

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

**MARJANA DOS SANTOS CARDOSO**

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE HIDROLISADOS PROTEICOS  
DE RESÍDUOS DO ABATE DE FRANGOS E SUÍNOS PELA TILÁPIA  
DO NILO**

Toledo

2019

**MARJANA DOS SANTOS CARDOSO**

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE HIDROLISADOS PROTEICOS  
DE RESÍDUOS DO ABATE DE FRANGOS E SUÍNOS PELA TILÁPIA  
DO NILO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, 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.

Área de concentração:  
Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Toledo  
2019

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

Cardoso, Marjana

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE HIDROLISADOS PROTEICOS DE RESÍDUOS DO ABATE DE FRANGOS E SUÍNOS PELA TILÁPIA DO NILO / Marjana Cardoso; orientador(a), Aldi Feiden, 2019. 32 f.

Dissertação (mestrado), 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 agroindustriais. 2. nutrição de peixes. 3. digestibilidade. 4. peptídeos bioativos. I. Feiden, Aldi. II. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

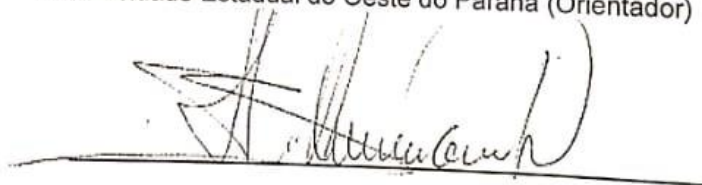
MARJANA DOS SANTOS CARDOSO

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE HIDROLISADOS PROTEICOS  
DE RESÍDUOS DO ABATE DE FRANGOS E SUÍNOS PELA TILÁPIA  
DO NILO

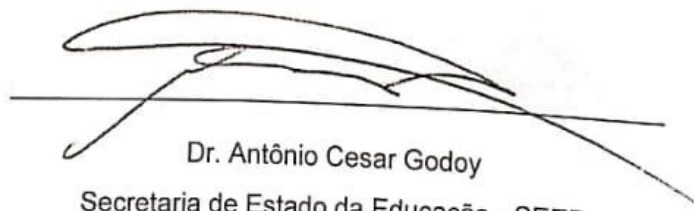
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros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



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



Prof. Dr. Fábio Bittencourt  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Dr. Antônio Cesar Godoy  
Secretaria de Estado da Educação - SEED

Aprovada em: 06 de dezembro de 2019.

Local de defesa: sala 15 – Bloco D, UNIOESTE/ *campus* Toledo-PR, às 9:30 da manhã.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
2.1 <i>Local de estudo</i> .....	13
2.3 <i>Animais utilizados</i> .....	15
2.4 <i>Manejo diário do ensaio de digestibilidade</i> .....	15
2.5 <i>Fórmulas para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA)</i> .	16
2.6 <i>Parâmetros de qualidade de água</i> .....	17
2.7 <i>Delineamento experimental e análise de dados</i> .....	17
<b>3. RESULTADOS</b> .....	17
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	24
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	24

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Composição físico-química e de aminoácidos dos hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) com base na matéria seca.....13
- Tabela 2** - Formulação ( $\text{g kg}^{-1}$ ), composição físico-química e de aminoácidos ( $\text{g kg}^{-1}$ ) das dietas referência e com a inclusão de hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) com base na matéria seca.....14
- Tabela 3** – Média (erro padrão) dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia dos hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) pela tilápia do Nilo com base na matéria seca.....18

## **APOIO FINANCEIRO**

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante o período de mestrado (processo:1684567).

A empresa BRF Brasil Foods Ingredients, unidade de Curitiba-PR pelo apoio na aquisição dos insumos para as dietas experimentais e com financeiro para as análises.

## LISTA DE ABREVIATURAS

CDA – Coeficiente de digestibilidade aparente

CDA<sub>AAE</sub> – Coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos essenciais

CDA<sub>AANE</sub> – Coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos não essenciais

CDA<sub>EB</sub> – Coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta

CDA<sub>PB</sub> – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta

EB – Energia bruta

EE – Extrato etéreo

FP – Farinha de peixe

MS – Matéria seca

PB – Proteína bruta

PHF – Proteína hidrolisada de frango

PHFS – Proteína hidrolisada de fígado suíno

PHMS – Proteína hidrolisada de mucosa suína

PHP – Proteína hidrolisada de penas



Dissertação elaborada e formatada  
conforme as normas da publicação  
científica *Aquaculture Research*

Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/13652109>

# DIGESTIBILIDADE APARENTE DE HIDROLISADOS PROTEICOS DE RESÍDUOS DO ABATE DE FRANGOS E SUÍNOS PELA TILÁPIA DO NILO

## RESUMO

O objetivo do estudo foi determinar a composição físico-química de hidrolisados proteicos de subprodutos cárneos do processamento de aves e suínos, bem como, avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína ( $CDA_{PB}$ ), energia ( $CDA_{EB}$ ) e dos aminoácidos essenciais ( $CDA_{AAE}$ ) e não essenciais ( $CDA_{AANE}$ ) por juvenis de tilápia do Nilo. Analisou-se a composição físico-química (matéria seca – MS; proteína bruta – PB; energia bruta – EB; aminoácidos essenciais -  $AA_E$ ; e não essenciais -  $AA_{NE}$ ) dos hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF). Foram formuladas cinco dietas, sendo uma referência e quatro testes compostas por 80% da dieta referência e 20% de proteína hidrolisada (PHFS, PHMS, PHP e PHF). Para o ensaio de digestibilidade aparente 500 juvenis de tilápia do Nilo ( $69,08 \pm 0,69$  gramas) foram distribuídos aleatoriamente em um sistema com recirculação de água composto por 20 tanques cônicos cilíndricos (500L), adaptados com copo coletor de fezes. Os animais foram alimentados a taxa de 4% do peso vivo por dia divididos em cinco alimentações diárias, totalizando 30 dias de experimentação. Seguiu-se o método indireto de coleta de fezes utilizando 0,1% de óxido de cromo III ( $Cr_2O_3$ ) como marcador inerte. Foram constatadas diferenças significativas entre os CDAs dos diferentes hidrolisados proteicos avaliados ( $P < 0,05$ ) para praticamente todas as frações nutricionais analisadas, exceto para alguns aminoácidos tais como a arginina, triptofano, cistina e taurina. Os valores médios da PHFS (87,53 e 79,53%), PHP (89,05 e 83,37%) e PHF (90,84 e 87,29%) referentes ao  $CDA_{PB}$  e do  $CDA_{EB}$  respectivamente foram inferiores ( $P > 0,05$ ) às médias do  $CDA_{PB}$  (97,12%) e  $CDA_{EB}$  (96,62%) obtidos para a PHMS. Em geral, as médias dos  $CDA_{AAE}$ ;  $CDA_{AANE}$  para a PHMS (98,59%) foram superiores ( $P < 0,05$ ). No entanto, não diferenciou do PHP (95,45) e PHF (93,85), as médias inferiores foram evidenciadas para a PHFS (90,54%). Conclui-se que os hidrolisados avaliados apresentaram valores elevados das frações nutricionais de interesse para a aquicultura, além de elevadas taxas de digestibilidade aparente para tilápia do Nilo. Este estudo desperta para a utilização das proteínas hidrolisadas como alimento funcional na nutrição animal.

**Palavras-chave:** subprodutos agroindustriais, nutrição de peixes, digestibilidade, peptídeos bioativos.

## Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues by Nile tilapia

### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the physicochemical composition of protein hydrolysates of meat by-products from poultry and swine processing, as well as to evaluate the apparent digestibility coefficients (CDA) of protein ( $CDA_{PB}$ ), energy ( $CDA_{EB}$ ) and essential amino acids ( $CDA_{AAE}$ ) and nonessential ( $CDA_{AANE}$ ) by Nile tilapia juveniles. Analyzed the physicochemical composition (dry matter - MS; crude protein - PB; crude energy - EB; essential amino acids - AAE; non-essential amino acids - AANE) of swine liver protein hydrolysates (PHFS), swine mucosa (PHMS), feathers (PHP) and chicken (PHF). Five diets were formulated, one reference and four tests composed of 80% of the reference diet and 20% of hydrolyzed protein (PHFS, PHMS, PHP and PHF). For the apparent digestibility test 500 Nile tilapia juveniles ( $69.08 \pm 0.69$  grams) were randomly distributed in a water recirculation system composed of 20 cylindrical conical tanks (500L), adapted with feces collection cup. The animals were fed at a rate of 4% of live weight per day divided into five daily feeds, totaling 30 days of experimentation. It followed the indirect method of fecal collection using 0.1% Chromium III oxide ( $Cr_2O_3$ ) as an inert marker. Significant differences were found between the CDAs of the different protein by-products hydrolysates of animal origin ( $P < 0.05$ ) for practically all nutritional fractions analyzed, except for some amino acids such as arginine, tryptophan, cystine and taurine. The mean values of PHFS (87.53 and 79.53%), PHP (89.05 and 83.37%) and PHF (90.84 and 87.29%) for  $CDA_{PB}$  and  $CDA_{EB}$  respectively were lower ( $P > 0.05$ ) the  $CDA_{PB}$  (97.12%) and  $CDA_{EB}$  (96.62%) means obtained for PHMS. In general, the  $CDA_{AAE}$  averages;  $CDA_{AANE}$  for PHMS (98.59%) were higher ( $P < 0.05$ ), however, it did not differ from PHP (95.45) and PHF (93.85), the lower averages were evidenced for PHFS (90.54%). The hydrolysates from poultry and swine slaughter byproducts showed high values of nutritional fractions of interest to aquaculture, in addition to high apparent digestibility rates for Nile tilapia. This study awakens to the use of hydrolysed proteins as functional food in animal nutrition.

**Keywords:** agroindustrial byproducts, fish nutrition, digestibility, bioactive peptides.

## 1. INTRODUÇÃO

Diante do cenário de expansão da aquicultura, o desenvolvimento e o estudo acerca de ingredientes alternativos que contemplem em partes, ou até mesmo na substituição da farinha de peixe (FP) das rações, torna-se muito importante para identificar suas potenciais aplicabilidades.

Convencionalmente a FP tem sido a base proteica de rações comerciais, fornecendo em torno de 50% da proteína total, devido aos seus componentes nutricionais e elevada palatabilidade (Montoya-Camacho et al., 2019). Contudo, este ingrediente tornou-se uma das mais versáteis *commodities* alimentícias no âmbito da nutrição animal pelo fato das questões econômicas associadas à sua utilização e não menos importante, sobre a depleção dos estoques pesqueiros (FAO, 2018).

À vista deste fato, há necessidade de desenvolver ingredientes alternativos que possam ser potenciais substitutos à FP em formulações de dietas para peixes, fornecendo adequado perfil nutricional e abrangendo aspectos econômicos e ambientais favoráveis. Neste contexto, oportunidades podem ser geradas a partir dos subprodutos agroindustriais inerentes a atividade de abate de aves e suínos para a produção de hidrolisados proteicos, os quais possuem características apropriadas de utilização em dietas e aproveitamento pelos animais de produção (Martínez-Alvarez et al., 2015).

Os hidrolisados proteicos podem ser obtidos por meio de hidrólise (enzimática, ácida ou biológica) com o objetivo de proporcionar o fracionamento da cadeia polipeptídica das proteínas para a obtenção de peptídeos e aminoácidos livres, os quais possuem propriedades nutritivas, funcionais e podem exercer influência na atratividade e palatabilidade dos alimentos (Zambonino Infante et al., 1997; Pasupuleti, et al., 2010; Alves et al., 2019a; Alves et al., 2019b).

Além disso, apresentam propriedades de textura, de viscosidade, tamanho de partícula reduzido, promovendo a otimização de suas funcionalidades facilitando a absorção dos nutrientes pelos animais (Kristinsson e Rasco, 2000) influenciando no aumento da atividade enzimática e capacidade absorptiva intestinal, resultando em melhores índices de digestibilidade e conseqüentemente beneficiando o crescimento, sobrevivência

e a imunidade inata dos peixes (Lian et al., 2005; Kotzamanis et al., 2007; Bui et al., 2014; Leduc et al., 2018).

Diversos trabalhos tem demonstrado a utilização dos hidrolisados em benefício do desenvolvimento dos peixes. No entanto, concentram-se na produção e utilização de hidrolisados de subprodutos do processamento de peixes marinhos e dulcícolas (Swanepoel e Goosen, 2018; Narikimelli, et al. 2019; Uczay et al., 2019). Contudo os subprodutos de animais terrestres têm demonstrado potencial de transformação em hidrolisados (Toldrá, et al., 2012). Dieterich, et., (2014a) evidenciaram melhores taxas de conversão alimentar e eficiência proteica para o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) utilizando hidrolisados de subprodutos do abate de suínos, similares aos encontrados por Lorenz et al., (2018), além de, superiores coeficientes de digestibilidade aparente e atividade de proteases e lipases estomacais em dourados (*Salminus brasiliensis*).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é um peixe que apresenta rápido crescimento, rusticidade ao manejo, carne de excelente qualidade e com aceitação no mercado, resistência a doenças, e pode apresentar uma flexibilidade na ingestão de proteínas (Moreira et al., 2007; Takishita, et al., 2009).

Portanto, a utilização de hidrolisados de subprodutos provenientes do processo de abate dos animais, são de fundamental importância devido ao impacto direto na economia e na poluição ambiental, promovendo a mitigação dos impactos e a utilização eficiente de subprodutos na produção de produtos nutritivos e funcionais destinados para alimentação humana e animal, indústrias, agricultura e outros, além de aumentar a renda de empresários e agricultores (Malav, et al., 2018).

O objetivo do estudo foi determinar a composição físico-química e a digestibilidade aparente da fração proteica, energética e de aminoácidos das proteínas hidrolisadas de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) por juvenis de tilápia do Nilo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura (GEMAQ) situado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Toledo/PR no período de junho a julho de 2018.

### 2.2 Dietas experimentais

Foram formuladas cinco dietas, sendo uma referência e quatro dietas teste com os hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF), (Tabela 1) compostas por 80% da dieta referência e 20% de proteína hidrolisada (Tabela 2).

**Tabela 1** - Composição físico-química e de aminoácidos dos hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) com base na matéria seca.

Componentes	Hidrolisados			
	PHFS	PHMS	PHP	PHF
Matéria Seca (g kg <sup>-1</sup> )	936,2	940,1	962,7	935,7
Proteína (g kg <sup>-1</sup> )	780,4	592,8	763,3	781,8
Lipídeos (g kg <sup>-1</sup> )	119	nd <sup>1</sup>	26,1	81,1
Energia (kJ g <sup>-1</sup> )	22,27	13,90	20,52	22,59
<i>Aminoácidos essenciais (g kg<sup>-1</sup>)</i>				
Arginina	26,59	22,55	48,60	47,71
Histidina	16,76	12,23	7,16	17,63
Isoleucina	28,30	23,18	37,91	30,56
Leucina	52,65	43,82	63,66	55,35
Lisina	38,23	40,73	20,04	48,94
Metionina	16,02	12,12	6,95	17,41
Fenilalanina	27,23	23,18	38,63	30,03
Treonina	24,35	24,14	32,50	29,49
Triptofano	7,04	2,23	4,25	5,12
Valina	36,52	30,05	80,28	37,61
<i>Aminoácidos não essenciais (g kg<sup>-1</sup>)</i>				
Ácido Aspártico	55,96	48,71	57,43	66,04
Ácido Glutâmico	82,45	75,62	83,61	103,45
Alanina	38,87	33,40	37,59	49,48
Cistina	7,79	6,16	20,98	9,93
Glicina	39,94	36,69	60,65	64,22
Prolina	30,97	28,18	73,74	43,38
Serina	23,81	24,03	77,48	30,35
Taurina	2,24	2,97	1,45	7,26
Tirosina	20,50	19,46	25,13	23,08
Total aminoácidos	576,22	509,45	778,04	717,04

<sup>1</sup>nd – não detectado.

**Tabela 2** - Formulação ( $\text{g kg}^{-1}$ ), composição físico-química e de aminoácidos ( $\text{g kg}^{-1}$ ) das dietas referência e com a inclusão de hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) com base na matéria seca.

Ingredientes	Dietas				
	Referência	PHFS	PHMS	PHP	PHF
Farelo de soja	212,2	169,8	169,8	169,8	169,8
Farinha de peixe	178,3	142,6	142,6	142,6	142,6
Farelo de trigo	249,6	199,7	199,7	199,7	199,7
Arroz quirera	50,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Milho	297,7	238,2	238,2	238,2	238,2
Premix (min+vit) <sup>1</sup>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cloreto de colina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamina C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Antifúngico	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Antioxidante (BHT)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sal comum	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Hidrolisados	-	197,6	197,6	197,6	197,6
Óxido de Crômio III	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Composição físico-química</i>					
Matéria Seca ( $\text{g kg}^{-1}$ )	962,14	967,39	968,52	945,71	965,39
Proteína ( $\text{g kg}^{-1}$ )	293,31	402,43	316,87	384,76	388,92
Energia ( $\text{kJ g}^{-1}$ )	18,37	19,06	17,25	19,09	19,23
Lipídeos ( $\text{g kg}^{-1}$ )	37,00	28,50	10,10	28,10	32,10
<i>Aminoácidos essenciais (<math>\text{g kg}^{-1}</math>)</i>					
Arginina	19,95	19,74	19,82	25,27	25,14
Histidina	6,85	8,47	7,84	6,76	8,70
Isoleucina	11,74	14,36	13,62	16,91	15,22
Leucina	22,34	26,35	26,01	30,34	28,38
Lisina	15,17	19,12	20,34	15,33	21,13
Metionina	5,40	6,61	6,50	5,49	7,35
Fenilalanina	13,71	15,60	15,28	18,08	16,46
Treonina	25,98	13,33	14,35	16,07	15,33
Triptofano	2,59	3,20	1,96	3,59	3,31
Valina	14,23	17,98	16,82	28,02	19,16
<i>Aminoácidos não essenciais (<math>\text{g kg}^{-1}</math>)</i>					
Ácido Aspártico	25,87	31,52	31,07	32,25	34,18
Ácido Glutâmico	47,60	51,89	51,62	55,19	57,80
Alanina	17,98	20,36	20,65	21,46	23,72
Cistina	4,36	7,64	3,71	6,66	6,11
Glicina	20,89	23,05	23,64	28,44	28,58
Prolina	20,05	20,26	21,16	30,55	23,82
Serina	14,23	14,78	15,90	27,28	17,09
Taurina	0,62	0,93	1,03	0,74	1,96
Tirosina	9,04	10,85	10,84	11,94	11,18
Total aminoácidos	298,6	326,04	322,16	380,37	364,62

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 10.000.000 UI; Vit. D3, 4.000.000 UI; Vit. E, 150.000 mg; Vit. K3, 100.000 mg; Vit. B1, 25.000 mg; Vit. B2, 25.000 mg; Vit. B6, 25.000 mg; Vit. B12, 30.000 mcg; Niacina, 100.000 mg; Pantotenato Ca, 50.000 mg; Ác. Fólico, 6.000 mg; Biotina, 1.000 mg; Inositol, 200.000 mg; Ferro, 1.000 mg; Iodo, 800 mg; Manganês, 30.000 mg; Zinco, 140.000 mg; Selênio, 800 mg; Cobre, 18.000 mg; Cobalto, 200 mg; Etoxiquin, 124.000 mg; Sorbato de potássio, 450.000mg.

Os ingredientes foram triturados individualmente em moinho tipo martelo com peneira de 0,3 mm, pesados e misturados conforme as respectivas quantidades e dietas. A homogeneização das dietas foi realizada manualmente e umedecidas com 20% de água, peneiradas por quatro vezes sucessivas em malha de 0,5 mm a fim de garantir a homogeneidade do óxido de cromo III.

O processo de extrusão foi realizado em extrusora (EX Micro®) com matriz de 3 mm. Após o processamento das dietas, foram secas em estufa de circulação de ar forçado por 12 horas a 55°C e na sequência armazenadas em freezer (-10°C).

### *2.3 Animais utilizados*

Foram utilizados 500 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com média de peso  $69,08 \pm 0,69$  gramas, distribuídos aleatoriamente em um sistema com recirculação de água composto por 20 tanques cônicos cilíndricos (500L), adaptados com copo coletor de fezes e biofiltro (1000L) providos de aeração constante e controle da temperatura da água.

### *2.4 Manejo diário do ensaio de digestibilidade*

Foi realizado um período de adaptação dos animais às dietas e as condições do sistema experimental por sete dias. O manejo diário consistiu na coleta das fezes às 7h, após, os peixes foram alimentados com taxa de 4% do peso vivo, dividido em cinco alimentações às 8h, 11h, 14h, 16h e 18h.

A limpeza do sistema foi realizada duas vezes ao dia, após 30 minutos da primeira e última alimentação, onde era desligado o sistema de recirculação, e renovados 50% da água do sistema para retirada de metabólitos suspensos. O material fecal coletado foi armazenado em recipientes plásticos identificados e acondicionados em freezer a -15°C para posteriores análises.

### *2.5 Análises químicas*

Para as análises, as fezes foram descongeladas e desidratadas em estufa de ventilação de ar forçado à temperatura de 55°C durante 72 horas, moídas em gral e pistilo e retiradas as escamas para a trituração em moinho analítico.

As análises físico-química dos ingredientes, rações e fezes foram realizadas no Laboratório de Qualidade em Alimentos (LQA). Utilizou-se as



metodologias descritas: AOAC (2000) para matéria seca (MS - secagem a 105°C por 8 horas); proteína bruta (PB - Método de Kjeldhal); extrato etéreo (EE - extrator de Soxhlet com éter como solvente) e, a energia bruta (EB - bomba calorimétrica C200, IKA); o teor de óxido de crômio III (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) das rações e fezes foi determinado utilizando o método proposto por Bremer Neto et al. (2005); a composição de aminoácidos foi avaliada pelo método MA-009 (White et al., 1986; Hagen et al., 1989) no laboratório comercial CBO Análises Laboratoriais Ltda., localizado no município de Valinhos-SP.

### *2.5 Fórmulas para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA)*

Os coeficientes de digestibilidade aparente da PB, EB e Aminoácidos foram determinados de acordo com o NRC (2011) conforme as equações:

#### *1. Coeficiente de digestibilidade aparente:*

$$CDA_d = 1 - \frac{\text{Crômio na ração}}{\text{Crômio nas fezes}}$$

#### *2. Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas:*

$$CDA_d = 1 - \frac{\text{Crômio na ração}}{\text{Crômio nas fezes}} \times \frac{\text{Conteúdo de nutriente nas fezes}}{\text{Conteúdo de nutriente na ração}}$$

#### *3. Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente do ingrediente teste:*

$$CDA_{ing} = CDA_{dt} + ((CDA_{dt} - CDA_{dr}) \times (0,8 \times Dr / 0,2 \times Ding))$$

Onde:

CDA<sub>d</sub> – Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da dieta;

CDA<sub>ing</sub> – Coeficientes de digestibilidade aparente do nutriente do ingrediente teste;

CDA<sub>dt</sub> – Coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste;

CDA<sub>dr</sub> – Coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referência;

Dr – Porcentagem (%) de nutriente ou quilocaloria (Kcal.g<sup>-1</sup>) na dieta referência;

Ding – Porcentagem (%) de nutriente ou quilocaloria (Kcal.g<sup>-1</sup>) no ingrediente teste.

### 2.6 Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros físicos e químicos da água: pH, oxigênio dissolvido e temperatura foram mensurados diariamente, pela manhã e tarde com o auxílio de multiparâmetro (YSI - Professional Plus Multiparameter Water Quality Meter) correspondendo aos valores médios de  $6,81 \pm 0,16$ ;  $5,20 \pm 0,15 \text{ mg L}^{-1}$  e  $24,71 \pm 0,68 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente.

### 2.7 Delineamento experimental e análise de dados

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos e uma referência, com quatro réplicas cada. Os resultados foram submetidos a análise dos pressupostos de homogeneidade (Levene) e normalidade (Shapiro-Wilk), e após a análise de variância ANOVA a 5% de probabilidade, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software Statistic 7.0 (StatSoft, 2004).

## 3. RESULTADOS

No presente estudo foi evidenciado diferenças significativas entre os CDAs dos diferentes hidrolisados proteicos de subprodutos de origem animal ( $P < 0,05$ ) para praticamente todas as frações nutricionais avaliadas, exceto para os aminoácidos, arginina, triptofano, cistina e taurina ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3).

A PHMS apresentou médias digestíveis para  $\text{CDA}_{\text{PB}}$  (97,12%) e  $\text{CDA}_{\text{EB}}$  (96,62%) superiores as proteínas hidrolisadas PHF (90,84 e 87,29%), PHP (89,05 e 83,37%) e PHFS (87,53 e 79,53%), respectivamente.

Os resultados obtidos para os  $\text{CDA}_{\text{AA}}$  variaram entre 85,64 a 100%, onde a tirosina presente na PHF obteve menor valor digestível dos aminoácidos.

Para as médias dos  $\text{CDA}_{\text{S}}$  da histidina nota-se que a PHMS (99,85%) demonstrou valores superiores ( $P < 0,05$ ), estatisticamente igual a PHF (95,09%), porém está não diferenciando da PHP (93,28%) e PHFS (93,26%).

**Tabela 3** – Média (erro padrão) dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia dos hidrolisados proteicos de fígado suíno (PHFS), mucosa suína (PHMS), penas (PHP) e frango (PHF) pela tilápia do Nilo com base na matéria seca.

Nutrientes	CDA (%)					p-value
	Referência	PHFS	PHMS	PHP	PHF	
Matéria Seca	79,64	80,18	100	83,06	91,29	
Proteína	88,60	87,53 (0,91) <sup>b</sup>	97,12 (0,70) <sup>a</sup>	89,05 (1,07) <sup>b</sup>	90,84 (1,31) <sup>b</sup>	0,0001
Energia	81,70	79,53 (1,87) <sup>b</sup>	96,62 (0,38) <sup>a</sup>	83,37 (2,56) <sup>b</sup>	87,29 (2,92) <sup>b</sup>	0,0068
<i>Aminoácidos Essenciais</i>						
Arginina	93,85	88,74 (3,23) <sup>a</sup>	96,45 (2,04) <sup>a</sup>	91,80 (1,77) <sup>a</sup>	94,61 (1,94) <sup>a</sup>	0,1539*
Histidina	93,17	93,26 (1,51) <sup>b</sup>	99,85 (0,14) <sup>a</sup>	93,28 (2,16) <sup>b</sup>	95,09 (1,35) <sup>ab</sup>	0,0267
Isoleucina	89,56	89,50 (2,27) <sup>b</sup>	99,55 (0,26) <sup>a</sup>	96,37 (1,77) <sup>ab</sup>	91,47 (2,57) <sup>ab</sup>	0,0278
Leucina	90,62	90,07 (2,37) <sup>b</sup>	99,65 (0,26) <sup>a</sup>	96,93 (1,94) <sup>ab</sup>	91,83 (2,42) <sup>ab</sup>	0,0382
Lisina	92,94	92,88 (1,94) <sup>bc</sup>	99,66 (0,20) <sup>a</sup>	89,05 (2,16) <sup>c</sup>	96,64 (0,73) <sup>ab</sup>	0,0018
Metionina	91,33	91,07 (2,05) <sup>b</sup>	99,19 (0,47) <sup>a</sup>	94,66 (2,16) <sup>ab</sup>	94,05 (1,84) <sup>ab</sup>	0,0406
Fenilalanina	89,92	89,81 (2,89) <sup>b</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	97,67 (1,40) <sup>b</sup>	90,10 (3,04) <sup>b</sup>	0,0299
Treonina	90,51	87,98 (3,04) <sup>b</sup>	99,59 (0,40) <sup>a</sup>	94,58 (1,13) <sup>ab</sup>	94,78 (1,27) <sup>ab</sup>	0,0047
Triptofano	91,42	86,93 (3,34) <sup>a</sup>	93,31 (2,28) <sup>a</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	87,52 (3,56) <sup>a</sup>	0,0500
Valina	88,57	88,05 (2,42) <sup>b</sup>	99,04 (0,48) <sup>a</sup>	95,52 (1,32) <sup>ab</sup>	91,60 (2,64) <sup>ab</sup>	0,0156
<i>Aminoácidos não essenciais</i>						
Ác. Aspártico	95,95	95,73 (0,61) <sup>b</sup>	99,21 (0,44) <sup>a</sup>	94,37 (1,20) <sup>b</sup>	96,92 (0,70) <sup>b</sup>	0,0067
Ác. Glutâmico	95,13	92,32 (0,90) <sup>b</sup>	99,42 (0,36) <sup>a</sup>	94,07 (1,60) <sup>b</sup>	94,02 (1,45) <sup>b</sup>	0,0064
Alanina	89,33	85,73 (3,78) <sup>b</sup>	98,48 (0,66) <sup>a</sup>	94,05 (2,30) <sup>ab</sup>	93,07 (2,09) <sup>ab</sup>	0,0233
Cistina	82,12	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	94,04 (2,67) <sup>a</sup>	93,98 (2,27) <sup>a</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	0,1448*
Glicina	89,97	85,63 (0,67) <sup>b</sup>	98,83 (4,53) <sup>a</sup>	96,80 (1,28) <sup>a</sup>	96,26 (0,89) <sup>a</sup>	0,0132
Prolina	92	86,50 (4,21) <sup>b</sup>	99,48 (0,34) <sup>a</sup>	96,63 (0,60) <sup>ab</sup>	95,90 (1,45) <sup>ab</sup>	0,0245
Serina	93,26	87,51 (2,89) <sup>b</sup>	98,88 (0,46) <sup>a</sup>	96,98 (0,46) <sup>a</sup>	94,80 (1,28) <sup>a</sup>	0,0015
Taurina	100,00	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	-
Tirosina	86,44	90,55 (2,71) <sup>ab</sup>	100,00 (0,00) <sup>a</sup>	96,78 (2,73) <sup>ab</sup>	85,64 (2,73) <sup>b</sup>	0,0445
Total		90,54 (2,13) <sup>b</sup>	98,59 (0,35) <sup>a</sup>	95,45 (1,24) <sup>ab</sup>	93,85 (1,82) <sup>ab</sup>	0,0214

<sup>abc</sup>Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

As médias dos CDA<sub>S</sub> da isoleucina e leucina para a PHMS (99,55 e 99,65%, respectivamente) foram superiores ao demais hidrolisados, porém não apresentaram diferença significativa às médias da PHP (96,37 e 96,93%) e PHF (91,47 e 91,83%). As médias da PHFS para estes aminoácidos (89,50 e 90,07%) demonstraram ser inferiores em relação a PHMS.

Evidenciou-se valores médios superiores ( $P < 0,05$ ) de CDA<sub>S</sub> da lisina para a PHMS (99,66%), entretanto, não apresentou diferença às médias da PHF (96,64%), a qual foi similar a PHFS (92,88%), a média para PHP (89,05%) foi inferior para este aminoácido.

Os valores médios dos CDAs da metionina foram superiores ( $P < 0,05$ ) para a PHMS (99,19%), sem diferença estatística às médias da PHP (94,66%) e PHF (94,05%) as quais não diferenciaram da PHFS (91,07%).

A fenilalanina presente na PHMS (100,00%) demonstrou média superior aos demais CDAs, apresentando diferença significativa as demais proteínas hidrolisadas, onde PHP (97,67%), PHF (90,10%) e PHFS (89,81%).

Foram evidenciados superiores ( $P<0,05$ ) CDAs da treonina e valina para a PHMS (99,59 e 99,04%, respectivamente), contudo, sem diferenciar das médias da PHF (94,78 e 91,60%) e da PHP (94,58 e 95,52%), as médias da PHFS (87,98 e 88,05%) foram inferiores.

Os CDAs dos ácidos aspártico e glutâmico para a PHMS (99,21 e 99,42%, respectivamente) apresentaram médias superiores ( $P<0,05$ ), quando relacionados às médias obtidas para a PHF (96,92 e 94,02%), PHP (94,37 e 94,07%) e PHFS (95,73 e 92,32%).

As médias dos CDAs da alanina demonstrou ser superior ( $P<0,05$ ) para a PHMS (98,48%), contudo similar as médias obtidas para a PHP (94,05%) e PHF (93,07%) as quais não diferenciaram da média da PHFS (85,73%).

Para as médias dos CDAs da glicina foi observado que a PHMS (98,83%), PHP (96,80%) e PHF (96,26%) apresentaram-se superiores ( $P<0,05$ ) à média da PHFS (85,63%).

Valores médios superiores ( $P<0,05$ ) dos CDAs da prolina foram obtidos para a PHMS (99,48%), porém, sem diferenciar significativamente das médias da PHP (96,63%) e PHF (95,90%), as quais são similares as médias da PHFS (86,50%).

Os CDAs médios para a serina apresentaram diferenças significativas ( $P<0,05$ ) sendo superiores para a PHMS (98,88), PHP (96,98%) e PHF (94,80%) quando comparados com as médias obtidas para a PHFS (87,51%).

As médias dos CDAs para a tirosina foi superior ( $P<0,05$ ) para a PHMS (100,00%), no entanto similar às médias obtidas para a PHP (96,78%) e PHFS (90,55%), as quais não diferenciaram da média inferior observada para a PHF (85,64%).

Em geral, as médias dos CDAs total dos aminoácidos para a PHMS (98,59%) foram superiores ( $P<0,05$ ), no entanto, não diferenciaram das médias da PHP (95,45%) e PHF (93,85%), médias inferiores foram evidenciadas para a PHFS (90,54%).

#### 4. DISCUSSÃO

Trabalhos realizados em virtude da substituição da FP por ingredientes alternativos resultaram em evidências que sustentam sua utilização em dietas formuladas, dependendo da espécie, hábitos alimentares e condições de cultivo.

As proteínas hidrolisadas além de agregar nutricionalmente aos alimentos formulados, apresentam uma combinação de bioatividades, como antimicrobiana, antioxidante, antidiabética, anti-inflamatória e anti-hipertensiva (Raghavan e Kristinsson, 2009).

Segundo Dieterich et al. (2014b), a hidrólise proporciona a liberação de aminoácidos livres e fragmentos proteicos de baixo peso molecular, sendo um processo adequado para o uso em resíduos agroindustriais com alto teor de proteína. Além disso, pode aumentar em torno de 15 a 30 % as concentrações nutricionais, quando relacionadas às proteínas intactas dos subprodutos, em virtude da solubilização da proteína em pequenos peptídeos e a remoção das frações insolúveis (Chalamaiah et al. 2010).

A absorção de proteínas hidrolisadas pode ser até três vezes mais rápida do que aquelas intactas (Dabrowski, 1984). O intestino delgado dos animais possui uma boa habilidade na absorção de aminoácidos em forma de pequenos peptídeos, desta forma a incorporação de proteínas hidrolisadas em dietas supostamente auxiliaria no crescimento e no desenvolvimento dos animais (Gilbert et al., 2008).

Li et al. (2018) evidenciaram que dietas contendo hidrolisado de peixe com peptídeos de baixo peso molecular favoreceram a atividade antioxidante e imunidade inata de camarões (*Litopenaeus vannamei*), além do que, proporcionou superior aproveitamento da ração, devido aos compostos liberados durante o processo de hidrólise que podem atuar como atrativos alimentares, resultando em superiores parâmetros de crescimento.

A utilização da proteína hidrolisada de subprodutos do pescado recentemente relatada por Bae et al. (2019) indicam que o crescimento e a imunidade da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) foram melhorados, assim como, as evidências encontradas por Barrias e Oliva-Teles (2000), os quais obtiveram superiores índices de conversão alimentar e retenção de nitrogênio.

Da mesma forma, Zheng et al. (2012) apresentaram taxas superiores de crescimento e eficiência alimentar em juvenis de linguado (*Paralichthys olivaceus*).

Deste modo, as proteínas hidrolisadas possuem propriedades nutricionais, imunológicas e fisiológicas (Choi et al. 2012) que podem otimizar seu uso na criação de animais aquáticos.

A utilização de proteínas hidrolisadas de subprodutos do processo de abate de suínos tem demonstrado benefícios de utilização em dietas para peixes, como investigado por Decarli et al. (2016) os quais observaram superior ganho em peso de juvenis de jundiá (*Rhamdia voulezi*) e por Lewandowski et al. (2013), cuja a suplementação de PHFS (14,80% de PB) para surubins do Iguaçu (*Steindachneridion melanoderdatum*) proporcionou efeitos positivos para as variáveis de ganho em peso, comprimento e conversão alimentar, além de manter a integridade e saúde dos peixes.

A PHFS em dietas para peixes é uma prática muito recente, conforme estudo realizado por Lorenz et al. (2018), avaliando a digestibilidade deste hidrolisado para dourado, concluíram que além de apresentar superiores CDAs, esta proteína hidrolisada apresenta composição nutricional adequada para compor dietas para peixes, podendo apresentar frações proteicas ( $465 \text{ g kg}^{-1}$ ), energéticas ( $19,15 \text{ kJ g}^{-1}$ ) e de aminoácidos superiores, quando comparados a outros hidrolisados de subprodutos de origem animal, como os de pescado. Entretanto, a composição nutricional do PHFS neste estudo apresentou valores comparativamente superiores para estas frações. As diferenças na composição nutricional destes produtos podem estar relacionadas as variações da matéria prima utilizadas e ao processo de obtenção do hidrolisado, como o tempo e grau de hidrolise, relações enzima/substrato, entre outros.

A PHMS é subproduto da extração de heparina em intestino de suínos, é uma fonte proteica de alta qualidade (Bregendahl et al. 1998), porém recentemente tem sido utilizada em dietas para animais terrestres, como frangos e suínos, porém sem evidências significativas no desempenho (Sulabo et al. 2013; Mateos et al. 2014), entretanto, Frikha et al. (2014) constatou que a inclusão em dietas para frangos melhorou o desempenho de crescimento dos

animais. Além disso, é considerada por Córdoba et al. (2000) uma proteína altamente digestível em dietas para leitões.

De acordo com Angulo et al. (2001) os aminoácidos da PHMS são encontrados principalmente em formas livres e/ou peptídeos, sendo assim um produto de proteína de alta digestibilidade, como evidenciado neste estudo. De acordo com análises realizadas para elucidar a composição em aminoácidos livres da PHMS foram constatados 31,97% desta fração (dados não publicados).

Recentemente para peixes a PHMS apresentou bom resultado com índice de palatabilidade positivo em estudo realizado por Alves et al. (2019a) com juvenis de tilápia do Nilo, o que pode ser justificado pela concentração de aminoácidos livres na proteína hidrolisada, ou peptídeos de baixo peso molecular.

Entretanto, os efeitos sobre a utilização da PHMS na nutrição de peixes ainda não foram investigados, o que torna este trabalho um dos precursores na busca por informações sobre esta categoria de produtos funcionais para animais aquáticos.

Proteína hidrolisada proveniente do abate de frangos, a PHP possui alto teor de proteína digestível para peixes (Bureau et al., 1999), além de conter quantidade adequada de aminoácidos essenciais para tilápia (Santiago e Lovell 1988; Suloma et al., 2014).

Segundo Plácido et al. (2007), o alto conteúdo de aminoácidos sulfurados, principalmente a cisteína, torna a queratina insolúvel em água, diante disso as penas sofrem um processo de hidrólise parcial (ácida ou alcalina) a fim de degradar parcialmente os filamentos de queratina, tornando maior a disponibilidade dos nutrientes. Outros processos de obtenção deste material são por pressão e temperatura que pode influenciar da disponibilidade de aminoácidos (Eyng et al. 2012); e o processo enzimático, como constatado por Mendoza et al. (2001), melhorou os CDAs de PB e aminoácidos para camarão em comparação aos outros processos.

A PHP pode substituir a FP na alimentação de carpa comum (*Cyprinus carpio* L) sem prejudicar o crescimento e ganho em peso (Graeff & Mondardo, et al. 2006), da mesma forma com o estudo de Suloma et al. (2014) para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), e o realizado por Nursinatrio e Nugroho (2019)

com base no crescimento, eficiência alimentar, taxa de sobrevivência e composição da carcaça da tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*).

A PHP apresenta de 74 a 91% de PB (Bureau et al. 1999; 2000; Grazziotin et al. 2008; Campos et al., 2017), como encontrado neste estudo. Além disso, pode ser substituída à farinha de peixe em até 50% sem alterar o desenvolvimento da tilápia (Falaye 1982; Bishop et al. 1995; Hasan et al. 1997; Abdel-Warith et al. 2001; Mendoza et al. 2001).

Campos et al. (2017) avaliando digestibilidade da PHP para juvenis European seabass (*Dicentrarchus labrax*), observaram  $CDA_{PB}$  e  $CDA_{EB}$  de 91,9 e 85,5%, respectivamente, sendo esses valores superiores aos encontrados neste estudo para tilápia do Nilo, fato que pode ter ocorrido devido a composição e disposição dos nutrientes da proteína hidrolisada.

Em estudos anteriores, a PHF apresentou-se como fonte nutritiva com elevada disponibilidade das frações proteicas, energéticas e aminoacídicas, além de superiores a 90% os CDAs, e quando incluída a taxas abaixo de 5% em dietas para tilápia, promoveu benefícios a saúde e ao desempenho dos animais, proporcionando melhores parâmetros zootécnicos, aumento do rendimento de filé e refletindo em alterações morfológicas do intestino e do metabolismo energético (Rocha, 2018; Luczinski, 2019).

Além disso, a PHF demonstrou adequado balanço dos componentes nutricionais, como os aminoácidos essenciais, que apresentaram elevadas porcentagens de lisina e metionina, considerados limitantes na formulação de dietas para peixes (Gonçalves et al. 2009). Alves et al., (2019b) concluíram que a PHF pode ser utilizada com eficiência para estimular o consumo de ração para juvenis de tilápia do Nilo.

Contudo, Alves et al. (2019a) observaram o rápido consumo de dietas com a inclusão da PHFS, PHMS, PHP e PHF, concluindo que as mesmas, podem substituir a FP, sem alterar o índice de palatabilidade e o comportamento alimentar de juvenis de tilápia do Nilo.

Segundo Carvalho et al. (1997), os hidrolisados proteicos aumentam os índices de desempenho zootécnico dos animais, uma vez que, seu elevado índice de palatabilidade (Oliva Teles et al. 1999; Aguila et al. 2007) e digestibilidade (Berge e Storebakken, 1996) provocam um aumento de



consumo da ração e, conseqüentemente, elevam os valores de ganho em peso e crescimento.

## 5. CONCLUSÃO

Os hidrolisados de subprodutos do abate de aves e suínos apresentaram valores elevados das frações nutricionais de interesse para a aquicultura, além de elevados coeficientes de digestibilidade aparente para juvenis de tilápia do Nilo.

Os resultados demonstraram que a PHMS se apresentou mais digestiva às frações proteicas, energéticas e aminoacídicas, em relação as demais proteínas hidrolisadas.

Além disso, este estudo indica que essa é uma área promissora, pois a utilização de alimentos funcionais, como as proteínas hidrolisadas na nutrição da tilápia do Nilo, além proporcionar propriedades benéficas, proporciona funções nutricionais básicas à saúde animal.

## 6. REFERÊNCIAS

Abdel-Warith AA, Russell PM, Davies SJ (2001) Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fishmeal in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquac Res* 32:296–305.

Aguila, J., Cuzon, G., Pascual, C., Domingues, P. M., Gaxiola, G., Sánchez, A., & Rosas, C. (2007). The effects of fish hydrolysate (CPSP) level on Octopus maya (Voss and Solis) diet: digestive enzyme activity, blood metabolites, and energy balance. *Aquaculture*, 273(4), 641-655. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.07.010>

Alves, D. R. S., Oliveira, S. R., Luczinski, T. G., Paulo, I. G. P., Boscolo, W. R., Bittencourt, A., & Signor, A. (2019a). Palatability of Protein Hydrolysates from Industrial Byproducts for Nile Tilapia Juveniles. *Animals*, 9, 311. <https://doi.org/10.3390/ani9060311>

Alves, D. R. S., Silva, T. C., Rocha, J. D. M., Oliveira, S. R., Signor, A. & Boscolo, W. R. (2019b). Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47, 371-376. <http://dx.doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19>

Angulo, E., Córdoba, X., & Torrallardona, D. (2001). Porcine digestible peptides improve feed intake and performance of weaning pigs. *Feed manufacturing in*

the Mediterranean region. Improving safety: from feed to food. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 161-164. <http://om.ciheam.org/om/pdf/c54/01600024.pdf>

Arredondo-Figueroa, J. L., Ponce-Palafox, J. T., Shirai-Matsumoto, K., Pérez-Zavaleta, Á.; Barriga-Sosa, I. D. L. Á., & Ruiz Luna, A. (2013). Effects of including shrimp protein hydrolysate in practical diets on the growth and survival of redclaw crayfish hatchlings *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868). *Aquaculture Research*, 44(6), 966-973. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03102.x>

Association of Official Analytical Chemists. Official methods of the Association of the Analytical Chemists. 17 ed. Washington, 2000. v. 2.

Aziza, A., & El-Wahab, A. A. (2019). Impact of partial replacing of dietary fish meal by different protein sources on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and whole body composition. *Journal of Applied Sciences*, 19(5), 384-391. <https://doi.org/10.3923/jas.2019.384.391>

Bae, J., Azad, A. K., Won, S., Hamidoghli, A., Seong, M., & Bai, S. C. (2019). Effects of enzymatically hydrolyzed fish by-products in diet of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s41240-019-0117-4>

Barrias, C., & Oliva-Teles, A. (2001). The use of locally produced fish meal and other dietary manipulations in practical diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 31(2), 213-218.

Berge, G. M., & Storebakken, T. (1996). Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture*, 145(1-4), 205-212. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01355-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01355-5)

Bishop, C.D., Angus, R.A., Watts, S.A., 1995. The use of feather meal as a replacement for fish meal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. *Bioresour Technol.* 54, 291-295.

Bregendahl, K., Sparks, J. C., Bassaganya, J., & Zimmerman, D. R. (1999). Effect of spray-dried plasma and dried porcine solubles on the growth performance of weanling pigs raised in different health-status environments.

Bremer Neto, H., Graner, C. A. F., Pezzato, L. E., & Padovani, C. R. (2005). Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1, 5-difenilcarbazida. *Ciência Rural*, 691-697.

Bui, H. T. D., Khosravi, S., Fournier, V., Herault, M., & Lee, K. J. (2014). Growth performance, feed utilization, innate immunity, digestibility and disease resistance of juvenile red seabream (*Pagrus major*) fed diets supplemented with protein hydrolysates. *Aquaculture*, 418, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.046>

Bureau, D. P., Harris, A. M., & Cho, C. Y. (1999). Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180(3-4), 345-358. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00210-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00210-0)

Broggi, J. A., Wosniak, B., Uczay, J., Pessatti, M. L., & Fabregat, T. E. H. (2017). Hidrolisado proteico de resíduo de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 505-512. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8348>.

Carvalho, A. P., Escaffre, A. M., Teles, A. O., & Bergot, P. (1997). First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. *Aquaculture International*, 5(4), 361-367. <https://doi.org/10.1023/A:1018368208323>

Campos, I., Matos, E., Marques, A., & Valente, L. M. (2017). Hydrolyzed feather meal as a partial fishmeal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 476, 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.024>

Córdoba, X., Bassa, j., & Torrallardona, D. (2000). Efecto de la inclusión de peptidos digestibles de porcino en la nutrición de lechones. *Anaporc*, 20(205), 148-167.

Chalamaiah, M., Dinesh Kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*, 135, 3020–3038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.100>.

Chalamaiah, M., Narsing Rao, G., Rao, D. G., & Jyothirmayi, T. (2010). Protein hydrolysates from meriga (*Cirrhinus mrigala*) egg and evaluation of their functional properties. *Food Chemistry*, 120, 652–657. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.057>

Choi J, Sabikhi L, Hassan A, Anand S (2012) Bioactive peptides in dairy products. *International Journal of Dairy Technology* 65: 1–12.

Dabrowski, K. (1984). The feeding of fish larvae: present “state of the art” and perspectives. *Reproduction Nutrition Développement*, 24(6), 807-833.

Decarli, J.A.; Pedron, F.A.; Lazzari, R.; Signor, A.; Boscolo, W.R.; Feiden, A. Hidrolisados proteicos na alimentação do jundiá *Rhamdia voulezi*. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária* 2016, 23, 168–173. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2016.051>

Dieterich, F. (2014a). Desenvolvimento, avaliação físico-química e biológica de hidrolisado proteico de resíduos agroindustriais para surubim. Jaboticabal – SP. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP.

Dieterich, F., Boscolo, W. R., Pacheco, M. T. B., Silva, V. S. N., Gonçalves, G. S., & Vidotti, R. M. (2014b). Development and characterization of protein hydrolysates originated from animal agroindustrial byproducts. *J Dairy Vet Anim Res*, 1(2), 00012. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2014.01.00012>

Falaye, A. E. (1982). The use of hydrolysed feather meal alone or in combination with supplemental amino acids as a dietary source for tilapia (*Oreochromis niloticus*). University of Stirling, UK.

FAO. Meat Market Review. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. Roma.

Frikha, M., Mohiti-Asli, M., Chetrit, C., & Mateos, G. G. (2014). Hydrolyzed porcine mucosa in broiler diets: effects on growth performance, nutrient retention, and histomorphology of the small intestine. *Poultry science*, 93(2), 400-411. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03376>

Furuya, W. M. (2010). Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo, Paraná, 100p. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00441.x>

Gilbert, E. R., Wong, E. A., & Webb Jr, K. E. (2008). Board-invited review: peptide absorption and utilization: implications for animal nutrition and health. *Journal of animal science*, 86(9), 2135-2155. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0826>

Gonçalves, G. S., Pezzato, L. E., Barros, M. M., Hisano, H., & Santa Rosa, M. J. (2009). Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do-nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal. Embrapa

Graeff, Á., & Mondardo, M. (2006). Substituição da farinha de peixes pela farinha de penas hidrolizada na alimentação da carpa comum (*Cyprinus carpio* L) na fase de recria. *Revista Ceres*, 53(305), 7-13.

Grazziotin, A., Pimentel, F. A., De Jong, E. V., & Brandelli, A. (2008). Poultry feather hydrolysate as a protein source for growing rats. *Braz J Vet Res Anim Sci*, 45, 61-67. <https://doi.org/10.11606/S1413-95962008000700008>

Hagen, S. R., Frost, B., & Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 72(6), 912-916.

Hasan MR, Haq MS, Das PM, Mowlah G (1997) Avaliação da farinha de aves de capoeira como fonte de proteína na dieta da carpa major indiana, *Labeo rohita* fry. *Aquaculture* 151: 47–54.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6674-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6674-0_2)

Kotzamanis, Y. P., Gisbert, E., Gatesoupe, F. J., Infante, J. Z., & Cahu, C. (2007). 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. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 147(1), 205-214.

<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.12.037>

Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000). Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 657-666.

Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000). Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40(1), 43-81. <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>

Lasekan, A., Bakar, F. A., & Hashim, D. (2013). Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste management*, 33(3), 552-565.

Leduc, A., Zatylny-Gaudin, C., Robert, M., Corre, E., Le Corguille, G., Castel, H., & Henry, J. (2018). Dietary aquaculture by-product hydrolysates: impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed low fish meal diets. *BMC genomics*, 19(1), 396. <https://doi.org/396.10.1186/s12864-018-4780-0>.

Lewandowski, V., Decarli, J. A., Pedron, F. de A., Feiden, A., Signor, A., & Boscolo, W.R. (2013). Hidrolisados cárneos na alimentação do surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*). *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 20, 222–226. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2014.008>

Li, X., Wang, L., Zhang, C., Rahimnejad, S., Song, K., & Yuan, X. (2018). Effects of supplementing low-molecular-weight fish hydrolysate in high soybean meal diets on growth, antioxidant activity and non-specific immune response of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(5), 717-727. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18\\_5\\_07](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_5_07)

Lian, P. Z., Lee, C. M., & Park, E. (2005). Characterization of squid-processing byproduct hydrolysate and its potential as aquaculture feed ingredient. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(14), 5587-5592. <https://doi.org/10.1021/jf050402w>

Lorenz, E. K. (2017). Hidrolisados proteicos na alimentação de juvenis de dourado *Salminus brasiliensis*. Piracicaba – SP. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Lorenz, E. K., Barone, R. S. C., Yamamoto, F. Y., & Cyrino, J. E. P. (2018). Dietary protein hydrolysates from animal by-products: digestibility and enzymatic activity for dourado *Salminus brasiliensis*. *Journal of aquatic food product technology*, 27(2), 236-246. <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1424745>

Luczinski, T. G. (2019). Proteína hidrolisada de frango em dietas para juvenis de tilápia do Nilo. Toledo – PR. Dissertação (mestrado) Programa Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

- Malav OP, Birla R, Virk KS, Sandhu HS, Mehta N, Kumar P, Wagh RV (2018) Safe disposal of slaughter house waste. *Appro Poultr Dairy Vet Sci* 2:3–5. <https://doi.org/10.31031/apdv.2018.02.000542>
- Martínez-Alvarez, O., Chamorro, S., & Brenes, A. (2015). Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: a review. *Food Research International*, 73, 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.005>
- Mateos, G. G., Mohiti-Asli, M., Borda, E., Mirzaie, S., & Frikha, M. (2014). Effect of inclusion of porcine mucosa hydrolysate in diets varying in lysine content on growth performance and ileal histomorphology of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 187, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.09.013>
- Mendoza R, De Dois A, Vazquez C, Cruz E, Ricque D, Aguilera C, Montemayor J (2001) Fishmeal replacement with feather- enzymatic hydrolyzates co-extruded with soya-bean meal in practical diets for pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquac Nutr* 7:143–151
- Montoya-Camacho, N., Marquez-Ríos, E., Castillo-Yáñez, F. J., Cárdenas López, J. L., López-Elías, J. A., Ruíz-Cruz, S., & Ocaño-Higuera, V. M. (2019). Advances in the use of alternative protein sources for tilapia feeding. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 515-526. <https://doi.org/10.1111/raq.12243>
- Narikimelli, A., Vincent, S., Digala, P., & Dhanraj, K. M. (2019). Characterization of Physico-chemical parameters of fish protein hydrolysate from bycatch *Upeneus taeniopterus* (Cuvier, 1829).
- National Research Council et al., (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press.
- Nugroho, R. A. (2019). Hydrolyzed chicken feather meal as protein source for red tilapia (*Oreochromis sp.*) Aquafeeds.
- Oliva-Teles, A., Cerqueira, A. L., & Gonçalves, P. (1999). The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. *Aquaculture*, 179(1-4), 195-201. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00162-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00162-3)
- Pasupuleti V.K., Holmes C., & Demain A.L. (2008) Applications of Protein Hydrolysates in Biotechnology. In: Pasupuleti V., Demain A. (eds) Protein Hydrolysates in Biotechnology. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6674-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6674-0_1)
- Pasupuleti, V. K., & Braun, S. (2010). State of the art manufacturing of protein hydrolysates. *Protein Hydrolysates in Biotechnology*, 11–32.
- Plácido, R. G. Extração, Caracterização e Uso da Queratina de Penas de Frango para a Obtenção de Filmes Biodegradáveis. 2007. 128 p. Tese

(Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

Raghavan, S., Kristinsson, H. G., & Leeuwenburgh, C. (2008). Radical scavenging and reducing ability of tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein hydrolysates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(21), 10359-10367. <https://doi.org/10.1021/jf8017194>

Rocha J. D. A. M. (2018). Proteína hidrolisada de frango para tilápia do Nilo: digestibilidade e desempenho produtivo. Toledo – PR. Tese (doutorado) Programa Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Santiago, C. B., & Lovell, R. T. (1988). Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *The journal of nutrition*, 118(12), 1540-1546. <https://doi.org/10.1093/jn/118.12.1540>

StatSoft (2005). Statistica 7.0 Software. Tucksá, USA.

Sulabo, R. C., Mathai, J. K., Usry, J. L., Ratliff, B. W., McKilligan, D. M., Moline, J. D., & Stein, H. H. (2013). Nutritional value of dried fermentation biomass, hydrolyzed porcine intestinal mucosa products, and fish meal fed to weanling pigs. *Journal of animal science*, 91(6), 2802-2811. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5327>

Suloma, A., El-Husseiny, O. M., Hassane, M. I., Mabroke, R. S., & El-Haroun, E. R. (2014). Complementary responses between hydrolyzed feather meal, fish meal and soybean meal without amino acid supplementation in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* diets. *Aquaculture international*, 22(4), 1377-1390. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9753-y>

Swanepoel, J. C., & Goosen, N. J. (2018). Evaluation of fish protein hydrolysates in juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. *Aquaculture*, 496, 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.084>

Toldrá, F., Aristoy, M. C., Mora, L., & Reig, M. (2012). Innovations in value-addition of edible meat by-products edible meat by-products. *Meat Science*, 92, 290-296. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.004>

Uczay, J., Battisti, E. K., Lazzari, R., Pessatti, M. L., Schneider, T. L. S., Hermes, L. B., & Fabregat, T. E. H. P. (2019). Fish meal replaced by hydrolysed soybean meal in diets increases growth and improves the antioxidant defense system of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture Research*, 50(5), 1438-1447. <https://doi.org/10.1111/are.14019>

Zambonino Infante, J. L., Cahu, C. L., & Peres, A. (1997). Partial substitution of di- and tripeptides for native proteins in sea bass diet improves *Dicentrarchus labrax* larval development. *The Journal of nutrition*, 127(4), 608-614. <https://doi.org/10.1093/jn/127.4.608>

Zheng, K., Liang, M., Yao, H., Wang, J., & Chang, Q. (2012). Effect of dietary fish protein hydrolysate on growth, feed utilization and IGF-I levels of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Nutrition*, 18(3), 297-303.<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00896.x>

White, J.A.; Hart, R.J.; Fry, J.C. (1986) An Evaluation of the Waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. *J. Autom. Chem.* 8, 170–177.