

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

KEROLAY VALADÃO CARVALHO

Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Toledo

2019

KEROLAY VALADÃO CARVALHO

Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Altevir Signor

Coorientadora: Dra. Jakeline Marcela Azambuja de Freitas

Toledo

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Carvalho, Kerolay Valadão

Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). / Kerolay Valadão Carvalho; orientador(a), Altevir Signor; coorientador(a), Jakeline Marcela Azambuja de Freitas, 2019.

67 f.

Dissertação (mestrado profissional), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2019.

1. Subprodutos de origem animal. 2. Hidrolisados proteicos. 3. Nutrição de peixes. 4. *Oreochromis niloticus*. I. Signor, Altevir. II. Freitas, Jakeline Marcela Azambuja de. III. Título.

KEROLAY VALADÃO CARVALHO

Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profa. Dra. Jackeline M. Dallagnol Brum
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2019.

Local de defesa: Sala 15- Unioeste/*Campus* de Toledo.

DEDICATÓRIA

A minha família
e a força Divina que me faz levantar todos os dias...

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e ao universo pela presença Divina em minha vida, pelo discernimento e fazer luz ao despertar de minha consciência, obrigado pela oportunidade da “Vida”.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pelo oferecimento do programa de pós-graduação para qualificação concedida.

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento da bolsa de mestrado concedida, por auxiliar jovens pesquisadores assim como eu à transformarem suas vidas através da educação.

À BRF *Ingredients*[®] por auxiliarem no desenvolvimento deste estudo.

À minha família por serem uma força que impulsiona a conquista de meus objetivos, em especial à minha vó/mãe Thereza Valadão de Carvalho e minha mãe Rosemira Valadão Carvalho e meus irmãos, Kalmon Valadão Tavares e Eloá Valadão Tavares.

Gabriel Arruda, meu companheiro, cúmplice e amor, por estar ao meu lado em momentos tão difíceis sempre segurando minha mão, você fez parte do meu crescimento pessoal e também profissional, gratidão, obrigado por tudo.

Menção de agradecimento a minha eterna orientadora Maricília Arruda por todo conhecimento que me repassou, tudo que me ensinou foi e é fundamental para minha jornada acadêmica, postura e formação do meu perfil profissional, gratidão por todo compartilhamento.

Ao Grupo GEMaQ pelo suporte para desenvolvimento das pesquisas, pelos colegas e técnicos da Unioeste que tive a oportunidade de trabalhar, por acrescentarem positivamente no nosso dia a dia e no nosso trabalho.

Aos professores Wilson Boscolo, Fábio Bittencourt por auxiliarem durante passagem do mestrado, oportunizado desenvolver atividades em projetos pesquisa e acrescentado conhecimento.

Ao professor e orientador Altevir Signor pela oportunidade concedida, pelo auxílio para o desenvolvimento do mestrado e dos projetos de pesquisa.

A coorientadora Jaqueline Freitas pelo apoio, pela acessibilidade, suporte para sanar os questionamentos.

Obrigado a todos que de alguma forma contribuíram durante esses dois anos para minha formação acadêmica.

“Some people live for the fortune
Some people live just for the fame
Some people live for the power, yeah
Some people live just to play the game
Some people think that the physical things
Define what’s within
And I’ve been there before
But that life’s a bore
So full of the superficial”
Alicia Keys

Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar dietas contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno (HPM) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizados 336 alevinos de tilápia do Nilo (peso médio inicial $1,42 \pm 0,03$ g) distribuídos em 28 caixas de 70L com 4 repetições por tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e conduzido por 28 dias. Sete dietas isoproteicas e isoenergéticas foram avaliadas, sendo uma delas isenta de hidrolisado e de farinha de peixe (controle negativo), uma segunda isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe (controle positivo), e outras cinco dietas com inclusão de 1, 2, 3, 4 e 5 (%) de hidrolisado proteico misto. Os resultados foram submetidos ao teste de homogeneidade de *Levene*, seguido de *Kruskal-Wallis* para médias não homogêneas e de *one-way* (ANOVA) pelo teste de *Tukey* ($P < 0,05$) para médias homogêneas. As dietas com inclusão de HPM para alevinos de tilápia do Nilo em fases iniciais para parâmetros de desempenho zootécnico determinou valores de comprimento médio final maiores para os tratamentos com inclusão do hidrolisado e significativo para a inclusão de 1%, os índices hepatossomáticos, gordura visceral e a eficiência de utilização de nutrientes não houveram efeitos significativos ($P \geq 0,05$). As avaliações histomorfométricas do intestino demonstraram que o hidrolisado pode ter relação com a manutenção da saúde do tecido intestinal, conseqüentemente, podendo estar vinculado a aspectos morfométricos dos núcleos dos hepatócitos, sugerindo maiores níveis metabólicos para os tratamentos com inclusão de 3%, que apresentaram valores de perímetro, área e volume dos núcleos significativamente maiores que os tratamentos controle negativo, como também para o controle positivo e 1% com exceção da variável de volume do núcleo, com valores significativamente maiores para 3% e 5% em relação ao controle negativo. A análise de vacuolização do tecido hepático demonstrou que o tratamento controle negativo apresentou vacuolização severa, os tratamentos controle positivo apresentou tecido hepático normal, de modo que as inclusões de 3 e 5 % apresentaram condição de vacuolização normal ou pouco vacuolizada. Para a composição centesimal da carcaça foi verificado maior deposição de matéria mineral para o tratamento 5%. Sugere-se a inclusão de HPM em níveis de 3% de inclusão na dieta para alevinos de tilápia do Nilo como alternativa ao uso da farinha de peixe

com ingredientes proteicos de origem vegetal para manutenção das condições morfofuncionais do intestino e do tecido hepático.

Palavras-chaves: Subprodutos de origem animal, hidrolisados proteicos, nutrição de peixes, histomorfometria, *Oreochromis niloticus*.

Mixed protein hydrolysate of poultry and swine liver by-products in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate diets containing different levels of inclusion of mixed protein hydrolysate of poultry and swine by-products (MPH) in feed of fingerlings of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Were used 336 fingerlings of tilapia of Nile (initial average weight $1,41 \pm 0,01$ g), distributed in 28 boxes of 70 liters with four replicates by treatment. The experimental design was entirely randomized and conducted by 28 days. Seven diets isoproteic and isoenergetic were evaluated, being one of them free of hydrolysate and fish meal (negative control), a second hydrolysate-free and containing fish meal (positive control), and other five diets with inclusion of 1, 2, 3, 4, 5 (%) of mixed protein hydrolysate. The results were submitted to homogeneity test of Levene, followed by Kruskal-Wallis for non-homogeneous averages and one-way (ANOVA) for Tukey test ($P > 0,05$) for homogeneous means. Diets with inclusion of mixed protein hydrolysate for fingerlings of Nile tilapia in early stages for performance exhibited final mean length values more for the treatments with inclusion of hydrolysate and significant for inclusion of 1%, hepatosomatic indexes, visceral fat and nutrient utilization efficiency there were didn't significance effects ($P \geq 0,05$). The histomorphometric of intestine demonstrated that hydrolysate might be related to maintaining the health of intestinal tissue, consequently, can be linked to morphometric aspects of hepatocyte nucleus, suggesting higher metabolic levels for treatments with inclusion of 3%, that exhibited values of perimeter, area, and volume nuclear significantly higher than the negative control treatments as well as for the positive control and 1% with the exception of the nuclear volume variable, with values significantly higher for 3% and 5% in relation to the negative control. The analysis of vacuolization of liver tissue demonstrated that the treatment positive control showed normal liver tissue, so that inclusions of 3 and 5% were normal or little vacuolated vacuolization condition. For the centesimal composition of the carcass was verified higher deposition mineral matter for the treatment 5%. It is suggested to include mixed protein hydrolysates at levels of 3% inclusion in the diet for Nile tilapia fingerlings as an alternative to the use of fish meal with protein ingredients of vegetal origin to maintain the morphofunctional conditions of the intestine and liver tissue.

Keywords: Animal by-products, protein hydrolysates, fish nutrition, histomorphometry, *Oreochromis niloticus*.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
Disponível em: <www.abnt.org.br>*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Aquicultura: produção de peixes	17
2.2 Subprodutos como alternativa de fontes proteicas.....	18
2.3 Hidrolisados proteicos	19
2.4 Fibras musculares.....	21
2.5 Intestino de peixes.....	22
2.6 Fígado de teleósteos	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
4. OBJETIVO	33
4.1 Objetivos específicos	33
5. MATERIAIS E MÉTODOS	33
5.1 Dietas experimentais.....	33
5.2 Delineamento, estrutura e procedimentos	34
5.3 Parâmetros de desempenho zootécnicos e utilização da dieta.....	34
5.4 Análises histológicas (músculo, intestino e fígado)	35
5.5 Análises de composição centesimal	36
5.6 Análise Estatística.....	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1 Desempenho zootécnico e utilização das dietas.....	37
6.2 Morfometria das fibras musculares	38
6.3 Morfometria de estruturas teciduais do intestino	39
6.4 Morfometria nuclear de hepatócitos e vacuolização	41
6.5 Análises bromatológicas	44
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Fotomicrografia de corte transversal da musculatura de *Oreochromis niloticus* coloração em HE. Foto (A) Aumento de 10x. Foto (B) aumento de 40x. 64
- Figura 2.** Fotomicrografia de corte transversal do intestino de *O. niloticus* coloração em HE. (A) Aumento de 10x. (B) aumento de 40x. Letras correspondente medições: 1) Largura do vilo; 2) Altura do vilo; 3) Alt. total do vilo; 4) Alt. de túnica muscular 64
- Figura 3.** Fotomicrografia do tecido hepático de *O. niloticus* em coloração em HE. Aumento de 100x. 64
- Figura 4.** A= Fígado normal. Hepatócitos abundantes, coloração do tecido homogênea. Vasos e áreas de hepatopâncreas bem definidos (0). vs= Vaso sanguíneo; hp: hepatopâncreas. B= Aspecto geral do tecido hepático com vacuolização (1). Pequena variação na homogeneidade do tecido, presença de pequenos vacúolos. C= Tecido hepático com vacuolização média (2). Vacúolos mais visíveis. hp= hepatopâncreas, → região de vacúolos. D= Vacuolização intensa. Vacúolos facilmente visíveis e ocupando grande parte do tecido. vs= vasos sanguíneos, → vacúolos (3). H.E. 10x aumento. 64
- Figura 5.** A= Hepatócito. Limite celular definido e núcleo bem marcado. vs=vaso sanguíneo, →núcleo do hepatócito de escore de vacuolização (0). B= Presença de pequenos vacúolos intracelulares, mas sem alteração de formato e posicionamento do núcleo dos hepatócitos. vs= vaso sanguíneo, → vacúolos, escore (1). C= Hepatócitos com vacúolos aparentes e mais volumosos, escore (2). D= Hepatócitos com vacúolos. Notar a perda do formato celular. Vacúolos ocupando grande parte do citoplasma e deslocamento nuclear. → vacúolo; - - > núcleo periférico, escore (3). H.E. 40x aumento.. 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Revisão sobre a utilização de hidrolisados proteicos de subprodutos de origem animal e os aspectos positivos relatados na experimentação com diversas espécies de peixes.	31
Tabela 2. Revisão sobre a inclusão/substituição de farinhas de origem de animais terrestres em dietas de organismos aquáticos.....	32
Tabela 3. Composição proximal calculada (%) das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado proteico de subprodutos de aves e suínos para alevinos de tilápia do Nilo.....	54
Tabela 4. Análise de composição centesimal das dietas experimentais.....	55
Tabela 5. Composição de aminoácidos (g kg ⁻¹) do hidrolisado incluso nas dietas experimentais.	56
Tabela 6. Valores médios de desempenho de alevinos de tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado misto proteico de subprodutos de aves e fígado suíno.....	57
Tabela 7. Utilização de nutrientes pelos alevinos de tilápia do Nilo com as dietas experimentais por 28 dias.	58
Tabela 8. Frequência de fibras de músculo branco em classes de diâmetros – <10, 10-20, 20-30, 30-40 e >40, em alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado misto proteico de subprodutos de aves e fígado suíno.	59
Tabela 9. Morfometria do intestino (µm), medidas de altura do vilo, altura total do vilo, largura do vilo e tamanho da túnica muscular.....	60
Tabela 10. Morfometria dos núcleos de hepatócitos de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas com inclusão de HPM.....	61
Tabela 11. Resumo da ocorrência dos vacúolos analisados de fígados de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com as diferentes dietas experimentais.....	62
Tabela 12. Análise centesimal da carcaça dos alevinos com vísceras na matéria natural alimentados com diferentes dietas experimentais.....	63

1. INTRODUÇÃO

Com a produção de pesca por captura relativamente estática desde o final dos anos 80, em anos recentes a exploração dos estoques pesqueiros atingiu 77% da capacidade exploratória e encontra-se totalmente explorados, superexplorado ou esgotados, sendo assim, a aquicultura tem sido responsável pelo contínuo crescimento impressionante no fornecimento de peixes para consumo humano. A produção global de peixe atingiu o pico em cerca de 171 milhões de toneladas em 2016, e a aquicultura representa 47% do total (FAO, 2018; LUCAS, 2015).

Entre os peixes cultivados, a tilápia do Nilo destaca-se na cadeia produtiva, devido à sua fácil reprodução, carne branca e de alta qualidade, baixos custos de produção podendo inclusive, ser cultivada em locais com alta salinidade e baixas temperaturas, além de ter papel de impacto socioeconômico (VICENTE et al. 2014); (BARROSO et al. 2018).

A tilapicultura têm participação importante nos cultivos aquícolas no Brasil com grande volume produzido. Segundo dados de Barroso et al. (2018) o Brasil está entre os 10 principais produtores de tilápia no mundo. A média anual de crescimento é de 14% nos últimos 10 anos (IBGE, 2015). Ainda segundo Barroso et al. (2018) a tilapicultura está em expansão em vários países no continente Africano, na América Latina e Ásia. No Brasil por suas condições favoráveis à criação e riqueza de recursos hídricos, a criação de tilápia têm potencial para crescer se consolidando industrialmente, contribuindo tanto para a segurança alimentar e crescimento econômico, principalmente regional (BARROSO et al. 2018).

Na produção de organismos aquáticos, a qualidade alimentar das dietas é de grande importância, por questões econômicas e de saúde animal. Ingredientes proteicos compõem cerca de 25 a 70% ou mais do total de ingredientes da formulação da ração. A proteína possui principal função nutricional, mas também atua em funções de absorção de água, elasticidade e aglutinação. A ração é o principal insumo da produção aquícola, a relação benefício custo favorável ao produtor é fator condicionante de propostas de pesquisas para avaliação de diferentes tipos de ingredientes com funções nutricionais (BARONE, 2017). Uma das principais fontes de proteína nas rações de tilápia é a farinha de peixe, pelas características nutricionais proteicas, porém pesquisas para a substituição da farinha de peixe estão sendo realizadas a fim de viabilizar uma ração que contenha matérias primas de baixo custo, alto valor nutricional, com boa digestibilidade refletindo assim em melhores ganhos produtivos (MORO, 2015).

Atualmente as dietas formuladas para peixes tem utilizado como substituição de ingredientes proteicos como a farinha de peixe, fontes provenientes de origem animal, tais como subprodutos da agroindústria, como as farinhas de sangue, hidrolisado de penas, carne, carne e

ossos, vísceras de frango e resíduo de pescado (MORO, 2015). Segundo FAO (2018) subprodutos das indústrias de abates de produção animal estão sendo utilizados cada vez mais como recurso de fontes proteicas, utilizados de forma eficiente com tecnologias de processamento. Com melhor eficiência no aproveitamento destes resíduos, sendo produzidos farinhas e hidrolisados proteicos na inclusão em alimentação animal.

A indústria e pesquisas têm demonstrado interesse na produção de hidrolisados proteicos a partir de subprodutos de carne suína, bovina, ovina e de aves, pesquisas revelam que tais hidrolisados podem ser utilizados como palatibilizantes, como suplemento proteico, além de serem fonte de nutrientes como aminoácidos essenciais e atuar como ingrediente funcionais como peptídeos bioativos (CHALAMAIAH et al. 2012; TOLDRÁ & REIG, 2011; MORA et al. 2014; ROCHA, 2014; GOOSEN et al. 2014).

Para o hidrolisado proteico proveniente de subprodutos de aves e de suínos ainda há poucos estudos a respeito da inclusão na alimentação de organismos aquáticos, verificando apenas três estudos especificamente de hidrolisado de fígado suíno, com espécies distintas, sendo com Surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*) (LEWANDOWSKI et al. 2013), pintado Real® (*Pseudoplatystoma sp*) (DIETERICH, 2014) e *Salminus brasiliensis* (LORENZ et al. 2018) observando em suas avaliações efeitos positivos com a inclusão do hidrolisado na dieta. Para avaliação da inclusão de hidrolisados de subprodutos de aves para alimentação de pós larvas de tilápia do Nilo em pesquisa realizada em nosso laboratório (dados não publicados) verificou-se resultados de melhora em parâmetros de desempenho zootécnico como peso final, comprimento final, ganho de peso e taxa de crescimento específico, dessa forma o estudo de hidrolisado proteico misto de suíno e aves é um estudo inédito em peixes. Portanto informações sobre a adição/complementação/substituição de hidrolisados em substituição à farinha de peixe na alimentação de organismos aquáticos é de suma importância, visto as questões ambientais e também econômicas. A revelação de análises e resultados sobre introdução de hidrolisados de diferentes subprodutos na dieta animal contribui para potenciais alternativas de aproveitamento de subprodutos de origem animal como fontes proteicas que não competem com o consumo humano e que possam ser eficientemente aproveitadas e potencializadas suas funcionalidades proteicas, podendo gerar uma alimentação animal de melhor qualidade nutricional, de menor custo e de forma sustentável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aquicultura: produção de peixes

Cerca de um quarto do peso da produção aquícola é de bivalves (mexilhões, mariscos, ostras); outro quarto é de algas marinhas e algas. Toda outra metade corresponde a produção de peixes. O crescimento exponencial da aquicultura está relacionado ao aumento médio de 8% ao ano nos continentes asiático e africano nos últimos anos, considerando essa expansão exponencial principalmente na produção em zonas costeiras e água doce em águas interiores pode-se considerar como uma revolução marrom (LUCAS, 2015).

Em 1961 o consumo de peixes era de 9,0 kg e, atualmente, em 2015, o consumo passou para 20,2 kg per capita, com uma taxa média de 1,5% ao ano. Além disso, as previsões para os próximos levantamentos para os anos de 2016 e 2017 apontam para um crescimento para até 20,5 kg. O maior país produtor de peixe atualmente é a China, produziu mais do que o resto do mundo combinados todos os anos desde os anos 90. Os outros países produtores em 2016 que se destacaram foram a Índia, Indonésia, Vietnam, Bangladesh, Egito e Noruega (FAO, 2018).

A tilapicultura é hoje o principal produto da aquicultura brasileira. Atualmente, países da América Latina como Brasil, México, Honduras e Costa Rica estão entre os grandes produtores mundiais, juntamente com os países asiáticos como China, Tailândia, Indonésia e Malásia, além do Egito, na África (BARROSO et al. 2015).

A tilápia possui um grande papel na produção piscícola no Brasil, por todas as características favoráveis de produção a tilápia têm se mostrado com perspectivas de estar em destaque por muitos anos na cadeia produtiva do país. O aporte de conhecimento gerado durante anos dentro e fora do Brasil sobre manejo em diferentes fases de vida, reprodução, nutrição, melhoramento genético contribui para seu estabelecimento. Além disso, a sustentabilidade do segmento está na oferta do produto final de alta qualidade fornecido com regularidade, com alta aceitação no mercado interno, ligado à capacidade de gerar empregos e promover desenvolvimento (BARROSO et al. 2018).

A produção de organismos aquáticos pode ter relevante papel no subsídio de fonte proteica alimentar para as futuras gerações, que com perspectivas de aumento populacional do planeta e as alterações climáticas podem trazer desafios para fornecimento de comida no planeta, dessa forma é relevante o desenvolvimento de pesquisas que possam elucidar e trazer contribuições para produção da aquicultura e piscicultura para modelos mais sustentáveis ambientalmente e economicamente para que nas próximas décadas possam ter alternativas de suprimentos alimentares para a população mundial.

2.2 Subprodutos como alternativa de fontes proteicas

A farinha de peixe e o farelo de soja são as fontes proteicas mais comumente utilizadas nas formulações das dietas de organismos aquáticos, mas estão associadas a problemas ambientais, econômicos ou de produção. A produção de “*aquafeeds*” ainda é dependente da farinha de peixe mesmo com suplementação de outras fontes proteicas. Além de critérios nutricionais na busca de produtos alternativos para substituição da farinha de peixe outro critério relevante é a disponibilidade regular em quantidade, o valor econômico, não concorrência com recursos humanos como água, terra ou mesma fonte de consumo, sendo ambientalmente sustentável. Além disso, tais produtos estão associados com impactos ambientais, por exploração excessiva dos recursos naturais, flutuação de preços dos alimentos ainda com problemas de qualidade para produção (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2016).

Portanto a indústria da aquicultura e as pesquisas científicas têm voltado a atenção para a redução da utilização de farinha de peixe devido sua grande demanda, visando a melhora da utilização de outras fontes proteicas (WU et al. 2018). A outra parte da cadeia produtiva, a indústria produtora de ração tenta otimizar o produto final, reduzindo os custos, ter alta eficiência e boa qualidade do produto final (IWASHITA et al. 2014).

Em contrapartida o aumento do consumo humano de produtos pesqueiros e da aquicultura tem impulsionado a cadeia produtiva e em consequência os desperdícios gerados (FAO, 2018). Segundo Hamilton (2016) na indústria da carne durante o abate e o processamento 33 e 43% do peso vivo do animal é removido e descartado como resíduo não consumível. A indústria do processamento é de suma importância, pois sem sua atuação o acúmulo de resíduos não processados de animais traria problemas de atuação do setor de produção de carne além de representar sério risco potencial a saúde animal e humana.

Subprodutos de origem animal estão sendo utilizados para compor os níveis balanceados de proteínas nas dietas de animais, como de animais aquáticos. O Brasil é um dos produtores de proteína animal consequentemente maior produtor de subprodutos de origem animal, tais subprodutos são alimentos proteicos que podem ser equiparados à farinha de peixe (PEZZATO et al. 2009). O Brasil sendo um dos maiores produtores e exportadores de proteína animal no mundo, têm recursos para agregar valores nos subprodutos advindos dos abatedouros, desenvolvendo produtos para a área farmacêutica com peptídeos bioativos, na área agrônômica com fertilizantes e na área de nutrição animal na suplementação proteica nas dietas tanto de animais domésticos como no setor agropecuário, aviário, na suinocultura como também na aquicultura (TOLDRÁ et al. 2016).

Os subprodutos cárneos dos abatedouros de carne bovina, suína e de aves são fontes proteicas que fornecem em abundância aminoácidos essenciais para dieta animal (TOLDRÁ et al. 2012), proporcionando dietas com alto valor nutricional colaborando para manutenção da saúde e bom desempenho zootécnico. Pode-se verificar vários estudos onde demonstram a eficácia ou a manutenção da dieta com bom aproveitamento de diferentes espécies de peixes com a inclusão de subprodutos de origem animal em substituição à farinha de peixe como alternativa de fonte proteica (Tabela 1), como por exemplo tais subprodutos transformados em farinhas e hidrolisados, podendo ser utilizadas separadamente, ou em conjunto para proporcionar baixo custo das dietas com qualidade nutricional.

Segundo Pezzato et al. (2009) para proporcionar saúde aos peixes confinados e minimizar impactos ambientais, o conhecimento dos valores nutritivos da alimentação fornecida é essencial para o adequado balanceamento de acordo com a espécie e as diferentes fases de vida. Com o sistema intensivo de cultivo se estabelecendo, a atenção está voltada para a nutrição dos peixes de forma que possam suportar rápido crescimento e o estresse a que estão constantemente expostos, minimizando desta forma as possíveis perdas. Em concordância com tais pontos relevantes, propostos por Pezzato et al. (2009) as fontes proteicas advindas dos subprodutos cárneos têm se mostrado com perspectivas positivas para suplementação nas dietas para alimentação animal.

2.3 Hidrolisados proteicos

Resíduos de biomassa animal são excelentes fontes proteicas. Os aminoácidos são responsáveis pela formação das proteínas, os organismos vivos se diferem pela capacidade em sintetizar os 20 aminoácidos comuns. As plantas, fungos, leveduras e a maioria das bactérias podem sintetizar todos os 20 aminoácidos (lisina, histidina, leucina, isoleucina, valina, metionina, treonina, triptofano, fenilalanina e glutamato, glutamina, glicina, serina, alanina, aspartato, asparagina, cisteína, tirosina, arginina, prolina), diferentemente dos animais, que geralmente sintetizam apenas aqueles aminoácidos com vias biosintéticas simples (glutamato, glutamina, prolina, alanina, serina, glicina, cisteína, aspartato, asparagina, tirosina e arginina), com ressalva da arginina que é considerada um aminoácido essencial para animais jovens. Portanto, os aminoácidos são classificados como essenciais e não essenciais para os animais. Os aminoácidos essenciais (AAE) são de grande importância ao desenvolvimento dos animais, uma vez que estes não são capazes de sintetizá-los, devendo ser obtidos através dos alimentos. Já os aminoácidos não essenciais (AANE) são sintetizados no próprio organismo (NELSON & COX, 2011; SNUTAD, 2013). A manutenção da vida e crescimento dos organismos, são

resultantes da exigência de aminoácidos que deve ser ingerido complementando a carga nutricional que cada indivíduo necessita. Segundo D’Mello (2003) o déficit de aminoácidos seja ele essencial ou não essencial prejudica na síntese de proteínas e outros processos fisiológicos, pois a formação de um polipeptídeo depende da presença de diversos aminoácidos. No entanto, deficiências dietéticas de aminoácidos essenciais podem ter efeitos particulares ou distintos. Em peixes as proteínas (produto do conjunto de aminoácidos) constituem 65 a 75% do total de matéria seca corporal, sendo responsáveis pelas estruturas (músculo, colágeno e queratina) e mecanismos de regulação do metabolismo (enzimas e hormônios), transporte (hemoglobina) e defesa (anticorpos) (PORTZ & FURUYA, 2012).

A obtenção de aminoácidos essenciais pode ocorrer não somente através do processo metabólico *in vivo* mas também é possível de forma *in vitro* através de reações químicas e enzimáticas. A hidrólise de proteínas desperta interesse do âmbito da indústria farmacêutica e alimentícia tanto para alimentos para consumo humano e produção de dietas para animais, pois a hidrólise proporciona características de melhoramento nutricional, retardamento da deterioração, aumento ou diminuição da solubilidade, aumento das propriedades espumantes ou coagulantes, aumento da capacidade emulsificante, remoção de sabores, odores (SGARBIERI, 1996).

Considera-se a hidrólise enzimática ser a mais indicada para finalidade nutricional (CENTENARO, 2011), podendo assim ser classificada de acordo com o grau de hidrólise e com a sua aplicação, agrupando-se em três classes: a) hidrolisados com baixo grau de hidrólise, para melhoria das propriedades funcionais; b) hidrolisados com grau de hidrólise variável, para a utilização como aromatizantes; c) altamente hidrolisados, usados em alimentos para fins especiais (VIOQUE et al. 2006). A hidrólise enzimática de polímeros em alimentos, como por exemplo, de proteínas, é um processo importante que tem sido utilizado para melhorar propriedades físicas, químicas e funcionais dos alimentos, sem depreciar seu valor nutritivo, melhorando, principalmente, as características de absorção das proteínas. A análise das propriedades funcionais dos hidrolisados proteicos independe da matéria-prima da qual eles são obtidos podendo ser utilizados dentro da indústria alimentícia ou farmacêutica (OLIVEIRA, 2013).

A qualidade dos hidrolisados depende da fonte proteica, do grau de hidrólise e do método hidrolítico (KOTZAMANIS et al. 2007). Além de disponibilizar aminoácidos na dieta podendo transformá-la em dieta de alto valor nutricional, pequenos peptídeos bioativos de 2 a 30 aminoácidos podem ter funções bioativas no organismo (PIHLANTO-LEPPÄLÄ, 2001).

Os peptídeos bioativos são pequenos fragmentos de proteína com atividades biológicas benéficas que podem ser produzidos durante o processo de trânsito gastrointestinal *in vivo* ou então, por digestão pelos processos de hidrólise de proteínas *in vitro*. Por isso, os peptídeos bioativos tem sido alvo de muitas pesquisas relacionadas às atividades antioxidantes, antimicrobiana e anti-hipertensiva (VIOQUE et al. 2006 GOBBETTI et al. 2002; PIHLANTO & KORHONEN, 2003). Para Uczay (2017) é mais interessante o aproveitamento de resíduos para produção de hidrolisados brutos na nutrição, pois pode combinar benefícios de peptídeos bioativos e valor nutricional dos aminoácidos. Na Tabela (2) pode ser observado uma série de estudos com avaliações de hidrolisados proteicos para peixes. Os diferentes estudos revelam efeitos positivos na utilização dos respectivos hidrolisados nas dietas de diferentes espécies estudadas, em geral os resultados apresentam melhora nos parâmetros de desempenho produtivo ou no metabolismo dos peixes se utilizando de hidrolisados proteicos.

2.4 Fibras musculares

Segundo Lovell (1998) o crescimento verdadeiro em termos zootécnicos é o aumento no tecido muscular (liso e estriado), esquelético e dos órgãos, enquanto que o aumento do ganho de peso pode representar um aumento no tecido adiposo. O tecido muscular é o principal produto comercializável em peixes cultivados para alimentação, por isso fatores como tamanho do peixe, taxa de alimentação e composição da dieta estão diretamente ligados ao desempenho produtivo, com maior desenvolvimento muscular ou até influenciando o conteúdo lipídico no corpo do peixe.

A nutrição é um dos fatores que podem contribuir diretamente no crescimento das fibras musculares. Segundo SALOMÃO et al. (2018) as medições mais comuns para crescimento de animais, principalmente domésticos são baseadas em alterações no peso, porém o animal durante seu desenvolvimento também altera as proporções de tecido, como por exemplo o músculo. Diversos estudos têm relacionado a nutrição com avaliações dos diâmetros das fibras musculares, de modo a verificar ocorrência de hiperplasia ou hipertrofia em peixes (NEU et al. 2017; YAMASHIRO et al. 2016; ROWLERSON & VEGGETTI, 2001; ASSIS et al. 2004; VALENTE et al. 1999). A identificação morfométrica das fibras musculares é utilizada em diversos estudos principalmente em fases iniciais do desenvolvimento para inferir possíveis efeitos positivos da relação com alimentação, bem-estar e crescimento dos peixes (YAMASHIRO et al. 2016).

2.5 Intestino de peixes

Rotta (2003) afirma que os peixes apresentam múltiplas variações da estrutura básica do trato gastrointestinal dos vertebrados, as quais estão geralmente correlacionadas ao tipo de alimento consumido e ao ambiente, e podem influenciar a presença, posição, formato e tamanho de um órgão em particular. Deve-se destacar que peixes onívoros e herbívoros apresentam a capacidade de alterar a estrutura e as propriedades absorptivas do seu sistema digestivo em resposta a mudanças na dieta, sendo substrato dependentes. O intestino possui uma série de dobras ou pregas: as vilosidades intestinais. Essas vilosidades apresentam, no seu interior, capilares arteriais que levam sangue para seu interior, e capilares venosos, que retiram o sangue e os nutrientes absorvidos. As vilosidades são revestidas por células epiteliais chamados de enterócitos.

Segundo GENTEN et al. (2004) a mucosa muscular quando presente geralmente consiste em uma fina camada de células do músculo liso, no sentido longitudinal. A submucosa geralmente é composta de um tecido conjuntivo frouxo contendo vasos sanguíneos e células. Na maioria dos peixes, a camada muscular (músculo liso) do intestino tornou-se bem desenvolvido para garantir a atividade peristáltica.

Sendo a mucosa o elemento funcional do intestino delgado, esta pode ser caracterizada como uma camada permeável a nutrientes e barreira contra compostos nocivos. A competição entre bactérias e hospedeiro e fatores antinutricionais podem levar a formação de metabólitos depressores do crescimento no intestino que podem ter efeitos negativos sobre a mucosa do intestino delgado além de outras estruturas como camada muscular e deformação das vilosidades (VAN LEEUWEN, 2002).

As proteínas e aminoácidos são absorvidas no intestino. As proteínas podem ser absorvidas de forma intacta por pinocitose ou na forma de di e tripeptídeos. As proteínas são posteriormente hidrolisadas dentro dos enterócitos. Proteínas são absorvidas, em boa parte, como aminoácidos. A absorção dos aminoácidos na membrana apical do enterócito de muitos peixes ocorre através de transportadores específicos dependentes de Na^+ e por difusão. Do enterócito o aminoácido passa por difusão para os capilares sanguíneos existentes nas vilosidades intestinais (BALDISSEROTO, 2002).

2.6 Fígado de teleósteos

O fígado de peixe possui funções semelhantes aos de mamíferos como assimilação de nutrientes, produção de bile, desintoxicação, manutenção da homeostase metabólica do

organismo (processamento de carboidratos, proteínas, lipídios e vitaminas). Possui participação na síntese de proteínas plasmáticas, como albumina, fibrinogênio (GENTEN et al. 2004).

Na formulação de dietas para peixe é comum haver a substituição da farinha de peixe por outras fontes, é comum a substituição proteica seja de fonte animal ou vegetal, porém mesmo em níveis baixos de substituição pode ocasionar efeitos no organismo do peixe, ocorrendo primariamente no sistema digestivo (RASKOVIC et al. 2011). A qualidade da alimentação pode influenciar na estrutura do fígado sendo as análises histológicas do sistema digestivo considerado um bom indicador do status nutricional do peixe (CABALLERO et al. 1999; 2003).

A histologia do fígado varia entre as espécies, mas existem características gerais que são encontradas na maioria das espécies. A estrutura hepática normalmente varia em relação com gênero, idade, disponibilidade de alimentos (especialmente em relação ao glicogênio e conteúdo de gordura), ou temperatura e com o sistema endócrino, sendo influenciados fortemente pelas condições do meio. (GENTEN et al. 2004).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, J. M. F.; CARVALHO, R. F.; BARBOSA, L. AGOSTINHO, C. A.; PAI-SILVA, M. D. Effects of incubation temperature on muscle morphology and growth in the pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**. v. 237, p. 251-267, 2004.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria, 2002.

BARONE, R. S. C. Ração é o principal insumo da produção aquícola. **CNA Brasil (Ativos Aquicultura)**. ano 3, 13ª ed., p. 8, jun/2017.

BARROSO, M. R.; TENÓRIO, R. A.; FILHO, M. X. P.; WEBBER, D. C.; BELCHIOR, L. S.; TAHIM, E. F.; CARMO, F. J.; MUEHLMANN, L. D. **Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais**. 1ª ed., Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015.

BARROSO, R. M.; MUÑOZ, A. E. P.; TAHIM, E. F. WEBBER, D. C.; FILHO, A. DA C. A.; FILHO, M. X. P. Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil. **Embrapa Pesca e Aquicultura**. 1ª ed., p. 181, Brasília, DF, 2018.

CABALLERO, M. J.; LÓPEZ-CALERO, G.; SOCORRO, J.; ROO, F. J.; IZQUIERDO, M. S.; ERNANDEZ, A. J. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**. v. 179, n. 1-4, p. 277-290, 1999.

CABALLERO, M.J., IZQUIERDO, M.S., KJØRSVIK, E., MONTERO, D., SOCORRO, J., FERNÁNDEZ, A.J., ROSENLUND, G. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. **Aquaculture**. v. 225, p. 325-340, 2003.

CENTENARO, G. S. **Obtenção de biopeptídeos com atividade antioxidante a partir de proteínas de origem animal**. 2011. 153 f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande (Escola de Química e Alimentos). Rio Grande, RS, 2011.

CHALAMAIAH, M.; KUMAR, B. D.; HEMALATHA, R.; JYOTHIRMAYI, T. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidante activities and applications: A review. **Food Chemistry**. v. 135, p. 3020-3038, 2012.

D'MELLO, J. P. F. **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2^a ed. London : British Library, 2003.

DECARLI, J. A. **Hidrolisados proteicos na alimentação do jundiá (*Rhamdia voulezi*) em tanques- rede**. 2013. 30f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR, 2013.

DIETERICH, FABIANA. **Desenvolvimento, avaliação físico-química e biológica de hidrolisado proteico de resíduos agroindustriais para surubim**. 2014. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Doutorado). Universidade Estadual Paulista (Centro de Aquicultura). Jaboticabal, SP, 2014.

FARIA, A. C. E. A. DE.; HAYASHI, C. SOARES, C. M. Farinha de vísceras de aves para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.)*. **R. Bras. Zootec**. v. 31, n. 2, p. 812-822, 2002.

FINKLER, J. K. **Farinha de penas em dietas para tilápia do Nilo**. 2013. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Centro de Engenharias e Ciências Exatas). Toledo, PR, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **World Fisheries and Aquaculture: Meeting the sustainable development goals**. Rome, 2018, 210 p.

FREITAS, L. E. L. DE; **Relação energia:proteína em dietas práticas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*): digestibilidade e desempenho**. 2015. 107 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias (Programa de Pós Graduação em Aquicultura. Florianópolis, 2015.

GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. Atlas of fish histology. **Science Publishers**. Enfield, NH, USA, 2004

GOBBETTI, M. STEPANIAK, L.; DE ANGELIS, M.; CORSETTI, A.; DI CAGNO, R. Latentbioactive peptides in milk proteins: proteolytic activation and significance in dairy processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, n. 42, pp. 223-239, 2002.

GOES, E. S. R.; FEIDEN, A.; ZAMINHAN, M.; FINKLER, J. K.; FREITAS, J. M. A. BOSCOLO, W. R. Hidrolisados cárneos em rações para alevinos de piavuçu *Leporinus macrophalus*. **II Simpósio Nacional de Eng. De Pesca e XII Semana Acadêmica de Eng. de Pesca**. 2010.

GOMES, R. L. M.; RODRIGUES, R. B.; SILVA, T. C. DA.; MOREIRA, P. O.; ROCHA, J. D. M.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R. Farinha de ossos de peixe como fonte de cálcio e fósforo em rações para pós-larvas de tilápia do Nilo. **Acta Iguazu**. v.7, n.2, p. 74-83, 2018.

GOOSEN, N. J.; WET, L. F.; GÖGENS, J. F. The effects of protein hydrolysates on the immunity and growth of the abalone *Haliotis midae*. **Aquaculture**. v. 428-429, p. 243-248, 2014.

HAMILTON, C. R. Real and perceived issues involving animal proteins. Protein sources for the animal feed industry. FAO. 2016. Disponível em: www.fao.org . Acesso em 03 de dezembro 2018.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2015. v. 43.

IWASHITA, M. K. P.; MORO, G. V.; NAKANDAKARE, I. B. Incorporação de aditivos na ração de peixes. **Embrapa Pesca e Aquicultura: Circular técnica**. 4 p. Palmas, TO, out/2014.

KHOSRAVI, S.; RAHIMNEJAD, S.; HERAULT, M.; FOURNIER, V.; LEE, C.; BUI, H. T. D.; JEONG, J. LEE, K. Effects of protein hydrolysates supplementation in low fish meal diets on growth performance, innate immunity and disease resistance of red sea bream *Pagrus major*. **Fish & Shellfish Immunology**. v. 45, p. 858-868, 2015.

KOTZAMANIS, Y.P., GISBERT, E., GATESOUBE, F.J., ZAMBONINO INFANTE, J., CAHU, C. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.** v. 147, p. 205–214, 2007.

LEWANDOWSKI, L. DECARLI, J. A.; PEDRON, F. DE A.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Hidrolisados cárneos na alimentação do surubim do Iguçu (*Steindachneridion melanodermatum*). **Rev. Bras. Ci. Vet.**, v.20, n.4, p. 222-226, out/dez. 2013.

LEWANDOWSKI, L.; SARY, C.; SCHULLER, J. M.; DIETERICH, F. FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Hidrolisados proteicos em dietas para larvas de peixes. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.** v.12, n.4, p.277-282, out/dez 2014.

LILAND, N. S.; HATLEN, H.; TAKLE, C. VENEGAS, M.; ESPE, B. E. TORSTENSEN & R. WAAGBØ. Including processed poultry and porcine by-products in diets high in plant ingredients reduced liver TAG in Atlantic salmon, *Salmon salar* L. **Aquaculture Nutrition**. v. 21, p. 655-669, 2015.

LORENZ, E. K.; BARONE, R. S. C.; FRANÇA, W. G.; SABIONI, R. E.; KOCH, J. F. A.; CYRINO, J. E. P. Desempenho, hematologia e imunologia de *Salminus brasiliensis* alimentados com dietas contendo hidrolisado de fígado de suíno. 2018. **Aquaculture**. v. 483, p. 46-52, 2018.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. 2 ed. USA: Kluwer Academic Publishers. 1998.

LUCAS, JOHN. Quick guide: Aquaculture. **Current Biology Magazine**. v. 25, R1057-R1069, nov/ 2015.

MORA, L.; REIG, M.; TOLDRÁ, F. Bioactive peptides generated from meat industry by-products. **Food Research Internation**. v. 65, p. 344-349, 2014.

MORO, G. V. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura**. 1ª ed. 32 p. Palmas, TO, 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

NEU, D.; BOSCOLO, W. R.; ALMEIDA, F. L. HASSEMER, M. Z. DALLAGNOL, FURUYA, W. M. Growth performance hematology and muscle growth isoleucine fed Nile tilapia. **B. Int. Pesca**. v. 43, n. 2, p. 231-242, 2017.

OLIVEIRA, M. S. R. DE. **Obtenção de hidrolisado proteico de carne mecanicamente separada (CMS) e carcaças manualmente separada (CMD) de frango por hidrólise enzimática**. 2013. 152 f. Trabalho de conclusão de curso (tese). Universidade Federal de Santa Maria (Centro de Ciências Rurais). Santa Maria, RS, 2013.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, p. 43-51, 2009.

PHILANTO, A., KORHONEN, H. Bioactive peptides and proteins: advances. **Food Nutrition Research**, n. 47, p. 175-276, 2003.

PIHLANTO-LEPPÄLÄ, A. Bioactive peptides derived from bovine whey proteins: Opioid and ace-inhibitory peptides. **Trends in Food Science and Technology**. v. 11., p. 347–356, 2001.

PORTELINHA, M. K. **Substituição da farinha de peixe por fontes alternativas de proteína animal no cultivo de alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia (Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel) – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. In: Energia, proteína e aminoácidos. **Sociedade brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**. Florianópolis, SC, 2012, 375 p.

RAŠKOVIC, B. S.; STANKOVIC, M. B.; MARKOVIC, Z. Z.; POLEKSIC, V. D. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. **Journal of Agricultural Sciences** 56: 87-100. 2011.

ROCHA, J. D. M. **Hidrolisado proteico de pescado em dietas para alevino de tilápia do Nilo**. 2014. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Centro de Engenharias e Ciências Exatas). Toledo, PR, 2014.

ROTTA, M. A. Aspectos da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. **Embrapa Pantanal**. Corumbá, 2003. 48p.

ROWLERSON, A.; VEGGETTI, A. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In: **Muscle Development and Growth**. (ed. JOHNSTON, I.A.). Academic Press, London. p.103-139, 2001.

SALOMÃO, R. A. S.; SANTOS, V. B.; MARECO, E. A. Influence of rearing temperature on muscle growth and adipose tissue in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains. **Acta Scientiarum**. v. 40, e35686, 2018.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; DE HARO, C.; SANZ, A.; TRENZADO, C. E.; VILLARECES S.; BARROSO, F. G. Nutritional evaluation of Tenebrio molitor meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. **Aquaculture Nutrition**. v. 22, p. 943-955, 2016.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: Propriedades, Degradações e Modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. *apud* CENTANARO, G. S. **Obtenção de biopeptídeos com atividade antioxidante a partir de proteínas de origem animal**. 2011. 153 f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande (Escola de Química e Alimentos). Rio Grande, RS, 2011.

SHAPAWI, R.; NG, W., MUSTAFA, S. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback gouper, *Cromileptes altivelis*. 2007. **Aquaculture**. 273. p. 118-126. 2007.

SIGNOR, A. A.; ALTEVIR, S. BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Farinha de carne e ossos na alimentação de larvas de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**. v. 40, n.4, p. 970-975, abr/2010.

SILVA, T. C. ROCHA, J. D. M.; MOREIRA, P.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. **Pesq. Agropec.bras**. Brasília. v. 52, p. 485-492, jul/2017.

SNUTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. **Principles of genetics**. 6^a ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2013.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**. v.22, p. 517-522, 2011.

TOLDRÁ, F.; ARISTOY, M. C. MORA, L. REIG, M. Innovations in value-addition of edible meat by-products. **Meat Science**. v. 92, p. 290-296, 2012.

TOLDRÁ, F.; MORA, L.; REIG, M. New insights into meat by-product utilization. **Meat Science**. v. 120, p. 54-59, 2016.

UCZAY, JULIANO. **Utilização de hidrolisados de origem animal e vegetal em dietas para juvenis de jundiá.** 2017. 96 f. Trabalho de conclusão de curso (Doutorado). Universidade do estado de Santa Catarina (Centro de Ciências Agroveterinárias). Lages, SC, 2017.

VALENTE, L. M. P.; ROCHA, E.; GOMES, E. F. S.; SILVA, M. W.; OLIVEIRA, M. H.; MONTEIRO, R. A. F.; FAUCONNEAU, B.; Growth and dynamics of white and red muscle fibres in fast- and slow-growing strains of rainbow trout. **Journal Fish Biology.** v. 55, n.4, p. 675-691, 1999.

VAN LEEWEN, P. **Significance of combined nutritional and morphological precaecal parameters for feed evaluation in non-ruminants.** 2002. 153 f. Tese (Doutorado) – Wageningen University, Holanda, 2002.

VICENTE, I. S.T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias.** v. 37, n. 4, p. 392-398, 2014.

VIOQUE, J.; PEDROCHE, J.; YUST, M. M.; LQARI, H.; MEGÍAS, C.; GIRÓN-CALLE, J.; ALAIZ, M.; MILLÁN, F. Peptídeos Bioativos em Proteínas Vegetais de Reserva. **Brazilian Journal of Food Technology, III JIPCA,** n. 16, p. 99-102, 2006.

WU, D.; ZHOU, L.; GAO, M.; WANG, M. WANG, B. HE, J.; LUO, Q.; YE, Y.; CAI, C.; WU, P.; ZHANG, Y. PU, Q. Effects of stickwater hydrolysates on growth performance for yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Aquaculture.** v. 488, p. 161-173, 2018.

YAMASHIRO, D.; NEU, D. H.; MORO, E. B.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A. BOSCOLO, W. R.; BITTENCOURT, F. Performance and muscular development of Nile tilapia larvae (*Oreochromis niloticus*) fed increasing concentrations of phenylalanine. **Agricultural Sciences.** n. 7, p. 900-910, 2016.

YIGIT, M.; ERDEM, M.; KOSHIO, S.; ERGUN, S.; TURKER, A.; KARAALI, B. Substituting fish meal with poultry by-product meal i diets for black Sea turbot *Psetta maeotica*. **Aquaculture Nutrition.** v. 12, p. 340-347, 2006.

Tabela 1. Revisão sobre a utilização de hidrolisados proteicos de subprodutos de origem animal e os aspectos positivos relatados na experimentação com diversas espécies de peixes.

Hidrolisados	Peixe	Resultado	Citação
Hidrolisado de subprodutos de tilápia	Pargo-japonês (<i>Pagrus major</i>)	Melhor conversão alimentar e taxa de eficiência proteica	KHOSRAVI et al. (2015)
Hidrolisado de fígado suíno/ Hidrolisado de tilápia (com hidrólises de papaína e alcalase)	Larvas de jundiá (<i>Rhamdia voulezi</i>) e Mandi (<i>Pimelodus britskii</i>)	Manutenção do desempenho zootécnico em comparação com a inclusão da Farinha de peixe	LEWANDOWSKI et al. (2014)
Hidrolisado de fígado suíno/ Hidrolisado de sardinha	Surubim do Iguaçú (<i>Steindachneridion melanodermatum</i>)	Melhor desempenho zootécnico (peso, ganho de peso e comprimento)	LEWANDOWSKI et al. (2013)
Hidrolisado de subprodutos de tilápia - FPH (<i>O. niloticus</i>) e sardinha (<i>Cetengraulis edentulus</i>)	Pós-larvas de tilápia do Nilo	Melhor resposta zootécnica (peso, ganho de peso, taxa de eficiência proteica)/crescimento de fibras musculares por hiperplasia.	SILVA et al. (2017)
Hidrolisado cárneos (fígado suíno/carcaça de tilápia/sardinha)	Juvenis de Jundiá (<i>Rhamdia voulezi</i>)	Hidrolisado suíno e de sardinha apresentou melhores resultados de desempenho e conversão alimentar	DECARLI (2013)
Hidrolisado de fígado suíno (ultrafiltrado)	<i>Salminus brasiliensis</i>	Maior consumo de ração e ganho de peso	LORENZ et al. (2018)
Hidrolisado cárneos (vísceras de aves, fígado suíno, fígado de frango, e peixe)	PIAVUÇU (<i>Leporinus macrocephalus</i>)	Viabilidade de inclusão de 3% na dieta sem comprometimento no desempenho.	GOES et al. (2010)
Hidrolisados de fígado suíno/resíduo do processamento de tilápia (<i>O. niloticus</i>) com Alcalase®/Brauzin®	Juvenis pintado Real® (<i>Pseudoplatystoma sp.</i>)	A inclusão de 20% de ambos os hidrolisados melhoram a CAA* e a TEP*.	DIETERICH (2014)

*CAA = conversão alimentar, TEP = taxa de eficiência proteica.

Tabela 2. Revisão sobre a inclusão/substituição de farinhas de origem de animais terrestres em dietas de organismos aquáticos.

Subprodutos de animais terrestres	Peixe	Resultado	Citação
Farinha de carne e ossos	Larvas de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	Aumento no comprimento padrão	SIGNOR et al. (2010)
Farinha de vísceras de aves	Jundiá	Bom balanço entre digestibilidade proteica e aminoacídica	FREITAS (2015)
Farinha de vísceras de aves	Alevinos de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	Bom desempenho zootécnico	FARIA et al. (2002)
Farinha de vísceras de aves	Peixe rei (<i>Odontesthes bonariensis</i>)	Inclusão parcial positiva em substituição a farinha de peixe	PORTELINHA (2011)
Farinha de subprodutos de aves	Garoupa jubarte (<i>Cromileptes altivelis</i>)	Inclusão parcial promovendo a manutenção do desempenho	SHAPAWI et al. (2007)
Farinha de aves e farinha de sangue suína com gordura de aves	Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	Melhora na saúde: diminuição dos triacilgliceróis.	LILAND et al. (2015)
Farinha de subprodutos de aves	<i>Psetta maeotica</i>	Manutenção do desempenho, utilização de nutrientes e retenção de nitrogênio com substituição de 25% na dieta em comparação com a farinha de peixe	YIGIT et al. (2006)
Farinha de penas	tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	Inclusão de 8% com ou sem suplementação de aminoácidos, sem prejuízo no desempenho, composição química e higidez	FINKLER (2013)

4. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos da inclusão de níveis crescentes de hidrolisado proteico misto a base de proteínas hidrolisadas mista de subprodutos de aves e fígado suíno na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

4.1 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho produtivo e composição centesimal de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com níveis de inclusão de HPM.
- Verificar alterações histomorfométricas causadas pela inclusão de HPM nas dietas sobre o crescimento das fibras musculares, estruturas intestinais e células hepáticas.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste – Toledo, PR, Brasil.

5.1 Dietas experimentais

Foram fornecidas sete dietas experimentais isoproteicas (40% de proteína bruta) e isoenergéticas (3.462 kcal de energia digestível.kg da dieta⁻¹) contendo níveis crescentes do HPM (1; 2; 3; 4; 5 %), uma dieta sem inclusão de hidrolisados ou de farinha de peixe (controle negativo) e uma dieta contendo farinha de peixe como fonte proteica (controle positivo) (Tabela 3), de acordo com Furuya (2010) e NRC (2011). A composição analisada das dietas e perfil de aminoácidos dos hidrolisados estão apresentados nas tabelas 4 e 5, respectivamente.

Os hidrolisados de subprodutos de aves e fígado suíno foram obtidos através da empresa BRF *Ingredients*[®]. Os macronutrientes foram moídos em moinho tipo martelo (Moinhos Vieira, modelo MS 280, Tatuí, SP, Brasil) em peneira 0,3 mm diâmetro, posteriormente acrescentados os micronutrientes e os hidrolisados proteicos, misturados por 5 minutos em misturador manual. A mistura obtida foi extrusada em extrusora da marca (Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, SP, Brazil) em matrix 1 mm na fábrica de ração do GEMAQ, secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 24 horas, embaladas, identificadas e armazenadas em freezer (-18°C).

5.2 Delineamento, estrutura e procedimentos

O total de 336 alevinos de tilápia do Nilo foram utilizados para estudo com peso médio de $1,42 \pm 0,03\text{g}$. Os peixes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e quatro repetições em 28 aquários de 70L (12 peixes por tanque) em sistema constituído de recirculação de água com aquecimento e aeração, tendo 12 horas claro e 12 horas escuro. No início da experimentação foram coletados 150 animais para análises de composição centesimal, para mensuração de valores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, energia e extrato etéreo. Os animais foram alimentados seis vezes ao dia (8h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00) até saciedade aparente. A limpeza dos tanques, filtro e renovação de água foram realizados diariamente durante 28 dias. Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados semanalmente para manutenção dos parâmetros normais, como temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, oxigênio dissolvido (mg. L^{-1}), e condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) utilizando sonda portátil YSI 556®.

Ao final do período experimental, os peixes foram submetidos a jejum de 24 horas, para garantia dos tratos intestinais esvaziados. Subsequentemente os peixes foram anestesiados em eugenol 75 mg/L^{-1} (DERIGGI et al. 2006) para tomada das medidas de peso e comprimento total. Quatro peixes de cada tanque foram eutanasiados em eugenol 300 mg/L^{-1} (NEU et al. 2017) para remoção e pesagem das vísceras (intestino, fígado, gordura) e medida do comprimento do intestino, também destes animais foram coletados materiais biológicos (músculo, intestino e fígado) para avaliações histológicas. Os oito peixes restantes foram armazenados em freezer a (-20°) no laboratório de Controle de Qualidade do Grupo de Estudo em Manejo na Aquicultura - GEMAQ para posteriores análises de composição centesimal.

5.3 Parâmetros de desempenho zootécnicos e utilização da dieta

Para a ponderação dos aspectos zootécnicos os peixes foram pesados individualmente, por meio de balança digital (0,01 g) e medidos com ictiômetro para determinar o comprimento total (CT), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o final da nadadeira caudal;

As variáveis de desempenho produtivo avaliadas foram:

CFM= Comprimento final médio (cm) (média do comprimento total dos peixes de cada unidade amostral ao final do experimento).

PFM= Peso final médio (g) (Biomassa final/número de peixes ao término do experimento);

GPM= Ganho de peso médio (g) (peso final médio – peso inicial médio).

TCE (%) = Taxa de crescimento específico ($\% \text{ dia}^{-1}$) [(In PFM) – (In PIM)/ Período experimental] (ln =Logaritmo neperiano).

CAA = conversão alimentar aparente (CR: consumo de ração / GP: ganho de peso)

Taxa de eficiência proteica: [ganho em peso (g)/consumo de proteína bruta na matéria seca (g)];

Consumo de nitrogênio (g kg peso médio⁻¹ dia⁻¹): (consumo de proteína na matéria seca (g peixe⁻¹)/6,25*1000)/(peso médio (g)*dias de experimento);

Retenção de nitrogênio (g kg peso médio⁻¹ dia⁻¹): [((peso final (g)*proteína na carcaça final (%)) – (peso inicial (g)*proteína na carcaça inicial (%)))/6,25*1000]/(peso médio (g)*dias de experimento);

Retenção de nitrogênio (% do ingerido): (retenção de nitrogênio/consumo de nitrogênio)*100;

Consumo de lipídeos (g kg peso médio⁻¹ dia⁻¹): (consumo de lipídeos (g peixe⁻¹)*1000)/(peso médio (g)*dias de experimento);

Retenção de lipídeos (g kg peso médio⁻¹ dia⁻¹):[(peso final (g)*lipídio na carcaça final (%)) – (peso inicial (g)*lipídeo na carcaça inicial (%))*1000]/(peso médio (g)*dias de experimento);

Retenção de lipídeos (% do ingerido): (Retenção de lipídios/consumo de lipídios)*100;

IHS (%) = Índice hepatossomático: [peso do fígado (g)*100/peso final (g)];

IGV (%) = Gordura visceral : [peso da gordura visceral (g)*100/peso final (g)];

PRI (%) = Peso relativo do intestino (peso do intestino (g)/ peso do peixe (g) * 100);

SO (%) = Sobrevivência: [(número de peixes/12) * 100] (%)

5.4 Análises histológicas (músculo, intestino e fígado)

Três peixes de cada unidade amostral foram utilizados para avaliações histológicas do tecido muscular, intestino médio e fígado. As amostras passaram por processamento histológico, fixação, desidratação em série alcoólica crescente, diafanização em série de xilóis, embebidos em parafina, seccionados em micrótomo (MICROM, International GmbH 69190, Walldorf, Alemanha) em espessura de 7 µm e corados em hematoxilina-eosina. As avaliações das lâminas histológicas foram analisadas por meio de microscópio óptico P1 Olympus BX 50 – Manila, Filipinas) acoplado a uma câmera (Olympus PMC 35 B- Berlim, Alemanha).

As análises de mensuração de fibras musculares foram realizadas em concordância com Alami-Durante et al. (2010) e Almeida et al. (2010), sendo utilizados de forma randômica nove indivíduos/lâmina por tratamento, delimitando frequências de tamanho de fibras de músculo branco em classes de diâmetros – (<10µm), (10-20µm), (20-30µm), (30-40µm) e (>40µm) para verificação de hiperplasia e hipertrofia muscular, as lâminas foram avaliadas em ocular microscópica de 10x totalizando 200 (fibras) medidas histomorfométricas por amostra tecidual/lâmina (Figura 1).

Para a histomorfometria do intestino as análises foram realizadas segundo Mello et al. (2013) e Hisano et al. (2006) com adaptações utilizando nove intestinos por tratamento e 20 vilos por lâmina sendo 180 vilos por tratamento analisadas em oculares de 10 e 40x. Foram mensuradas a altura do vilo (região da base do vilo até o ápice), altura total do vilo (medida total do início da túnica muscular até o ápice do vilo), largura das dobras foi tomada próximo a região do ápice para tais parâmetros foram realizadas 20 medições por animal, para espessura da túnica muscular foram medidas em dez pontos por imagem/ animal (Figura 2).

Foram realizadas análises qualitativa e histomorfométrica do fígado, realizou-se a seleção aleatória de 6 indivíduo/lâmina de cada tratamento.

As análises histomorfométricas dos hepatócitos foram realizadas de acordo com Rodrigues et al. (2017), realizou-se a seleção aleatória de 6 indivíduo/lâmina de cada tratamento, posteriormente avaliados e capturados cinco imagens de cada indivíduo/lâmina, totalizando em 30 imagens por tratamento com aumento de 100x para mensuração de 50 núcleos de hepatócitos sendo 300 núcleos por tratamento (Figura 3). Foram realizadas medidas do perímetro do núcleo do hepatócito (μm) e área (μm^2). Adicionalmente foi calculado o volume nuclear do hepatócito ($H_{nv} (\mu\text{m}^3) = 4/3 \pi r^3$), onde o r corresponde ao raio nuclear. As mensurações foram realizadas com o auxílio do software de análise de imagem Image Pro Plus® (version 4.5, Media Cybernetics, USA) e Fiji ImageJ (<https://imagej.net/Fiji>) (SCHINDELIN et al. 2012). Posteriormente foi realizada avaliação qualitativa de vacuolização hepática, de acordo com critérios estabelecidos por Caballero et al. (2004) e Tessaro et al. (2014). Foi atribuído um *escore* de vacuolização, onde 0= não observado, 1= poucos vacúolos, 2= vacuolização média, 3= vacuolização severa (Figura 4 e 5).

5.5 Análises de composição centesimal

Para composição centesimal das carcaças (peixe inteiro com vísceras) as análises seguiram os métodos estabelecidos por AOAC (2000) para análises de umidade (pré-secagem a 55°C por 72 horas seguida de secagem a 105°C por oito horas), proteínas (método *Kjeldhal*), extrato etéreo (Extrator Goldfish com éter como solvente) e matéria mineral (calcinação das amostras a 550°C por 6 horas). Para as análises da ração e do hidrolisado foram realizados procedimentos para obtenção de matéria seca, proteína, extrato etéreo, matéria mineral e adicionalmente análise de energia (IKA® C2000 *basic*). A determinação do perfil de aminoácidos dos hidrolisados proteicos foram realizados pelo laboratório de análises bromatológicas CBO (Valinhos, SP) segundo Hagen et al. (1989) e Bernardo & Soletto (1980).

5.6 Análise Estatística

Após a tabulação dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de homogeneidade de *Levene*, e não atendendo ao pressuposto procedeu-se a análise de *Kruskal-Wallis*. Para médias homogêneas submeteu-se a *one-way* (ANOVA) com posterior teste de *Tukey* para médias com diferenças significativas e variâncias homogêneas ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico computacional *Statistic 7.1* (2005).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Desempenho zootécnico e utilização das dietas

As condições dos parâmetros de qualidade da água obtidos, sendo temperatura média $30,24 \pm 0,82^{\circ}\text{C}$, pH médio $6,98 \pm 0,17$, oxigênio dissolvido médio $4,33 \pm 1,12$ (mg. L⁻¹), e condutividade elétrica média $135,0 \pm 9,37$ ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), permaneceram dentro dos valores estabelecidos para a espécie (BOYD, 1996).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) no parâmetro de comprimento médio final nos peixes alimentados com 1,0% de inclusão do hidrolisado proteico em relação a dieta basal (controle negativo) e a dieta contendo farinha de peixe (controle positivo) (Tabela 6), demonstrando que a inclusão do hidrolisado proteico promoveu a manutenção do desempenho produtivo dos peixes. Signor et al. (2010) avaliando a inclusão de farinha de carne e ossos nas dietas, também encontrou resultado semelhante verificando diferenças para o parâmetro de comprimento médio padrão em larvas de tilápia do Nilo, e não apresentando diferenças para os demais parâmetros zootécnicos.

Não houveram diferenças significativas para os demais parâmetros de desempenho e de eficiência da utilização das dietas analisados (Tabelas 6 e 7). Lewandowski et al. (2014) avaliando hidrolisados proteicos (hidrolisado de fígado suíno/ hidrolisado de tilápia (com hidrólise de papaína e alcalase) em dietas para larvas de peixes, com período experimental de 28 dias com peso médio inicial de 0,01g do jundiá (*Rhamdia voulezi*) e 0,02g do mandi (*Pimelodus britski*), e com peso médio finais de 0,28g para jundiá e 0,42g para mandi, também não encontraram diferenças significativas para parâmetros de desempenho zootécnico. Dieterich (2014) realizou experimentação com juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma sp*) durante 50 dias com peso médio inicial de 7,23g e peso final médio de 211,94 g, avaliando o enriquecimento de dietas com diferentes hidrolisados, sendo hidrolisado de fígado suíno com Alcalase® e com Brauzin®, como fontes proteicas, demonstrando que a adição aumenta a absorção de proteína e a eficiência na conversão alimentar, indicados pelo índices de CAA (conversão alimentar aparente) e TEP (taxa de eficiência proteica), demonstrando

desenvolvimento normal dos indivíduos. Resultados obtidos por Lewandowski et al. (2013) utilizando surubim do Iguaçu (*Steidachneridion melanodermatum*) durante 72 dias com peixes com peso médio inicial de 23,54g e peso final médio de 57,96g, para verificar a influência de hidrolisados de fígado suíno e de sardinha melhoraram o desempenho zootécnico (peso, ganho de peso e comprimento). Lorenz (2017) avaliando o desempenho de juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*) com a inclusão em níveis crescentes de hidrolisado proteico de fígado suíno durante 61 dias, com peso médio inicial de 4,57g e peso médio final de 31,22g, verificou aumento do consumo de ração das dietas com inclusão de 60 g kg⁻¹, ganho de peso com 140 g kg⁻¹, sendo determinado a inclusão de 111,5 g kg⁻¹ de hidrolisado de fígado suíno.

6.2 Morfometria das fibras musculares

O músculo esquelético compõe cerca de 40-60% da massa corporal da maioria dos peixes (ALMEIDA, 2010). A alimentação pode aumentar a concentração de aminoácidos disponíveis, aumentando a taxa metabólica e auxiliando o crescimento do tecido muscular (HOULIHAN et al. 1995). Segundo Rowleron & Vegetti (2001) fibras musculares de diâmetros menores que 20µm são consideradas estado de crescimento de hiperplasia e maior que 50µm estado de hipertrofia. As avaliações dos menores diâmetros das fibras musculares demonstraram maior frequência de fibras menores que 20µm indicando ocorrência de hiperplasia, de acordo com Rowleron & Vegetti (2001) a hiperplasia das fibras musculares permanece por um período mais prolongado para as espécies que possuem crescimento indeterminado e que atingem maior tamanho, como é o exemplo da tilápia do Nilo. No entanto, os resultados obtidos demonstram que os níveis de inclusão de hidrolisado avaliado não promoveu diferenças significativas para crescimento hiperplásico (recrutamento de novas fibras musculares) ou crescimento hipertrófico (aumento de diâmetro de fibras) nos alevinos de tilápia do Nilo (Tabela 8).

Experimentos para o mesmo período de crescimento da tilápia não foram encontrados relatados na literatura. Porém Silva et al. (2017) realizaram experimento com pós-larvas de tilápia do Nilo avaliando dietas a base de proteína vegetal com inclusão de hidrolisado proteico e foram verificadas diferenças significativas para classe de menor diâmetro de <10µm indicando diferenças no crescimento hiperplásico, peixes alimentados com inclusão de 8% de hidrolisado proteico de peixe tiveram maior frequência de diâmetro <10µm. Por outro lado, Neu et al. (2017) conduzindo experimento com juvenis de tilápia do Nilo avaliando o crescimento de fibras musculares em relação com a exigência dietética de isoleucina também não verificaram diferenças significativas para nenhum estado de crescimento das fibras.

6.3 Morfometria de estruturas teciduais do intestino

A morfologia do intestino, estudada a partir da histologia do órgão, é de extrema importância para indicar o aumento da absorção de nutrientes, eletrólitos e fluídos do lúmen intestinal (VALLADÃO, 2018). As avaliações histológicas do intestino verificaram maior número de vilos para os tratamentos com inclusão de 3% HPM (Tabela 9), viabilizando maior superfície absorptiva para os peixes em relação as demais dietas. Trabalhos avaliando os efeitos histológicos no intestino da inclusão de hidrolisado misto de vísceras de aves ou de fígado suíno, ou mesmo avaliados de forma separadas em dietas para peixes ainda não podem ser encontrados. Segundo Baldisseroto (2002) as pregas têm a finalidade de aumentar a área de absorção intestinal, sendo assim, podemos considerar o aumento do número de vilos um fator positivo para melhor absorção de nutrientes da dieta.

Em outra via, os peixes alimentados com o tratamento controle negativo (sem farinha de peixe e hidrolisado misto proteico) teve maior tamanho de túnica muscular (Tabela 9) com diferença significativa em relação aos tratamentos com inclusão de 2% e 3% de hidrolisado corroborando dados da literatura que afirmam que dietas provenientes de vegetais possuem mais componentes antinutricionais, como inibidores de proteases, fitato, antivitaminas, hemaglutininas, saponinas, fitoestrógenos, que são reduzidos por diversos processamentos, porém não são eliminados, podendo comprometer o estado ótimo de saúde do tecido intestinal provocando modificações adaptativas do intestino. Espécies de peixes carnívoros são mais sensíveis a estes compostos, porém, mesmo animais terrestres também sofrem ações dos compostos antinutricionais. Muitas doenças infecciosas são iniciadas pela colonização da mucosa intestinal, e a eficiência da barreira intestinal depende da produção de muco e integridade epitelial para prevenir o aparecimento de doenças (VALLADÃO, 2018; ZHANG, 2016). Segundo Rotta (2003) peixes onívoros e herbívoros apresentam a capacidade de alterar a estrutura e as propriedades absorptivas do seu sistema digestivo em resposta a mudanças na dieta, sendo substratos dependentes.

Aumento de túnica muscular relacionados a fontes proteicas vegetais ou a compostos derivados são corroborados em outros estudos, resultados encontrados por Cavaliere (2012) demonstram aumento significativo da camada muscular de frangos alimentados com diferentes fontes de sorgo e concentrações de tanino na dieta, evidenciando o efeito do tanino no intestino. Estudos com peixes demonstraram resultados semelhantes, *Rhamdia voulezi* submetidos com dietas contendo farelo de canola apresentou maior espessura da camada muscular em relação a amostragem inicial antes da dieta alimentar (FRIES, 2014).

Além disso segundo estudos, o aumento da túnica muscular pode ser resposta do organismo em condição não normal. Shiraishi et al. (2009) verificaram espessamento da túnica muscular de aves após experimentação de inóculo via oral de *Toxoplasma gondii*, causador de zoonose parasitária, de modo que, o crescimento da camada muscular foi provocado pela inflamação pela inoculação que provavelmente tenha ocasionado uma maior proliferação celular e/ou um maior recrutamento de células do sistema imune. A homeostase intestinal é coordenada por respostas de diferentes tipos celulares, incluindo células do sistema imune e de outros sistemas (MAWE et al., 2004). Shiraishi et al. (2009) sugerem que esse estrato da parede intestinal tem uma grande importância imunológica. Além disso, segundo Bauer (2018) macrófagos residentes na musculatura intestinal são os primeiros a conduzir e responder aos eventos inflamatórios após contato com endotoxinas secretadas por microrganismos, ativando a musculatura lisa, no intuito de conduzi-la a um estado de hipercontratibilidade para expulsão do parasito.

Segundo Zhou et al. (2016) o farelo de soja é limitante em alguns aminoácidos essenciais e também contém inúmeros fatores antinutricionais e antígenos que podem afetar a microbiota e o sistema imunológico inato. Também destacam que o uso desequilibrado na dieta de proteína de origem vegetal prejudica a maturação e a funcionalidade da mucosa intestinal, que é a primeira linha de defesa, deste modo danificando o trato gastrointestinal, que é considerada porta de entrada para muitos patógenos, podendo até causar enteropatia em algumas espécies de peixes (PENN et al. 2011).

Wang et al. (2017) avaliaram o efeito das dietas formuladas com diferentes porcentagens de farinha de peixe e farelo de soja como principal recurso proteico para “*Orange-spotted grouper*” (*Epinephelus coioides*). As respostas histológicas evidenciaram que os peixes alimentados com as dietas que apenas continha farelo de soja como recurso proteico apresentaram aumento de danos intestinais, como diminuição na altura dos vilos. Outros autores também evidenciaram prejuízos ou alterações na morfologia e saúde intestinal em peixes com dietas que continham compostos de soja (IWASHITA et al. 2008; MURRAY et al. 2010; ZHANG et al. 2018).

Porém, as fontes proteicas de origem vegetal para substituição de farinha de peixe é uma via sustentável de manter disponibilidade proteica nas dietas para organismos aquáticos, de modo que, é interessante observar a estabilidade histomorfométrica resultante para este estudo para a túnica muscular para os tratamentos de inclusão de hidrolisado misto proteico 2% e 3%, que pode sugerir que a dieta esteja em um balanceamento adequado entre compostos vegetais e aditivos, neste caso o hidrolisado misto proteico, contribuindo para uma possibilidade de

redução de prejuízos dos compostos antinutricionais vegetais, conseqüentemente algum tipo de contribuição para manutenção da saúde intestinal. Como sugerido por Zhou et al. (2016), que ressalta a importância de avaliação de dietas para organismos aquáticos que tenham uma mistura correta de base vegetal com aditivos, podendo ser como uma opção para limitar os possíveis danos causados ao trato gastrointestinal e no sistema imunológico causados por compostos antinutricionais, podendo ser uma interessante possibilidade de aumentar a imunidade gastrointestinal e a resistência a doenças.

Em relação ao hidrolisado misto proteico, alguns autores afirmam que muitos fatores podem influenciar na manutenção da saúde do peixe pela inclusão de proteínas hidrolisadas na dieta, como o grau de hidrólise, o peso molecular dos peptídeos (UCZAY, 2017; WOSNIAK et al. 2016). Segundo Kotzamanis et al. (2007) durante o processo de hidrólise podem ser produzidos peptídeos bioativos com funções imunoestimuladora e antibacterianas. Tang et al. (2008) verificou resultados de melhora dos parâmetros imunológicos humorais em seu estudo dos efeitos do hidrolisado proteico de peixe (HPP) em “yellow croaker” (*Pseudosciaena crocea* R.) com inclusão de 10% de (HPP).

Dessa forma, o maior número de vilosidades para os tratamentos (1%, 3%, 4%, 5%) pode ser uma adaptação do intestino para melhor absorver aminoácidos livres ou em forma de di-tripeptídeos disponibilizados pela inclusão do hidrolisado na dieta. A morfometria da túnica muscular, demonstrou diferenças significativas ocorridas entre os tratamentos 2% e 3% com o controle negativo, sugerindo que compostos antinutricionais podem ter afetado a morfologia intestinal da túnica, fazendo aumentar o tamanho da túnica muscular em resposta a dieta fornecida. Nesse estudo podemos relacionar a inclusão de hidrolisado com adaptações positivas e aparentemente mais saudáveis para o ambiente intestinal.

6.4 Morfometria nuclear de hepatócitos e vacuolização

Estudos como de Caballero (1999), Tessaro (2011), Rodrigues et al. (2017), dentre outros, avaliaram a relação de aspectos morfológicos e morfométricos do tecido hepático em peixes com relação as dietas e inclusão de ingredientes nutricionais, indicando o fígado como um importante biomarcador histopatológico (FERNANDES, 2010; FRECCIA, 2011; PINHEIRO, 2014; MEWES et al. 2016).

As avaliações obtidas das morfometrias dos núcleos dos hepatócitos demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) para todos os aspectos avaliados, os parâmetros de perímetro, diâmetro, área, e volume dos núcleos, sendo o tratamento com 3% em relação aos tratamentos com médias maiores para todos os parâmetros avaliados, a inclusão de 3% de hidrolisado de

subprodutos de aves e suínos demonstraram maior crescimento de perímetro e área do núcleo do hepatócito, diferindo significativamente dos tratamentos controles negativo e positivo e 1%, o volume dos núcleos dos hepatócitos obtidos dos tratamentos 3% e 5% de inclusão de hidrolisado foram maiores que o controle negativo (Tabela 10).

Medições histomorfométricas do citoplasma e área nuclear de hepatócitos são interessantes biomarcadores do estado metabólico da célula (RODRIGUES et al. 2017). Variações no tamanho dos núcleos demonstram mudanças no conteúdo de proteínas não cromossômicas e adaptações subsequentes de funções celulares (STRUSSMANN & TAKASHIMA 1990). De acordo com Raskovič et al. (2011) os parâmetros morfométricos como área de hepatócitos e área nuclear de hepatócitos são bons indicadores da atividade metabólica dos hepatócitos. Segundo Rodrigues et al. 2017 a área dos hepatócitos, a área dos núcleos dos hepatócitos e o volume nuclear de hepatócitos pode fornecer biomarcadores para estudos experimentais nas respostas nutricionais e avaliação da saúde dos peixes e estado nutricional.

Sabendo que a área de hepatócitos reflete o estado nutricional do fígado, pois o tamanho deles depende da quantidade de glicogênio ou lipídios armazenados no citoplasma (OSTASZEWSKA et al. 2011), e o uso de glicogênio como fonte de energia pode refletir no tamanho das células dos hepatócitos e tamanho nuclear, indicando perda de material armazenado no citoplasma e redução da atividade nuclear (POWER et al. 2000; SOUZA et al. 2001). Concluímos que a avaliação histomorfométrica dos núcleos dos hepatócitos demonstraram maiores núcleos nos tratamentos com inclusão do hidrolisado proteico de subprodutos de aves e suínos principalmente com a inclusão de 3% conseqüentemente tiveram maior atividade metabólica como corrobora Rodrigues et al. (2017) que relaciona a redução do metabolismo de hepatócitos expresso por pequenas áreas nucleares.

As avaliações de vacuolização hepática através de escore (Tabela 11) demonstraram presença de vacuolização severa no tratamento controle negativo e com 4% de inclusão de HPM. A dieta considerada como padrão com farinha de peixe, o controle positivo, manteve-se dentro das condições normais do fígado, assim como a inclusão de 3% e 5% permaneceram dentro da normalidade do tecido hepático, encontram-se para ambos os tratamentos (3 e 5%) condições de presença de vacuolização média apenas para uma das seis lâminas analisadas. Diante das avaliações pode-se considerar que os tratamentos 3 e 5% apresentaram tecidos hepáticos normais ou mais próximos da normalidade.

Para Tessaro et al. (2014) o aumento dos níveis de energia provenientes do óleo de soja condicionou a hipertrofia do hepatócito e o aparecimento de vacuolização severa de acordo com

aumento da inclusão do óleo de soja nas dietas para reprodutores de *Rhamdia quelen*, afirmando que a ocorrência de estado de esteatose do fígado está relacionado com desbalanceamento de ácidos graxos na dieta. Avaliação realizada por Caballero et al. (2004) também verifica o aumento de vacuolização hepática e estado de esteatose hepática com a inclusão de óleo de soja, demonstrando aumento de depósito lipídico e conseqüentemente maior vacuolização no fígado dos peixes (*Sparus aurata L.*). BRAZ (2016) avaliando os efeitos decorrentes de alterações energéticas em dietas de tilápia do Nilo em período reprodutivo, observou uma série de efeitos deletério no fígado, lesões hepáticas graves, vacuolização citoplasmática, infiltração de células inflamatórias, necrose e congestão de vasos sanguíneos nas dietas que incluíam energia digestível a partir de 3.400 kcal/kg.

Considerando as pesquisas relacionando o aumento do óleo de soja com o aumento da energia podemos considerar que os maiores valores de inclusão de óleo de soja formulados para este estudo são para o tratamento negativo, além disso, segundo NCR (2011) fatores antinutricionais interferem na digestibilidade, na absorção ou utilização de nutrientes, diminuição da disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, dessa forma, justificaria a presença de vacuolização severa encontrada para o controle negativo. Segundo Caballero et al. (2004) a esteatose é uma condição reversível modificando-se com o tempo através da dieta.

Os resultados obtidos com a análise qualitativa do fígado são similares aos encontrados por LILAND et al. (2015) que avaliaram os efeitos sobre a saúde metabólica da inclusão de subprodutos de farinha de aves e farinha de sangue suína e gordura (óleo de aves) nas dietas de Salmão do Atlântico (*Salmo salar L.*), verificando que a dieta com a inclusão de processados de subprodutos de aves e suínos e óleo de aves reduziu os trigliceróis do fígado diminuindo em mais de quatro vezes em comparação com a dieta sem os subprodutos. Além disso, os autores confirmaram através de análises histológicas que peixes alimentados com alta inclusão de subprodutos de aves e suínos tiveram degeneração gordurosa reduzida.

Os resultados das análises do tecido hepático podem ser correlacionados com os resultados obtidos da avaliação histomorfométrica do intestino que demonstraram maior número de vilos para os tratamentos (1%, 3%, 4%, 5%), portanto, tendo maior área de absorção de nutrientes e moléculas exógenas para constituir o metabolismo animal, sendo assim, refletido no aspecto morfológico do fígado.

6.5 Análises bromatológicas

As avaliações bromatológicas das carcaças de alevinos demonstraram diferenças obtidas no parâmetro de matéria mineral ($p < 0,05$) não apresentando diferenças significativas para os demais parâmetros (Tabela 11).

Lorenz (2017) também encontrou diferenças significativas para a matéria mineral para juvenis de dourado, sendo os maiores valores de matéria mineral para a dieta que continha maiores níveis de inclusão de hidrolisado de fígado suíno.

Oliveira (2009) afirma que o colágeno é o principal componente da matriz óssea e também tem papel determinante no processo de mineralização esquelética. Segundo Bezerra (2017) subprodutos de abates de frango como os ossos, peles, cristas e barbelas possuem elevadas concentrações proteicas sendo constituídas principalmente de colágeno, sendo a hidrólise de colágeno vinculada a formação de peptídeos com propriedades funcionais de quelação a minerais, melhorando a absorção dos mesmos no ambiente intestinal. Ainda de acordo com Bezerra (2017) existe uma relação da composição de aminoácidos totais com a capacidade de quelação de minerais, destacando os altos valores encontrados dos aminoácidos ácido aspártico (7,38 g/Kg 100g), ácido glutâmico (10,01 g/Kg 100g) no hidrolisado de cristas e barbelas com a quelação de ferro e capacidade antioxidante, o HPM utilizado neste estudo apresentaram valores próximos aos citados, com valores de aminoácidos totais de ácido aspártico de 5,89 g/Kg 100g e ácido glutâmico de 9,09 g/Kg 100g. Portanto, tais afirmações podem justificar os resultados obtidos de maior valor de matéria mineral para a composição de carcaça para o tratamento com 5% de inclusão de hidrolisado misto de subprodutos de aves e fígado suíno dos peixes avaliados, valor significativamente maior que o tratamento com 1%.

Para alguns peixes concentrações altas de ferro nas dietas podem levar riscos a toxicidade, porém estudo realizado por Barros et al. (2002) com tilápia do Nilo alimentados com níveis acima das exigências nutricionais descritas para a espécie não determinaram efeitos negativos no desempenho produtivo. Deste modo, segundo BORBA et al. (2012) os efeitos deletérios do ferro em excesso na dieta dependem da espécie de peixe considerada.

Alimentos de origem animal são ricos em ferro, porém nos vegetais, parte do ferro contido nos mesmos pode estar indisponível à absorção devido à quelação do mesmo com o fitato (LALL, 2002); (BORBA et al. 2012). LIM & LEE (2008; 2009) avaliou em estudos a suplementação de fitase e ferro em dietas a base de fontes vegetais e consideraram a suplementação como alternativa para maior uso de fontes vegetais para alimentação dos peixes (*Paralichthys olivaceus* e *Oplegnathus fasciatus*). Deste modo, podemos também sugerir que o HPM pode ser uma alternativa para inclusão nas rações para maior uso de fontes vegetais

devido as indicações encontradas sobre a funcionalidade de quelação ao ferro e os compostos antinutricionais que afetam o intestino.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo a inclusão de HPM em 1% nas dietas demonstrou maior crescimento dos peixes, 3% proporcionou aumento da superfície de absorção do intestino médio, maiores dimensões dos núcleos dos hepatócitos, condições baixas de vacuolização do tecido hepático. Os tratamentos com a inclusão de 5% de HPM obtiveram maior deposição de matéria mineral nas carcaças dos alevinos.

Pode-se relacionar a inclusão de hidrolisado com adaptações positivas e aparentemente mais saudáveis para o ambiente intestinal e condição morfológica do fígado normal ou quase normal de acordo com parâmetros de vacuolização avaliados, especificamente, a inclusão de 3%.

Sugere-se que o HPM pode ser candidato a aditivo para diminuir a inclusão de farinha de peixe e aumentar a inclusão de proteínas de origem vegetal nas dietas.

Este trabalho está em concordância com aplicações práticas sustentáveis e melhor aproveitamento de resíduos agroindustriais, visando dar alternativas de finalidade, contribuir para o conhecimento de inclusão e efeitos desses resíduos nas dietas de peixes, especificamente, de tilápias do Nilo (*O. niloticus*), um dos principais organismos produzidos na aquicultura. O esclarecimento da inclusão das dietas testadas propõe novos estudos, para avaliações com maior período experimental, em diferentes fases de vida da tilápia, bem como experimentação dos efeitos nutricionais em outros peixes ou organismos aquáticos. Avaliações bioquímicas, imunológicas relacionadas a saúde do peixe são recomendadas para explicar a atuação deste hidrolisado no metabolismo e fisiologia da tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. L. A.; PESSOTTI, N. S.; PINHAL, D.; PADOVANI, C. R.; LEITÃO, N. J.; CARVALHO, R. F.; MARTINS, C.; PORTELLA, M. C. PAI-SILVA, M. D. Quantitative expression. Of myogenic regulatory factors MyoD and myogenin in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) skeletal muscle during growth. **Micron**. v. 41, p. 997-1004, 2010.

ALAMI-DURANTE, H.; MÉDALE, F.; CLUZEAUD, M.; KAUSHIK, S. J. Skeletal muscle growth dynamics and expression of related genes in white and red muscle of rainbow trout fed

diets with graded levels of a mixture of plant protein sources as substitutes for fismear. **Aquaculture**. v. 303, p. 50-58, 2010.

ASSIS, J. M. F.; CARVALHO, R. F.; BARBOSA, L. AGOSTINHO, C. A.; PAI-SILVA, M. D. Effects of incubation temperature on muscle morphology and growth in the pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**. v. 237, p. 251-267, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists**. 17^a ed. Arlington: Inc, 2000.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria, 2002.

BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; KLEEMANN, G. K.; HISANO, H.; ROSA, G. J. M.; Níveis de Vitamina C e Ferro para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.** v. 31, n. 6, p. 2149-2156, 2002.

BAUER, A.J. Mentation on the immunological modulation of gastrointestinal motility. *Neurogastroenterol Motility*, v.20, suppl.1, p.81-90, 2008.

BERNARDO, L.; SOTELO, A. Effect of alkalies, temperature and hydrolysis times on tryptophan determination of purê proteins and food. **Analytical Biochemistry**, v. 109, p. 192-197, 1980.

BEZERRA, T. K. A. **Potencial funcional de cristas de barbelas de frango: obtenção e caracterização de peptídeos bioativos**. 2017. 104 f. Trabalho de conclusão de curso (Tese). Universidade Federal de Paraíba (Centro de Tecnologia). João Pessoa, PB, 2017.

BORBA, M. R.; SÁ, M. V. C.; ABREU, J. S.; NUTRIAQUA: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. In: Vitaminas e minerais. **Sociedade brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**. 141-142 p, Florianópolis –SC, 2012.

BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. **Shrimp Mart**. Songkhla, Thailand. 1996.

BRAZ, M. S. **Avaliações de efeitos decorrentes de alterações energéticas da dieta em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2016, 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

CABALLERO, M. J. LÓPEZ-CALERO, G.; SOCORRO, J.; ROO, F. J. IZQUIERDO, M. S.; FÉRNANDEZ, A. J. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**. v. 179, p. 227-229, 1999.

CABALLERO, M. J.; IZQUIERDO, M. S.; KJØSVIK, E.; FERNÁNDEZ, A. J.; ROSENLUND, G.; Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus aurata* L. caused by short-or long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. **Journal of Fish Diseases**. v. 27, p. 531-541, 2004.

CAVALIERE, G; A. **Parâmetros histomorfométricos do intestino delgado em frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes fontes de sorgo e concentrações de tanino**. 2012. 37f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

DERIGGI, G. F.; INOUE, L. A. K. A.; MORAES, G. Stress responses to handling in nile tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Linuacus): Assessment of eugenol as an alternative anesthetic. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, n. 3, p. 269-274, 2006.

DIETERICH, FABIANA. **Desenvolvimento, avaliação físico-química e biológica de hidrolisado proteico de resíduos agroindustriais para surubim**. 2014. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Doutorado). Universidade Estadual Paulista (Centro de Aquicultura). Jaboticabal, SP, 2014.

FERNANDES, R. N. **Valor nutritivo do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2010. 81 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual Paulista (Centro de Aquicultura) Jaboticabal, SP, 2010.

FRECCIA, A. **Óleos essenciais na alimentação de reprodutores de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2011. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Centro de Engenharias e Ciências Exatas). Marechal Cândido Rondon, PR, 2011.

FRIES, E. M. **Fitase na digestibilidade de alimentos proteicos vegetais para jundiá *Rhamdia voulezi***. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado). Centro de Engenharias e Ciências Exatas – Universidade Estadual do Oeste Paraná, Toledo, 2014.

FURUYA, W. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010, 100p.

HAGEN, S. R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acid in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists** v. 72: p. 912-916, 1989.

HISANO, H.; SILVA, M. D. P.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Levedura íntegra e derivados do seu processamento em rações para tilápia do Nilo: aspectos hematológicos e histológicos. **Acta Sci. Biol. Sci.** v. 28, n. 4, p. 311-318, Out/Dez, 2006.

HOULIHAN, D. F.; PEDERSEN, B. H.; STEFFENSEN, J. F.; BRECHIN, J. Protein synthesis, growth and energetics in larval herring (*Clupea harengus*) at different feeding regimes. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 14, p.195–208, 1995.

IWASHITA, Y.; YAMAMOTO, T.; FURUITA, H.; SUGITA, T.; SUZUKI, N. Influence of certain soybean antinutritional factors supplemented to a casein-based semipurified diet on intestinal and liver morphology in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Fisheries Science**. v. 74, p. 1075-1082, 2008.

KOTZAMANIS, Y.P., GISBERT, E., GATESOUBE, F.J., ZAMBONINO INFANTE, J., CAHU, C. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.** v.147, p. 205–214, 2007.

LALL, S. P.; **Fish Nutrition: The Minerals**. 3 ed. Academic Press, 2002. 286-288 p.

LEWANDOWSKI, L. DECARLI, J. A.; PEDRON, F. DE A.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Hidrolisados cárneos na alimentação do surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*). **Rev. Bras. Ci. Vet.**, v.20, n.4, p. 222-226, out/dez. 2013.

LEWANDOWSKI, L.; SARY, C.; SCHULLER, J. M.; DIETERICH, F. FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Hidrolisados proteicos em dietas para larvas de peixes. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.** v.12, n.4, p.277-282, out/dez 2014.

LILAND, N. S.; HATLEN, H.; VENEGAS, C.; ESPE, M.; TORTENSEN, B. E.; WAAGBØ. Including processed poultry and porcine by-products in diets high in plant ingredients reduced liver TAG in Atlantic salmon, *Salmon salar* L. **Aquaculture Nutrition.** v. 21, p. 655-669, 2015.

LIM, S.-J.; LEE, K.-J.; Supplemental iron and phosphorus increase dietary inclusion of cottonseed and soybean meal in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture Nutrition.** v. 14, p. 423-430, 2008.

LIM, S.-J.; LEE, K.-J.; Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). **Aquaculture.** v. 290, p. 283-289, 2009.

LORENZ, E. K. **Hidrolisados proteicos na alimentação de juvenis de dourado *Salminus brasiliensis*.** 2017. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (tese). Universidade de São Paulo (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”). Piracicaba, SP, 2017.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish.** 2ª ed. USA: Kluwer Academic Publishers. 1998

MAWE, G. M.; COLINS, S. M.; SHEA-DONOHUE, T. Changes in enteric neural circuitry and smooth muscle in the inflamed and infected gut. *Neurogastroenterology Motility*, v.16, suppl.1, p.133-136, 2004.

MELLO, H.; MORAES, J. R. E.; NIZA, I. G.; MORAES, F. R.; OZÓRIO, R. O. A.; SHIMADA, M. T. FILHO, J. R. E.; CLAUDIANO, G. S. Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-Nilo. **Pesq. Vet. Bras.** v. 33, n. 6, p. 724-730, junho, 2013.

MEWES, J. K.; MEURER, F. TESSARO, L. BUZZI, A. H.; SYPPERRECK, M. A.; BOMBARDELLI, R. A. Diets containing crude glycerin damage the sperm characteristics and modify the testis histology of Nile tilapia broodstock. **Aquaculture.** v. 466, p. 164-171, 2016.

MURRAY, H. M.; LALL, S. P.; RAJASELVAM, R.; BOUTILIER, L. A.; BLANCHARD, B.; FLIGHT, R. M.; COLOMBO, S.; MOHINDRA, V.; DOUGLAS, S. E. A nutrigenomic analysis of intestinal response to partial soyabem meal replacement in diets for juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, L. **Aquaculture**. v. 298, p. 282-293, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requeriments of Fishes and Shrimp**. Washington: DC. National Academies Press, 2011. 376p.

NEU, D.; BOSCOLO, W. R.; ALMEIDA, F. L. HASSEMER, M. Z. DALLAGNOL, FURUYA, W. M. Growth performance hematology and muscle growth isoleucine fed Nile tilapia. **B. Int, Pesca**. v. 43, n. 2, p. 231-242, 2017.

OLIVEIRA, R. C. **Morfometria computacional de órgãos de frangos de corte**. 80f. 2009. Trabalho de conclusão de curso (tese). Universidade de São Paulo (Instituto de matemática e estatística). São Paulo, SP, 2009.

OSTASZEWSKA T., DABROWSKI K., KWASEK K., VERRI T., KAMASZEWSKI M., SLIWINSKI J. & NAPORA-RUTKOWSKI L. Effects of various diet formulations (experimental and commercial) on the morphology of the liver and intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. **Aquaculture Research**. v. 42, p. 1796–1806, 2011.

PENN, M. H.; BENDIKSEN, E. A.; CAMPBELL, P.; KROGDAHL, A. High level dietary pea protein concentrate induces enteropathy in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**. v. 310, p. 267-273, 2011.

PINHEIRO, D. A. **Desempenho zootécnico, parasitologia branquial, hematologia e histologia hepática de *Colossoma macropomum* (Tambaqui) alimentado com produto homeopático**. 2014. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM, 2014.

POWER, D. M.; MELO, J.; SANTOS R. A. The effect of food deprivation and refeeding on the liver thyroid hormones and transthyretin in sea bream. **Journal of Fish Biology** 56, 374–387, 2000.

RAŠKOVIC, B. S.; STANKOVIC, M. B.; MARKOVIC, Z. Z.; POLEKSIC, V. D. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. **Journal of Agricultural Sciences** 56: 87-100. 2011.

ROCHA, J. D. M. **Hidrolisado proteico de pescado em dietas para alevino de tilápia do Nilo**. 2014. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Centro de Engenharias e Ciências Exatas). Toledo, PR, 2014.

RODRIGUES, A. R.; SATURNINO, K. C.; FERNANDES, C. E. Liver histology and histomorphometry in hybrid sorubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) reared on intensive fish farming. **Aquaculture Research**. v. 48, p. 5038-5093, 2017.

ROTTA, M. A. Aspectos da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. **Embrapa Pantanal**. Corumbá, 2003. 48p.

ROWLERSON, A.; VEGGETTI, A. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In: **Muscle Development and Growth**. (ed. JOHNSTON, I.A.). London: Academic Press, p.103-139, 2001.

SCHINDELIN, J.; ARGANDA-CARRERAS, I.; FRISE, E.; KAYNING, V.; LONGAIR, M.; PIETZSCH, S.; RUEDEN, C.; SAALFELD, S.; SCHMID, B.; TINEVEZ, J. Y.; WHITE, D. J.; HARTENSTEIN, V.; ELICEIRI, K.; TOMANCAK, P.; CARDONA A. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. **Nature methods**. v. 9, n. 7, 2012.

SHIRAISHI, C. S.; AZEVEDO, J. F.; SILVA, A. V.; SANT'ANA, D. M. G.; ARAÚJO, E. J. A. Análise morfométrica da parede intestinal e dinâmica de mucinas secretadas on íleo de frangos infectados por *Toxoplasma gondii*. **Ciência Rural**. v. 39, n. 7, p. 2146-2153, out/ 2009.

SIGNOR, A. A.; ALTEVIR, S. BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Farinha de carne e ossos na alimentação de larvas de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**. v. 40, n.4, p. 970-975, abr/2010.

SILVA, T. C. ROCHA, J. D. M.; MOREIRA, P.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. **Pesq. Agropec.bras.** Brasília. v. 52, p. 485-492, jul/2017.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: Propriedades, Degradações e Modificações.** São Paulo: Livraria Varela, 1996. In: CENTANARO, G. S. **Obtenção de biopeptídeos com atividade antioxidante a partir de proteínas de origem animal.** 2011. 153 f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande (Escola de Química e Alimentos). Rio Grande, RS, 2011.

STATSOFT.**Statistica (data analysis software system).** version 7.1. E.U.A. 2005.

SOUZA, V. L.; LUNARDI, L.O.; VASQUES, L. H., CASALETTO, L.; NAKAGHI, L. S. O.; URBINATI, E. C. Morphometric alterations in hepatocytes and ultrastructural distribution of liver glycogen in pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) during food restriction and refeeding. **Brazilian Journal of Morphological Sciences.** v. 18, p.15–20, 2001.

STRUSSMANN C.A. & TAKASHIMA F. Hepatocyte nuclear size and nutritional condition of larval pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Cuvier et Valenciennes). **Journal of Fish Biology.** v.36, p. 59–65, 1990.

TANG, H.; WU, T.; ZHAO, Z.; PAN, X. Effects of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). **Journal of Zhejiang University Science B.** v. 9, n. 9, p. 681-690, 2008.

TESSARO, L. **Energia Digestível para Reprodutores de jundiá (*Ramdia quelen*).** 2011. 77 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Centro de Engenharias e Ciências Exatas). Toledo, PR, 2011.

TESSARO, L. TOLEDO, C. P. R.; NEUMANN, G.; KRAUSE, R. A.; MEURER, F.; NATALI, M. R. M.; BOMBARDELLI, R. A. Animal performance and reproductive aspects of female *Rhamdia quelen* fed on different levels of digestible energy. **Aquaculture Research.** v. 45, p. 1425-1433, 2014.

UCZAY, JULIANO. **Utilização de hidrolisados de origem animal e vegetal em dietas para juvenis de jundiá.** 2017. 96 f. Trabalho de conclusão de curso (Doutorado). Universidade do estado de Santa Catarina (Centro de Ciências Agroveterinárias). Lages, SC, 2017.

VALENTE, L.M.P. et al. 1999 Growth and dynamics of white and red muscle fibres in fast- and slow-growing strains of rainbow trout. **Journal Fish Biology.** v. 55, n.4, p. 675-691.

VALLADAO, G. M. R. **Óleos essenciais de plantas na dieta de tilápia do Nilo: efeitos sobre a saúde, morfologia intestinal e microbiota.** 2018. 115 f. Tese (doutorado) – Centro de Aquicultura – Universidade Estadual Palista, 2018.

WANG, Y.; WANG, L.; ZHANG, C.; SONG, K.; Effects of substituing fishmeal with soybean meal on growth performance and intestinal morphology in Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). **Aquaculture Reports.** v. 5, p. 52-57, 2017.

WOSNIAK, B.; MELIM, E. W. H.; HA, N. UCZAY, J.; PILATTI, C.; PESSATTI, M. L.; FABREGAT, T. E. H. P. Effect of diet containing different types of sardine waste (*Sardinella sp.*) protein hydrolysate on the performance and intestinal morphometry of silver catfish juveniles (*Rhamdia quelen*). **Lat. Am. J. Aquat. Res.** v. 44, n. 5, p. 957-966, 2016

ZHANG, C.; RAHIMNEJAD, S.; WANG, Y.; LU, K.; SONG, K.; WANG, L.; MAI, K. Substituing fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): Effets on groth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression. Of gut inflammatory and transporter genes. **Aquaculture.** v. 483, p. 173-182, 2018.

ZHOU, Z. RINGØ, E.; OLSEN, R. E.; SONG, S. K. Dietary effects of soybean products on gut microbiota and immunity of aquatic animal: A review. **Aquacultures Nutrition.** v. 24, p. 644-665, 2016.

Tabela 3. Composição proximal calculada (%) das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado proteico de subprodutos de aves e suínos para alevinos de tilápia do Nilo.

Ingredientes	Tratamentos (%)						
	C ⁻¹	C ⁺²	1	2	3	4	5
Fubá de milho	24,65	25,73	25,08	25,50	25,93	26,35	26,78
Concentrado proteico de soja	26,09	21,33	24,82	23,55	22,28	21,01	19,73
Arroz quirera	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farinha de vísceras de aves	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farinha de penas	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Farinha de sangue	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Farelo de milho (glúten 60%)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Farinha de peixe 55%	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidrolisado misto	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Óleo de soja	3,67	3,30	3,54	3,41	3,28	3,15	3,02
Levedura de Álcool	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Glúten de trigo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato bicálcico	1,95	1,36	1,96	1,97	1,98	1,99	2,01
Calcário	0,72	0,36	0,70	0,67	0,65	0,63	0,60
L-lisina HCL	0,58	0,61	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55
L-treonina	0,55	0,56	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56
Cloreto de Sódio	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sup. Mineral e Vitamínico ³	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
DL-metionina	0,40	0,38	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38
Vitamina C	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de colina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Antifúngico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<i>Total</i>	100	100	100	100	100	100	100
Níveis nutricionais (%)							
Amido	23,89	24,56	24,15	24,42	24,69	24,95	25,22
Proteína digestível	34,45	34,13	34,41	34,36	34,32	34,27	34,23
Lipídios	6,69	6,94	6,64	6,00	6,55	6,50	6,46
Leucina total	3,41	3,40	3,41	3,40	3,39	3,38	3,37
Arginina total	2,61	2,55	2,59	2,57	2,55	2,53	2,51
Lisina total	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Valina total	2,23	2,23	2,23	2,23	2,22	2,22	2,22
Treonina total	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Fenilalanina Total	2,05	2,00	2,04	2,02	2,01	2,00	1,98
Isoleucina total	1,61	1,59	1,61	1,60	1,59	1,58	1,58
Cálcio	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Fibra bruta	1,29	1,18	1,26	1,24	1,21	1,18	1,15
Histidina total	1,05	1,03	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03
Fósforo total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Metionina total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disponível	0,76	0,83	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Triptofano total	0,43	0,41	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42

¹Controle Negativo, ²Controle Positivo, ³Suplemento Mineral e Vitamínico (Composição: Vitamina A, vitamina D3, vitamina E, vitamina K3, vitamina B1, vitamina B2, pantotenato de cálcio, vitamina B6, vitamina B12, niacina, ácido fólico, biotina, inositol, sulfato de ferro, sulfato de manganês, sulfato de zinco, iodato de cálcio, selenito de sódio, sulfato de cobre, carbonato de cobalto, propianato de cálcio, antioxidante (BHT; óleo mineral, dióxido de sílico, propilgalato, ácido cítrico).

Tabela 4. Análise de composição centesimal das dietas experimentais.

Variáveis	Tratamentos (%)							
	HPM ¹	C ⁻²	C ⁺³	1%	2%	3%	4%	5%
Matéria Seca (%)	92,20±0,05	93,84±0,01	93,48±0,05	90,85±4,15	92,76±0,05	94,06±0,02	93,60±0,08	92,85±1,37
Proteína Bruta (%)	72,43±1,03	39,34±0,00	39,03±0,35	38,51±1,34	39,20±0,32	39,49±0,46	38,49±0,13	38,81±0,37
Extrato Etéreo (%)	6,98±0,06	3,45±0,01	1,73±0,04	2,80±0,03	4,43±0,15	4,43±0,02	2,86±0,08	2,71±0,08
Matéria Mineral (%)	4,62±0,12	7,56±0,15	8,44±0,04	7,55±0,08	7,49±0,01	7,77±0,08	7,62±0,02	7,53±0,13
Energia (%)	4,99±0,04	4,37±0,00	4,29±0,03	4,41±0,00	4,37±0,00	4,43±0,00	4,40±0,11	4,42±0,00

¹HPM = hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno, ²C- = controle negativo, ³C+ = controle positivo.

Tabela 5. Composição de aminoácidos (g kg^{-1}) do hidrolisado incluído nas dietas experimentais.

Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno (HPM)	AA (%)	A Livres (%)
Ácido Aspártico	5,898	0,488
Ácido Glutâmico	9,092	1,203
Serina	2,657	0,528
Glicina	5,329	0,413
Histidina	1,626	0,324
Taurina	0,539	0,372
Arginina	3,876	1,044
Treonina	2,616	0,556
Alanina	4,333	0,993
Prolina	3,712	0,461
Tirosina	2,088	0,793
Valina	3,49	0,898
Metionina	1,591	0,452
Cistina	0,870	0,154
Isoleucina	2,797	0,635
Leucina	5,105	1,656
Fenilalanina	2,732	0,804
Lisina	4,280	1,068
Triptofano	0,534	0,045
Glutamina	Não detectado	Não detectado
TOTAL	63,165	12,887

AA(%) = aminoácidos totais; AL (%) = aminoácidos livres

Tabela 6. Valores médios de desempenho de alevinos de tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado misto proteico de subprodutos de aves e fígado suíno.

Variáveis	Níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e suínos (%)							Efeito
	C ⁻¹	C ⁺²	1%	2%	3%	4%	5%	
PIM(g)	1,42±0,01	1,42±0,04	1,44±0,01	1,43±0,03	1,42±0,04	1,41±0,04	1,39±0,02	NS
PFM (g)	16,62±1,21	16,72±0,39	18,48±1,51	17,26±1,27	17,62±1,07	16,71±1,40	17,45±1,00	NS
GPM (g)	15,19±1,20	15,30±0,35	17,03±1,49	15,83±1,25	16,20±1,04	15,29±1,42	16,05±1,02	NS
TCE (%)	8,77±0,24	8,79±0,04	9,08±0,26	8,88±0,22	8,98±0,16	8,80±0,36	9,00±0,25	NS
CFM (cm)	8,94±0,22b	9,04±0,11b	9,59±0,30a	9,34±0,12ab	9,16±0,27ab	9,37±0,12ab	9,21±0,12ab	*
CAA	1,03±0,14	0,94±0,04	0,95±0,04	0,93±0,08	1,05±0,14	1,00±0,07	1,04±0,10	NS
IHS (%)	2,60±0,18	2,26±0,19	2,28±0,72	2,40±0,27	2,58±0,31	2,32±0,12	2,47±0,40	NS
IGV (%)	1,07±0,33	0,65±0,26	1,19±0,49	0,99±0,19	1,12±0,45	1,04±0,15	1,40±0,39	NS
PRI (%)	7,64±0,77	6,75±0,70	6,95±0,81	7,43±0,48	6,76±0,76	7,48±0,94	7,44±0,42	NS
SO (%)	87,50±10,75	88,88±9,62	100±0,00	97,91±4,16	87,50±15,95	97,22±4,81	91,66±11,78	NS

¹C- = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ²C+ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe). PI = peso inicial médio (g); PFM = peso final médio (g); GPM= ganho de peso médio (g); TCE= Taxa de crescimento específico (%); CFM = comprimento final (cm); CAA = conversão alimentar aparente. IHS= Índice hepatossomático; IGV= Índice de gordura visceral; PRI= Peso relativo do intestino, SO= Sobrevivência (%). NS= não houve diferença significativa. * Diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Utilização de nutrientes pelos alevinos de tilápia do Nilo com as dietas experimentais por 28 dias.

Dietas	Níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e suínos (%)						Efeito	
	C ⁻¹	C ⁺²	1%	2%	3%	4%		5%
Consumo alimentar (g MS/peixe)	14,79±3,14	13,53±0,72	15,50±0,75	13,70±0,36	15,18±2,03	14,70±1,37	15,56±1,75	NS
Proteína consumida (g MS/peixe)	5,82±1,23	5,28±0,28	5,97±0,29	5,37±0,14	5,99±0,80	5,66±0,53	6,04±0,68	NS
Lipídio consumido (g MS/peixe)	1,10±0,23	0,98±0,05	1,20±0,01	1,07±0,08	1,12±0,15	1,19±0,11	1,29±0,14	NS
<i>Nitrogênio</i>								
NI (g kg PMC ⁻¹ /dia ⁻¹)	3,66±0,56	3,32±0,13	3,34±0,13	3,29±0,27	3,69±0,47	3,48±0,29	3,66±0,36	NS
RN (%NI)	17,45±1,13	18,54±1,05	22,57±0,90	20,12±2,37	17,33±3,39	18,60±2,74	19,58±3,70	NS
<i>Lipídios</i>								
LI (g kg PMC ⁻¹ /dia ⁻¹)	4,81±1,02	4,27±0,22	5,25±0,08	4,66±0,38	4,89±0,65	5,20±0,48	5,61±0,63	NS
RL (% LI)	105,83±32,34	110,08±17,91	99,23±7,99	103,19±11,00	99,31±17,41	101,53±4,53	96,65±8,71	NS

¹C- = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ²C+ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe). Valores apresentados como médias ± desvio padrão para os dados com distribuição. PMC= peso médio corporal (peso inicial + peso final)/2, MS= Matéria seca, NI=Nitrogênio ingerido, RN (%I)= Retenção de nitrogênio em % do ingerido, LI= lipídeos ingeridos, RL%I= Retenção de lipídeos em % do ingerido. NS= não houve diferença significativa. * =Diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Frequência de fibras de musculares em classes de diâmetros – <10, 10-20, 20-30, 30-40 e >40, em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com dietas com diferentes níveis de inclusão de hidrolisado misto proteico de subprodutos de aves e fígado suíno.

Frequências	Níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e suínos (%)						Efeito	
	C ⁻¹	C ⁺²	1%	2%	3%	4%		5%
<10 (µm)	3,77±3,76	4,33±4,30	3,94±2,37	4,66±2,78	3,88±3,46	2,77±2,27	2,94±2,14	NS
10-20 (µm)	34,16±5,72	27,05±11,40	36,38±8,23	34,72±12,85	35,72±6,42	29,88±7,46	34,05±11,59	NS
20-30 (µm)	36,66±7,14	35,61±8,16	36,50±4,43	32,55±6,35	35,77±8,47	32,11±6,08	34,5±8,64	NS
30-40 (µm)	21,50±6,86	25,5±8,44	19,16±7,21	20,0±9,56	19,66±5,70	24,50±6,61	20,05±6,13	NS
40-50 (µm)	3,88±3,37	7,5±6,94	4,00±4,74	8,05±7,53	4,94±4,97	10,72±8,88	8,44±7,89	NS

¹C- = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ²C+ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe).

Tabela 9. Morfometria do intestino (μm), medidas de altura do vilos, altura total do vilos, largura do vilos e tamanho da túnica muscular.

Variáveis	Níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e suínos (%)							Efeito
	C ⁻¹	C ⁺²	1%	2%	3%	4%	5%	
Nº de vilos	30,89±5,48b	28,22±4,26b	33,78±5,38ab	32,00±9,61b	42,11±3,95a	36,67±5,26ab	35,67±5,29ab	*
Alt. de vilos (μm)	176,51±35,03	159,82±25,75	189,00±36,54	149,21±21,72	162,65±62,33	167,32±25,56	189,93±41,22	NS
Alt. T. dos vilos (μm)	205,70±36,39	174,46±32,35	205,61±46,76	159,48±24,67	174,36±73,82	182,85±26,87	205,88±45,33	NS
Largura dos vilos (μm)	74,80±16,51	82,99±17,59	78,30±16,95	65,51±10,38	78,85±9,43	70,31±13,59	88,63±20,60	NS
T. Muscular (μm)	20,21±3,27a	17,50±8,73ab	13,45±4,43ab	11,28±4,02b	12,09±4,75b	14,49±3,96ab	15,14±3,74ab	*

¹C- = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ²C+ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe). Nº de vilos = número de vilos; Alt. de vilos = Altura dos vilos; Alt. T. dos vilos= Altura total dos vilos; Largura dos vilos = larguras das vilosidades intestinais; T. Muscular= Túnica Muscular. NS= não houve diferença significativa. * Diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 10. Morfometria dos núcleos de hepatócitos de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas com inclusão de HPM.

	Níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e suínos (%)							Efeito
	C ⁻²	C ⁺³	1%	2%	3%	4%	5%	
Peso final min/máx.¹	11,42-25g	13,93-24,85g	13,73-26,8g	10,65-21,99g	13,5-24,42g	12,69-21,6g	11,2-20,9g	
Morfometria								
Perímetro do núcleo (µm)	6,06±0,50 (6,03b)	6,13±0,53 (6,13b)	6,04±0,22 (5,99b)	6,19±0,32 (6,09ab)	7,65±0,15 (7,68a)	6,25±0,33 (6,17ab)	6,92±0,30 (6,81ab)	*
Área do núcleo (µm ²)	9,44±1,62 (9,40b)	9,64±01,66 (9,64b)	9,30±0,68 (9,24b)	9,83±1,05 (9,59ab)	14,97±0,55 (14,80a)	9,88±1,08 (9,54ab)	12,33±2,30 (11,83ab)	*
Volume nuclear (µm ³)	20,37±2,73 (20,63b)	21,51±4,31 (20,38ab)	21,25±2,31 (20,93ab)	22,06±1,57 (22,34ab)	27,86±2,21 (28,76a)	23,28±2,99 (23,21ab)	28,39±3,96 (28,04a)	*

¹Peso final min/máx = peso final mínimo e máximo dos fígados por tratamento. ²C⁻ = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ³C⁺ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe). Medianas da mesma linha com diferentes letras diferem (P<0,05) pelo teste de Kruskal-Wallis. ⁴Vacuolização:

Tabela 11. Resumo da ocorrência dos vacúolos analisados de fígados de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com as diferentes dietas experimentais.

Tratamentos	Escore de vacuolização – número de amostras			
	(0)	(1)	(2)	(3)
C⁻¹	1	1	3	1
C⁺²	4	2	-	-
1%	2	2	2	-
2%	3	1	2	-
3%	4	1	1	-
4%	1	-	3	2
5%	4	1	1	-

¹C⁻ = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ²C⁺ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe). * Escalas intermediárias foram sinalizadas de acordo com o escore que mais se enquadrou. (0) = Tecido hepático normal; (1) = Tecido hepático com baixa vacuolização; (2) = Tecido hepático com vacuolização média; (3) = Tecido hepático com vacuolização severa.

Tabela 12. Análise centesimal da carcaça dos alevinos com vísceras na matéria natural alimentados com diferentes dietas experimentais.

Níveis de inclusão de hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e suínos (%)								
Variáveis	¹ C-	² C+	1%	2%	3%	4%	5%	Efeito
UM (%)	72,87±0,71	73,47±0,62	72,52±0,20	73,18±0,64	73,37±1,13	71,93±0,82	71,91±0,39	NS
PB (%)	13,90±0,62	13,63±0,13	14,11±0,37	13,86±0,34	13,64±0,53	13,71±0,61	14,03±0,59	NS
MM (%)	3,32±0,20ab	3,40±0,03ab	3,07±0,05b	3,21±0,04ab	3,16±0,11ab	3,31±0,19ab	3,45±0,08a	*

¹C- = controle negativo (isenta de hidrolisado e farinha de peixe), ²C+ = controle positivo (isenta de hidrolisado e contendo farinha de peixe). UM= Umidade; PB= Proteína bruta; MM= Matéria mineral. NS= não houve diferença significativa. * Diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Tukey.

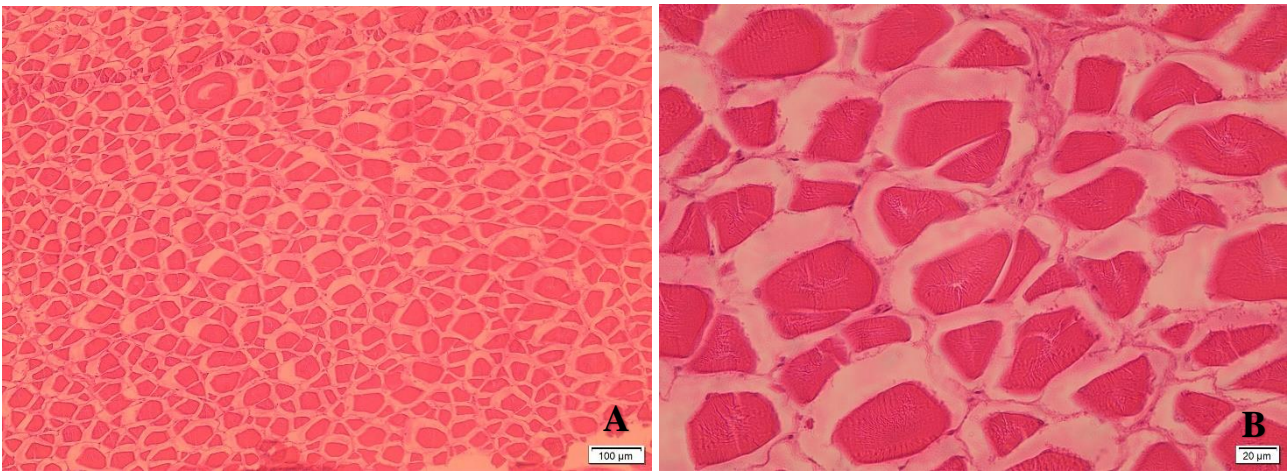


Figura 1. Fotomicrografia de corte transversal da musculatura de *Oreochromis niloticus* coloração em HE. Foto (A) Aumento de 10x. Foto (B) aumento de 40x.

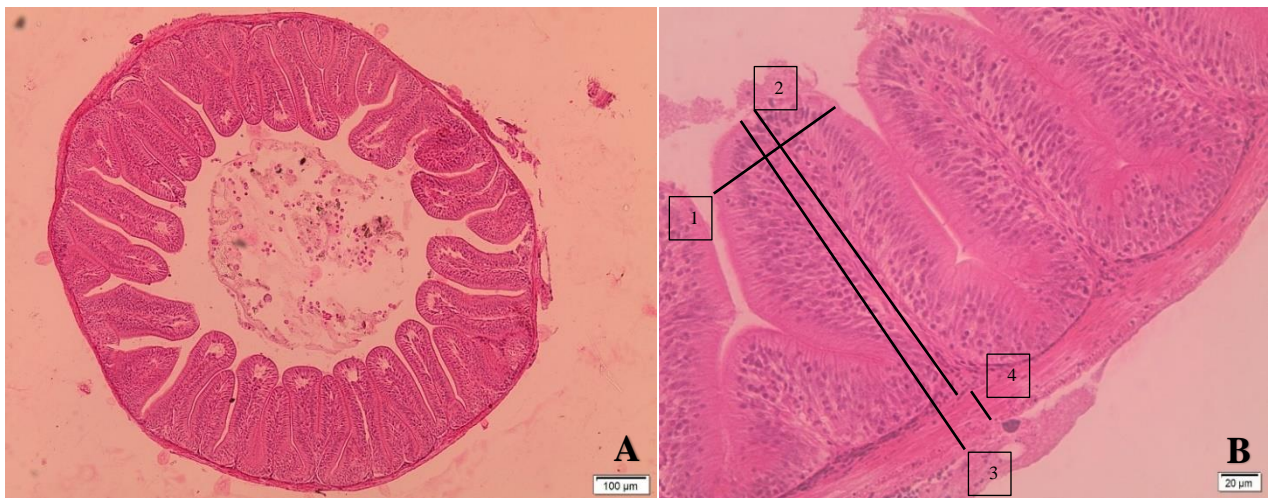


Figura 2. Fotomicrografia de corte transversal do intestino de *O. niloticus* coloração em HE. Foto (A) Aumento de 10x. Foto (B) aumento de 40x. Letras correspondente medições: 1) Largura do vilão; 2) altura do vilão; 3) Altura total do vilão; 4) Altura da túnica muscular.

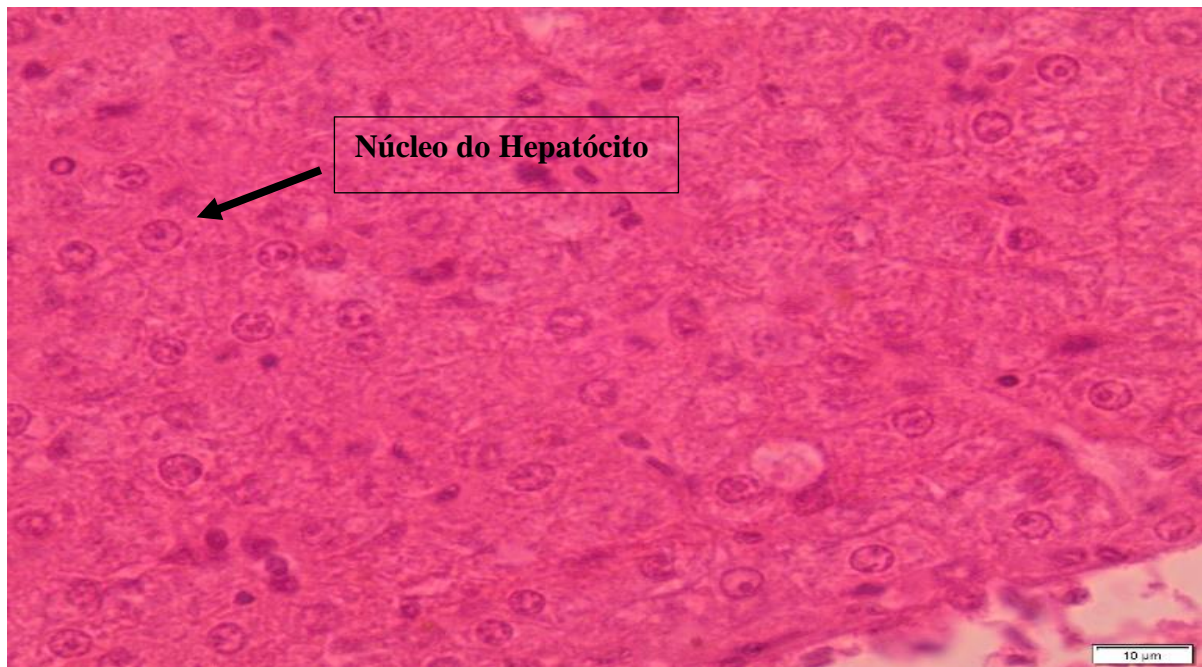


Figura 3. Fotomicrografia do tecido hepático de *O. niloticus* em coloração em HE. Aumento de 100x.

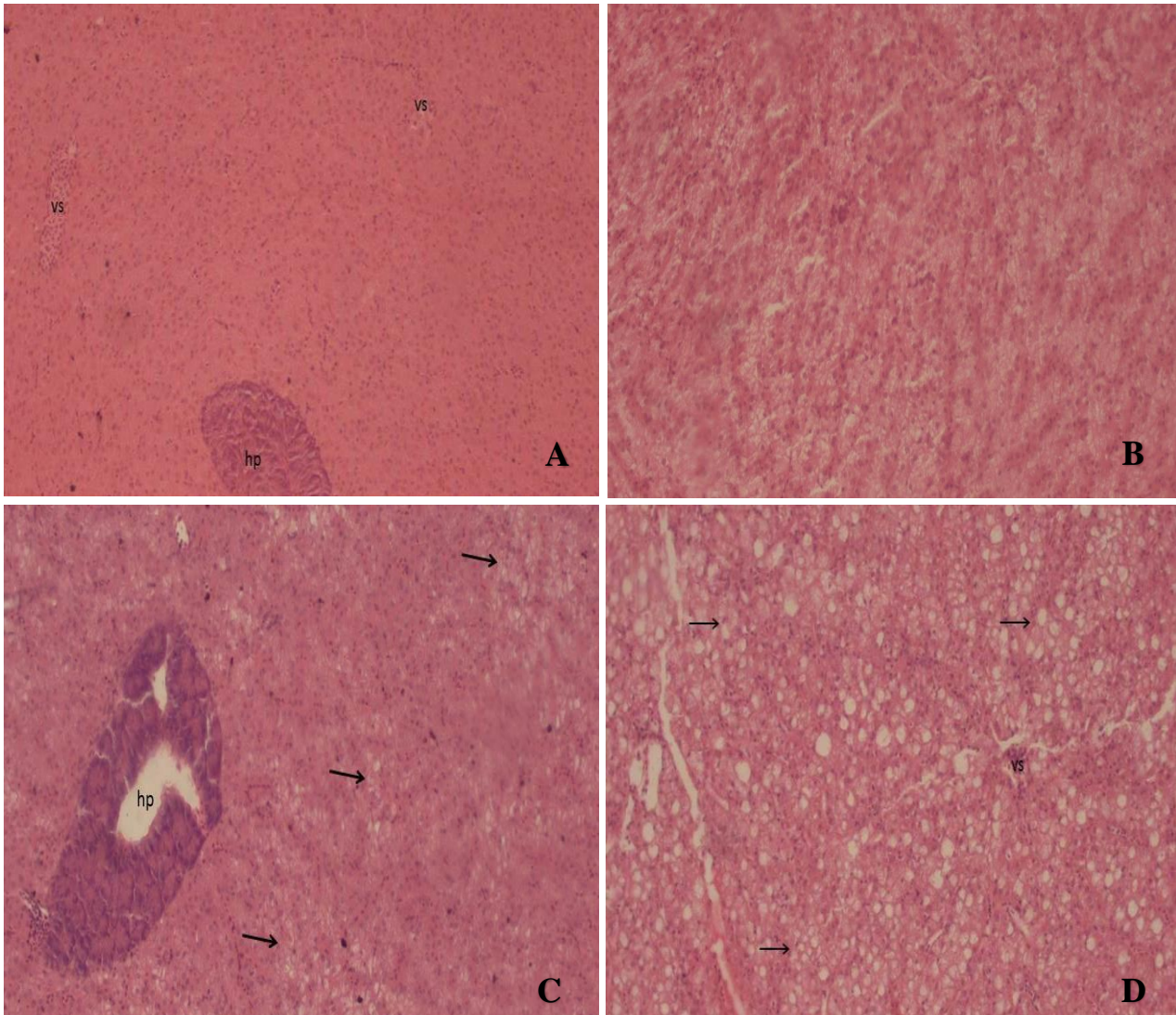


Figura 4. A= Fígado normal. Hepatócitos abundantes, coloração do tecido homogênea. Vasos e áreas de hepatopâncreas bem definidos (0). vs= Vaso sanguíneo; hp: hepatopâncreas. B= Aspecto geral do tecido hepático com vacuolização (1). Pequena variação na homogeneidade do tecido, presença de pequenos vacúolos. C= Tecido hepático com vacuolização média (2). Vacúolos mais visíveis. hp= hepatopâncreas, → região de vacúolos. D= Vacuolização intensa. Vacúolos facilmente visíveis e ocupando grande parte do tecido. vs= vasos sanguíneo, → vacúolos (3). H.E. 10x aumento.

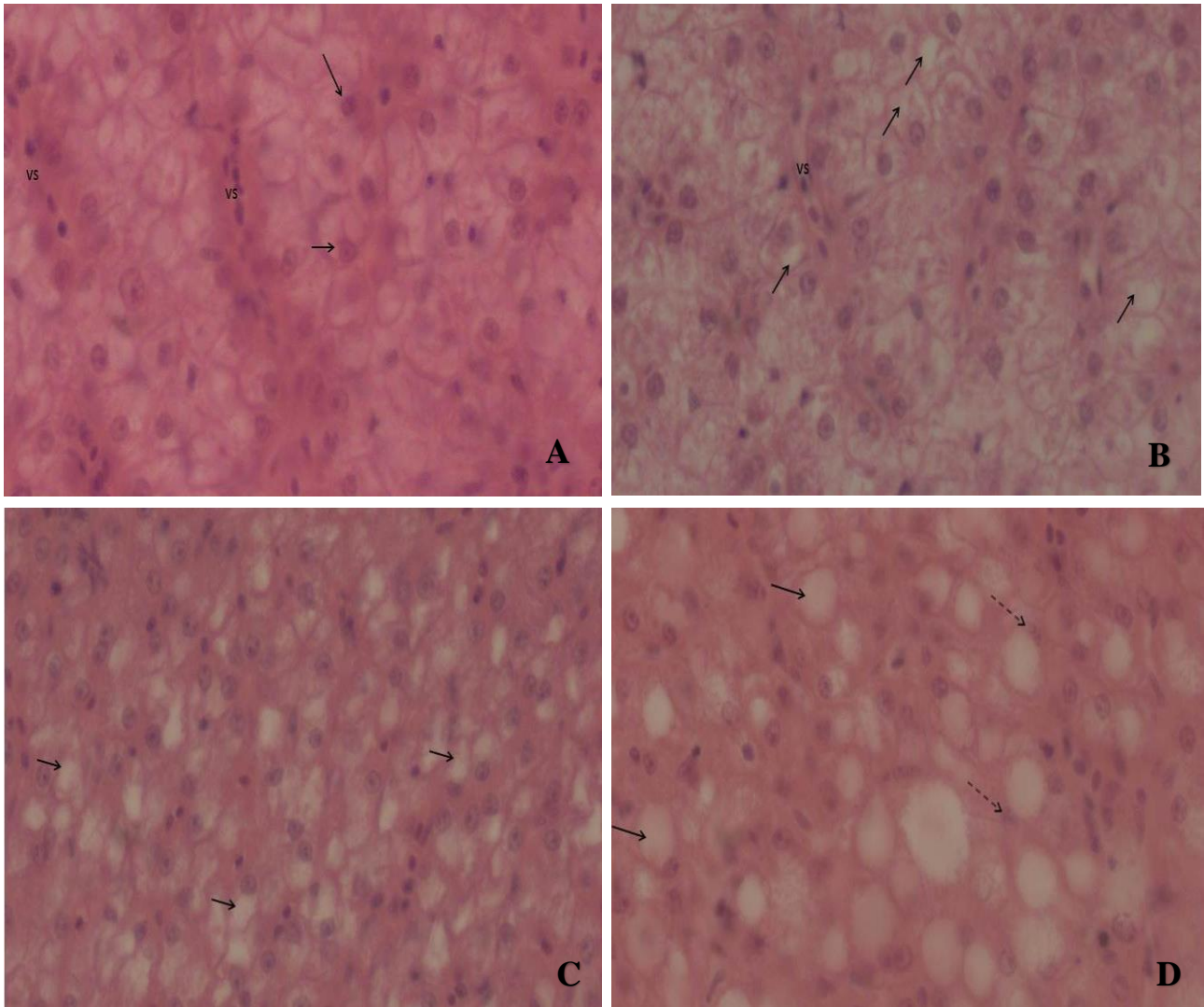


Figura 5. A= Hepatócito. Limite celular definido e núcleo bem marcado. vs=vaso sanguíneo, →núcleo do hepatócito, de escore de vacuolização (0). B= Presença de pequenos vacúolos intracelulares, mas sem alteração de formato e posicionamento do núcleo dos hepatócitos. vs= vaso sanguíneo, → vacúolos, escore (1). C= Hepatócitos com vacúolos aparentes e mais volumosos, escore (2). D= Hepatócitos com vacúolos. Notar a perda do formato celular. Vacúolos ocupando grande parte do citoplasma e deslocamento nuclear. → vacúolo; - - > núcleo periférico, escore (3). H.E. 40x aumento.