DE TILÁPIAS-DO-NILO ALIMENTADAS COM AS DIETAS EXPERIMENTAIS.	49
TABELA 6 – MÉDIAS PARA AS ATIVIDADES ESPECÍFICAS DAS ENZIMAS DIGESTIVAS DE TILÁPIA-DO-NILO NO ESTUDO DAS INTERAÇÕES PBXCE.	50
TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA E MÉDIAS DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SISTEMA ANTIOXIDANTE DE TILÁPIA-DO-NILO ALIMENTADAS COM AS DIETAS EXPERIMENTAIS.	51
TABELA 8 - MÉDIAS PARA AS ATIVIDADES ESPECÍFICAS DAS ENZIMAS DO ESTRESSE OXIDATIVO DE TILÁPIA-DO-NILO NO ESTUDO DAS INTERAÇÕES PBXCE.	52

TABELA 9 - COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA, %) DA PROTEÍNA BRUTA (PB) E DA ENERGIA BRUTA (EB) DE TILÁPIAS-DO-NILO ALIMENTADAS COM AS DIETAS EXPERIMENTAIS. 53

TABELA 10 - MÉDIAS PARA AS ATIVIDADES ESPECÍFICAS DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE TILÁPIA-DO-NILO NO ESTUDO DAS INTERAÇÕES PBXCE. 53

CAPÍTULO 2 – Uso de complexo multienzimático em dietas extrusadas para tilápias-do-Nilo com níveis de polissacarídeos não amiláceos¹

Resumo

O objetivo desse trabalho foi estudar a suplementação de um complexo multienzimático (CE) de carboidrases em dietas para tilápia-do-Nilo contendo dois níveis de polissacarídeos não amiláceos (PNA). Foram utilizados 360 juvenis masculinizados de tilápias-do-Nilo de aproximadamente $27,83 \pm 0,18$ g. Os peixes foram alimentados com dez dietas experimentais extrusadas isoenergéticas e isoproteicas contendo dois níveis de PNA (15 e 26%) e quatro níveis do complexo do multienzimático (CE) Rovabio Advance® L2 na forma líquida (50, 100, 200 e 400 mL/tonelada), além dos tratamentos controle sem adição da enzima. As tilápias foram arraçadas quatro vezes ao dia durante 90 dias. Em geral, as dietas que continham o maior nível de PNA apresentaram as melhores médias para os parâmetros de desempenho e não houve efeitos significativos para a adição de enzimas, exceto para conversão alimentar (CA) e para a taxa de eficiência proteica (TEP). As melhores médias para estes parâmetros foram observadas com o nível enzimáticos 100 mL.ton⁻¹ em dietas com ambos os níveis de PNA. No estudo, a melhor média da eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}), de um modo geral, foi registrada para o tratamento com 200 mL.ton⁻¹ de inclusão do CE no menor nível de PNA; não foram observadas diferenças significativas para o maior nível de PNA. Não houve diferenças nas estruturas histológicas do fígado e do intestino dos animais, independentemente do nível de PNA ou CE. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) apresentaram efeitos positivos para o aumento dos níveis enzimáticos atribuídos às dietas. A suplementação com o complexo multienzimático trouxe efeitos positivos para o desempenho dos animais e esse estudo abre novas perspectivas para novos estudos utilizando um complexo multienzimático em nutrição da tilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: digestibilidade, enzimas exógenas, fibra bruta, histologia hepática

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico submetido à revista Aquaculture.

Abstract

This work aimed to study the supplementation of a multi-enzyme complex (ME) of carbohydrases in diets for Nile tilapia containing two levels of non-starch polysaccharides (NSP). 360 masculinized juveniles of Nile tilapia of approximately 27.83 ± 0.18 g were used. The fish were fed with ten isoenergetic and isoprotein extruded experimental diets containing two levels of NSP (15 and 26%) and four levels of the Rovabio Advance® L2 multi-enzyme complex (ME) in liquid form (50, 100, 200 and 400 mL / ton), in addition to the control treatments without adding the enzyme. Tilapia were fed four times a day during 90 days. In general, the diets that contained the highest level of NSP showed the best averages for the performance parameters and there were no significant effects for the addition of enzymes, except for feed conversion rate (FCR) and for the protein efficiency rate (PER). The best averages for these parameters were observed with the enzymatic level 100 mL.ton⁻¹ in diets with both levels of NSP. In the study, the best mean of the crude protein retention efficiency (CP_{RE}), in general, was registered for the treatment with 200 mL.ton⁻¹ of inclusion of the ME in the lowest level of NSP; no significant differences were observed for the highest level of NSP. There were no differences in the histological structures of the liver and intestine of the animals, regardless of the level of NSP or ME. The apparent digestibility coefficients (ADC) showed positive effects for increasing the enzyme levels attributed to the diets. Supplementation with the multi-enzyme complex brought positive effects to the performance of the animals and this study opens new perspectives for further studies using a multi-enzyme complex in Nile tilapia nutrition.

Key words: digestibility, exogenous enzyme, crude fiber, hepatic histology

1- Introdução

O esperado crescimento do setor de aquicultura aumenta a pressão do uso de ingredientes mais sustentáveis e de novos alimentos para o setor (Tacon e Metian 2015). Os alimentos de origem vegetal (AOV) representam uma alternativa econômica e sustentável em relação as farinhas de origem animal (FOA) (Castillo e Gatlin III 2015). No entanto, a substituição da FOA por AOV pode diminuir o aproveitamento dos nutrientes pelos peixes (Castro et al. 2015).

Alimentos que possam substituir os ingredientes de origem animal na nutrição dos animais monogástricos devem possuir certas características, incluindo ampla disponibilidade, preço competitivo, além de facilidade de manuseio, transporte, armazenamento e uso na indústria de alimentos. Além disso, deve possuir certas características nutricionais, como baixos níveis de fibra, amido, especialmente carboidratos e fibras não solúveis, além de possuir um conteúdo de proteína relativamente alto, perfil de aminoácidos favoráveis, alta digestibilidade dos nutrientes e aceitável palatabilidade (Gatlin et al. 2007).

Alguns danos decorrentes da substituição da FOA por AOV, como inflamação e modificações morfológicas e patológicas no intestino e esteatose no fígado foram relatadas em várias espécies de peixes alimentadas com dietas ricas nesses ingredientes (Olsen et al. 1999, Kortner et al. 2012). Inadequado equilíbrio nutricional, altos teores de fibras ou de carboidratos e a presença de fatores antinutricionais em AOV são possíveis causas para esses efeitos (Gatlin III et al. 2007; Montero e Izquierdo 2010; Castro et al. 2015).

Vários estudos em frangos e suínos mostraram que os alimentos contendo PNA afetam negativamente a digestibilidade dos nutrientes e o crescimento dos animais (Choct e Annison, 1992; Annison, 1993; Bach Knudsen et al. 1993; JøRgensen et al. 1996; Mroz et al. 2000). Em peixes, estudos semelhantes são limitados. Sabe-se que o PNA influencia a viscosidade do quimo. Devido a essas mudanças, a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho do crescimento podem ser reduzidos (Choct, 1997; Sinha et al. 2011). O PNA solúvel na dieta aumenta a viscosidade, diminuindo assim a taxa de passagem e as taxas de difusão de enzimas digestivas e substratos, enquanto o PNA

insolúvel aumenta a taxa de passagem. O PNA pode influenciar a morfologia do intestino e sua função, afetando a secreção endógena de água, lipídios, eletrólitos e proteínas.

A suplementação de carboidrases pode aumentar a utilização dos nutrientes e da energia, pois os PNA reduzem a capacidade de absorção dos nutrientes pela falta de acesso das enzimas endógenas aos substratos para digestão. As carboidrases podem quebrar essas barreiras e melhorar a utilização dos nutrientes, tornando-se uma alternativa para a nutrição de peixes (Adeola and Bedford, 2004).

Desta forma, este estudo foi realizado no intuito de avaliar a possibilidade de usar-se um complexo multienzimático (Rovabio Advance® L2) contendo atividades enzimáticas principais de xilanase e β -glucanase, na forma líquida, sobre o desempenho de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas práticas contendo níveis alto e baixo de polissacarídeos não amiláceos.

3- Resultados

Os peixes consumiram igualmente bem as dietas experimentais e não houve registro de mortalidade durante o período experimental. Os resultados de desempenho (Tabela 3) apresentaram diferenças estatística apenas para o efeito dos níveis de proteína das dietas, onde os peixes alimentados com dietas contendo 36% de PB apresentaram sempre os melhores valores médios. Somente os resultados de consumo (CS) apresentaram diferenças para os níveis do complexo enzimático das dietas, onde os peixes que alimentados com a dieta contendo 50 g/ton obtiveram um maior consumo médio. Os resultados dos parâmetros do desempenho não apresentaram efeitos significativos para interação dos dois fatores estudados ($P>0,05$).

5- Referencial bibliográfico

Abimorad, E.G., Carneiro, D. J., 2004. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1101- 1109.

Adeola, O., Cowieson, A.J., (2011). Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **J. Anim. Sci.** 89, 3189–3218.

Adeoye, A., Jaramillo-Torres, A., Fox, S., Merrifield, D., Davies, S. (2016). 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**, 215, 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.002>.

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods Enzymol* 105, 121–126.

Alliot, E., Febvre, A., Métailler, R., 1974. Les protéases digestives chez un téléosté en carnivore *Dicentrarchus labrax*. **Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.** 14, 229-237.

Alvarez M.J., Lopez-Bote C.J., Diez A, Corraze G., Arzel J., Dias J., Kaushik S.J., Bautista J.M. (1998). Dietary fish oil and digestible protein modify susceptibility to lipid peroxidation in the muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Br J Nutr** 80:281–289.

AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. **Anal. Chem.**, Arlington, VA, 2000.

Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein using the principle of protein dye-binding. **Anal Biochem** 72, 248–254.

Carter, C.G., (1998). Fish meal replacement in aquaculture feeds for Atlantic salmon. Report No. 93/120-05. **Fisheries and Research Development Corporation**, Canberra, Australia.

Castillo, S., Gatlin III, D.M. (2015). Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: a review. **Aquaculture**, 435(1): 286-292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.011>.

Castro C., Pérez-Jiménez A., Coutinho F., Díaz-Rosales P., Serra C.A., Panserat S., Corraze G., Peres H., Oliva-Teles A. (2015). Dietary carbohydrate and lipid sources affect differently the oxidative status of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Cambridge**. Nov 28;114(10):1584-93. DOI: 10.1017/S0007114515003360.

Castro, C., Pérez-Jiménez, A., Coutinho, F., Pousão-Ferreira, P., Brandão, T.M.E., Oliva-Teles, A., Peres. H. (2013). Digestive enzymes of meagre (*Argyrosomus mus regius*) and white

seabream (*Diplodus argus*). Effects of dietary brewer's spent yeast supplementation **Aquaculture**, 416, pp. 322-327.

Cowieson, A.J., Ravindran, V., (2008). Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. **Br. Poult. Sci.** 49, 37–44.

Dalsgaard, J., Verlhac, V., Hjermslev, N.H., Ekmann, K.S., Fischer, M., Klausen, M., Pedersen, P.B. (2012). Effects of exogenous enzymes on apparent nutrient digestibility in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with high inclusion of plant-based protein. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 171 (2012), pp. 181-191.

Farhangi, M., Carter, C. G. 2007. Effect of enzyme supplementation to dehulled lupin-based diets on growth, feed efficiency, nutrient digestibility and carcass composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, 38(12), 1274–1282. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01789.x>.

Felix, N., Selvaraj, S. (2004). Enzymes for sustainable aquaculture. **Aquaculture**. Asia, 9, 5–6.

Flohé, L., Günzler, W.A. (1984). Assay of glutathione peroxidase. **Methods Enzymol** 105, 115–121.

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, G., Hardy, R., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealy, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E., (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquac. Res.** 38, 551–579.

Jiang, T.T., Feng, L., Liu, Y., Jiang, W.D., Jiang, J., Li, S.H., Tang, L., Kuang, S.Y., Zhou, X.Q. (2014). Effects of exogenous xylanase supplementation in plant protein-enriched diets on growth performance, intestinal enzyme activities and microflora of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquac. Nutr.**, 20, pp. 632-645.

Koroleff, F. (1976). Determination of nutrients. In: Granshoffk (ed.). Methods of Seawater Analysis. **Verlag. Chemic. Weinheim.**, p. 117 – 187.

Krogdahl, A., Bakke-Mckellep, A.M., Baeverfjord, G., (2003). Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquac. Nutr.** 9, 361–371.

Li, W., Huan, X., Zhou, Y., Ma, Q., Chen, Y., (2009). Simultaneous cloning and expression of two cellulase genes from *Bacillus subtilis* newly isolated from Golden Takin (*Budorcas taxicolor Bedfordi*). **Biochem Biophys Res. Commun.** 383:397–400.

Lin, S., Mai, K., Tan, B. (2007). Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture Research**, 38(15), 1645–1653. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01825>.

Lopez-Bote, C.J., Diez, A., Corraze, G., Arzel, J., Alvarez, M.J., Dias, J., Kaushik, S., Bautista, J.M. (2001). Dietary protein source affects the susceptibility to lipid peroxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle. **Anim Sci.** 73:443–449.

Maas, R. M., Verdegem, M. C. J., Dersjant-Li, Y., & Schrama, J. W. (2018). The effect of phytase, xylanase and their combination on growth performance and nutrient utilization in Nile tilapia. **Aquaculture**, 487, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.040>.

Mackereth, F.I.F., Heron, J., Talling, J.F. (1978). Water Analyses. London: **Freshwater Biological Association**, 120p.

Magalhães, R., Lopes, T., Martins, N., Díaz-Rosales, P., Couto, A., Pousão-Ferreira, P., Oliva-Teles, A., Peres, H. 2016. Carbohydrases supplementation increased nutrients utilization in white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed high soybean meal diets. **Aquaculture**. 463 (2016) 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.019>.

Martínez-Alvarez, R., Morales, A.E., Sanz, A. (2005). Antioxidant Defenses in Fish: Biotic and Abiotic Factors. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. 15. 75-88. 10.1007/s11160-005-7846-4.

McCord, J.M., Fridovich, I. (1969) Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocuprein. **J. Biol. Chem.** 244, 6049–6055.

Morales, A.E., García-Rejón, L., de la Higuera, M. (1990). Influence of handling and/or anaesthesia on stress response in rainbow trout. Effects on liver primary metabolism. **Comp. Biochem. Physiol.** A 95, 87–93.

Morales, A.E., Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M.C., (2004). Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. **Comp. Biochem. Physiol.** C 139, 153–161.

Nose, T. 1966. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, 7., 1966. **Belgrade**. Proceedings. Belgrade: EIFAC, p.17.

NRC, (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. **The National Academies Press, Washington, D.C.**

Ogunkoya, A.E., Page, G.I., Adewolu, M.A., Bureau, D.P., (2006). Dietary incorporation of soybean meal and exogenous enzyme cocktail can affect physical characteristics of faecal material egested by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**. 254, 466–475.

- Perez-Jimenez, A., Hidalgo, M.C., Morales, A.E., Arizcun, M., Abellan, E., Cardenete, G. (2009). Antioxidant enzymatic defenses and oxidative damage in Dentex dentex fed on different dietary macronutrient levels. **Comp. Biochem. Physiol. Toxicol. Pharmacol.** CBP 150:537–545.
- Puangkaew, J., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe, T., (2005). Antioxidant defense of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and vitamin E contents. **Comp. Biochem. Physiol. C: Toxicol Pharmacol** 140:187–196.
- Sinha, A. K., Kumar, V., Makkar, H. P., De Boeck, G., Becker, K. (2011). Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review. **Food Chemistry**, 127(4), 1409–1426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.042>.
- Soltan M.A. (2009). Growth performance, immune response and carcass traits of broiler chicks fed on graded level of palm kernel cake without or with enzyme supplementation. **Livest. Res. Rural. Dev.** 21.
- Stanogias G, Pearce GR. (1985). The digestion of fibre by pigs. Effects of the amount and type of fibre on physical characteristics of segments of the gastrointestinal tract. **Br J Nutr.** 1985; 53(3): 537-48.
- Stone, D.A.J., Allan, G.I., Anderson, A.J., (2003). Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). IV. Can dietary enzymes increase digestible energy from wheat starch, wheat and dehulled lupin? **Aquac. Res.** 34, 135–147.
- Tacon, A.G.J., Metian, M. (2015). Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 23:1, 1-10, DOI: 10.1080/23308249.2014.987209.
- Tocher, D.R., Mourente, G., Van-Der-Eecken, A., Evjemo, J.O., Diaz, E., Bell, J.G., Geurden, I., Lavens, P., Olsen, Y. (2002) Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.), halibut. **Aquac Nutr.** 8:195–207.
- Vahjen, W., Osswald, T., Schafer, K., Ortwin, S., 2007. Comparison of a xylanase and a complex of non-starch polysaccharide-degrading enzymes with regard to performance and bacterial metabolism in weaned piglets. **Arch. Anim. Nutr.** 61,90–102.
- Wang, X., Lei, X. G., Wang, J. (2014). Malondialdehyde regulates glucose-stimulated insulin secretion in murine islets via TCF7L2-dependent Wnt signaling pathway. **Molecular and Cellular Endocrinology**, vol. 382, no. 1, pp. 8–16.
- Zhou, Y., Jiang, Z., Lv, D., Wang, T., (2009). Improved energy-utilizing efficiency by enzyme preparation supplement in broiler diets with different metabolizable energy levels. **Poult. Sci.** 88, 316–322.

Zhou, Y., Yuan, X., Liang, X., Fang, L., Li, J., Guo, X., Bai, X., He, S., (2013). Enhancement of growth and intestinal flora in grass carp: the effect of exogenous cellulase. **Aquaculture**. 416–417, 1–7.