

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUANA COSTA

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE *Penaeus vannamei* DECORRENTE DA
INCLUSÃO DE HIDROLISADO ENZIMÁTICO DE PENAS COMO FONTE DE
PROTEÍNA NA DIETA EM FASE DE BERÇÁRIO

PALOTINA

2025

LUANA COSTA

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE *Penaeus vannamei* DECORRENTE DA
INCLUSÃO DE HIDROLISADO ENZIMÁTICO DE PENAS COMO FONTE DE
PROTEÍNA NA DIETA EM FASE DE BERÇÁRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Área de concentração: Produção de organismos aquáticos.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester

Co-orientadora: Dr^a. Marlise Teresinha Mauerwerk

PALOTINA

2025

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

C837 Costa, Luana

Desempenho zootécnico de *penaeus vannamei* decorrente da inclusão de hidrolisado enzimático de penas como fonte de proteína na dieta em fase de berçário / Luana Costa.
– Palotina, PR, 2025.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Educação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester.

Coorientadora: Dra. Marlise Teresinha Mauerwerk.

1. Camarão-Branco-do-Pacífico. 2. Estresse oxidativo.
3. Nutrição animal. I. Ballester, Eduardo Luis Cupertino.
II. Mauerwerk, Marlise Teresinha. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 639

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LUANA COSTA**, intitulada: **DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE *Penaeus vannamei* DECORRENTE DA INCLUSÃO DE HIDROLISADO ENZIMÁTICO DE PENAS COMO FONTE DE PROTEÍNA NA DIETA EM FASE DE BERÇÁRIO**, sob orientação do Prof. Dr. EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 17 de Outubro de 2025.

Assinatura Eletrônica

17/10/2025 16:54:46.0

EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

17/10/2025 18:11:10.0

MILTON RÖNNAU

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

19/10/2025 15:00:02.0

LUISA HELENA CAZAROLLI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL)

RESUMO

O camarão-branco-do-pacífico, *Penaeus vannamei*, é o crustáceo mais cultivado comercialmente no mundo. A farinha de peixe (FP), principal fonte proteica das rações aquícolas, tornou-se um recurso limitado e de alto custo, o que tem incentivado a busca por fontes alternativas sustentáveis. Entre essas alternativas destaca-se o hidrolisado enzimático de penas (HEP), um ingrediente proteico obtido do aproveitamento de subprodutos avícolas, com potencial para melhorar o desempenho produtivo e o status fisiológico dos organismos cultivados. Assim, este estudo avaliou o desempenho zootécnico e o sistema antioxidante de juvenis de *P. vannamei* alimentados com diferentes níveis de substituição da FP por HEP durante a fase de berçário, a fim de determinar o nível ótimo de inclusão. O experimento teve duração de 28 dias e utilizou seis dietas experimentais com 0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0% de HEP, além de uma ração comercial. Ao final do período, foram analisados parâmetros de crescimento, sobrevivência, composição corporal e biomarcadores do sistema antioxidante (GR, GPx, GST, GSH e TBARS). Os resultados demonstraram que a inclusão do HEP não comprometeu o desempenho zootécnico dos camarões, havendo similaridade estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos. O peso final apresentou diferença significativa apenas entre alguns tratamentos, sendo que a dieta com 3% de HEP atingiu o maior valor (0,98 g), semelhante ao desempenho observado com a dieta comercial. A manutenção do desempenho confirma que o HEP é uma fonte proteica adequada e digestível para juvenis de *P. vannamei*. Na composição centesimal das carcaças, os teores de matéria seca e proteína bruta permaneceram semelhantes entre os tratamentos. Já o extrato etéreo apresentou aumento significativo nos tratamentos com maior inclusão de HEP (T4 e T6), o que pode refletir maior aporte energético. Os valores de resíduo mineral mantiveram-se dentro da faixa esperada para a espécie, também sem prejuízos fisiológicos. O destaque do estudo foi a resposta antioxidante dos camarões. O tratamento com 4,5% de HEP (T5) promoveu aumento significativo na atividade da enzima glutational peroxidase (GPx) e nos níveis de glutational reduzida (GSH), demonstrando maior capacidade de neutralização de radicais livres e potencial resistência ao estresse oxidativo. Os demais biomarcadores, como GR, GST e TBARS, mantiveram-se estáveis, indicando ausência de danos oxidativos e equilíbrio metabólico. Esses dados evidenciam que o HEP, além de substituir parcialmente a farinha de peixe, pode atuar como modulador fisiológico, beneficiando a resposta antioxidante dos camarões. De forma geral, a substituição parcial da FP por hidrolisado enzimático de penas demonstrou ser uma alternativa viável, sustentável e nutricionalmente segura para juvenis de *P. vannamei*. O nível de 4,5% destacou-se por otimizar o sistema antioxidante sem comprometer o desempenho produtivo, sendo recomendado como melhor inclusão entre as avaliadas, reforçando o potencial do HEP como ingrediente estratégico para reduzir custos, agregar valor à subprodutos da indústria e promover uma aquicultura mais eficiente e ambientalmente sustentável.

Palavras-chave: Camarão-Branco-do-Pacífico; Enzimas; Nutrição animal; Radicais livres; Estresse oxidativo.

ABSTRACT

The Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, is the most commercially farmed crustacean worldwide. Fishmeal (FM), the main protein source in aquafeeds, has become a limited and high-cost resource, driving the search for sustainable alternative ingredients. Among these alternatives, enzymatic feather hydrolysate (EFH) stands out as a protein source derived from poultry by-products, with potential to improve the productive performance and physiological status of farmed organisms. This study evaluated the zootechnical performance and antioxidant system of *P. vannamei* juveniles fed diets containing different levels of FM replacement with EFH during the nursery phase, aiming to determine the optimal inclusion level. The 28-day experiment tested six diets containing 0, 1.5, 3.0, 4.5, and 6.0% EFH, in addition to a commercial feed. At the end of the trial, growth parameters, survival, body composition, and antioxidant biomarkers (GR, GPx, GST, GSH, and TBARS) were analyzed. Results showed that EFH inclusion did not compromise shrimp performance, with no statistical differences ($p>0.05$) among treatments. Final weight differed only between some treatments, with the 3% EFH diet reaching the highest value (0.98 g), comparable to shrimp fed the commercial diet. These findings confirm that EFH is a suitable and digestible protein source for *P. vannamei* juveniles. In body composition, dry matter and crude protein levels were similar across treatments. Ether extract increased significantly in diets with higher EFH inclusion (T4 and T6), suggesting greater energy availability. Mineral residue values remained within the expected range for the species, without indicating any physiological impairment. The main highlight of the study was the antioxidant response. The 4.5% EFH diet (T5) significantly increased glutathione peroxidase (GPx) activity and reduced glutathione (GSH) levels, demonstrating a greater capacity to neutralize free radicals and potential resistance to oxidative stress. Other biomarkers, including GR, GST, and TBARS, remained stable, indicating absence of oxidative damage and maintenance of metabolic balance. These findings show that EFH not only partially replaces fishmeal but can also act as a physiological modulator, enhancing the antioxidant response of shrimp. Overall partial replacement of fishmeal with enzymatic feather hydrolysate proved to be a viable, sustainable, and nutritionally safe option for *P. vannamei* juveniles. The 4.5% inclusion level stood out for optimizing the antioxidant system without compromising growth performance and is recommended as the best inclusion among those tested. These results reinforce the potential of EFH as a strategic ingredient to reduce production costs, add value to poultry industry by-products, and support a more efficient and environmentally sustainable aquaculture.

Keywords: Pacific White Shrimp; Enzymes; Animal Nutrition; Free Radicals; Oxidative Stress.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 6 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 8 |
| 2.1. DELINEAMENTO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS | 8 |
| 2.2. FORMULAÇÃO E PREPARO DAS RAÇÕES..... | 10 |
| 2.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA | 11 |
| 2.4. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E BEM-ESTAR ANIMAL | 12 |
| 2.5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA CENTESIMAL DOS CAMARÕES | 13 |
| 2.6. ANÁLISE ENZIMÁTICA | 15 |
| 2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 16 |
| 3. RESULTADOS | 16 |
| 4. DISCUSSÃO | 19 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 23 |
| 6. REFERÊNCIAS | 24 |

1. INTRODUÇÃO

Um dos setores mais promissores da aquicultura atual é a carcinicultura, voltado diretamente à produção de camarões, apresentando uma contribuição significativa do camarão-branco-do-pacífico (*Penaeus vannamei*), que atingiu uma marca de 6,8 milhões de toneladas (FAO, 2024). Levando em consideração o desenvolvimento da cadeia produtiva, sabe-se que há uma necessidade constante de aprimoramento de todo o sistema, para que ele possa suportar o aumento da demanda de forma eficiente. Para isso, é preciso alinhar as linhas de pesquisa com as carências do setor.

Entre as principais áreas de estudo, a pesquisa nutricional é indispensável para promover o desenvolvimento de fontes alimentares que atendam de maneira eficaz e sustentável às necessidades nutricionais dos camarões. Além disso, é importante enfrentar os desafios econômicos relacionados à disponibilidade das matérias-primas, como a busca por novas fontes proteicas. As rações exigem teores elevados de proteína, seu componente mais caro, chegando a representar 60% do custo total da mesma (SHIAU, 1998), sendo o nutriente que mais influencia no crescimento, peso e conversão alimentar dos animais (ARARIPE *et al.*, 2011). A qualidade do alimento ofertado é essencial para o bom desempenho animal, portanto ele deve ser rico em nutrientes, mas economicamente viável (TACON e METIAN, 2008).

A farinha de peixe (FP) é amplamente empregada, como fonte de proteína, na formulação de diferentes tipos de rações, o que eleva sua demanda e, consequentemente, seu valor econômico. Embora seja uma excelente fonte de proteínas e aminoácidos, sua produção é baseada na pesca extrativista, que se revela ineficiente e biologicamente insustentável (HARDY, 2006). Por isso, estudos recentes estão focados em desenvolver rações de alta qualidade com fontes proteicas que substituam a farinha de peixe.

Os hidrolisados proteicos surgem como uma alternativa promissora, uma vez que são produzidos a partir de ingredientes de alto valor nutricional frequentemente descartados pela indústria. A utilização de subprodutos para a fabricação de rações pode reduzir o impacto ambiental, ao assegurar um destino apropriado das sobras e proporcionar lucro adicional para as empresas. (HOU *et al.*, 2017; ALVES *et al.*, 2019). A hidrólise das penas visa transformar a queratina, uma proteína

extremamente resistente, em peptídeos menores e aminoácidos que os camarões conseguem digerir e utilizar. Como a queratina é altamente insolúvel e rica em ligações dissulfeto, sua quebra exige processos específicos, e o método escolhido influencia diretamente a qualidade nutricional do hidrolisado (SAADI *et al.*, 2015).

Dentre as possibilidades, a hidrólise enzimática é a opção mais adequada para a quebra da queratina, possibilitando utilizar queratinases e outras proteases capazes de romper as ligações resistentes. Esse método é considerado o mais preciso porque permite controlar o grau de hidrólise, determinando o tamanho final dos peptídeos; preservar peptídeos bioativos, que são sensíveis ao calor e ao pH extremos; gerar moléculas com propriedades funcionais, como peptídeos antioxidantes (SAADI *et al.*, 2015).

Entre as funções mais estudadas desses peptídeos, destaca-se a atividade antioxidante. Peptídeos antioxidantes podem atuar de várias formas, como neutralizando radicais livres, quelando íons metálicos pró-oxidantes ou modulando vias celulares relacionadas ao estresse oxidativo. Essa ação é de grande relevância porque a produção de espécies reativas é um evento contínuo no metabolismo, e seu acúmulo pode levar à disfunção celular, inflamação crônica e danos teciduais. Além disso, o perfil de aminoácidos mais equilibrado auxilia na estimulação de enzimas digestivas, especialmente proteases endógenas, melhorando o aproveitamento da ração. Assim, a hidrólise enzimática tende a produzir um ingrediente de maior digestibilidade, melhor palatabilidade promovendo maior consumo e, automaticamente, um desempenho mais eficiente, o que resulta em um maior retorno produtivo e financeiro (IBRAHIM *et al.*, 2018; SHOBAKO *et al.*, 2018; YANG e YOUSEF, 2018; SOARES *et al.*, 2020; CAPRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021).

A presença desses peptídeos contribui para a manutenção da homeostasia corporal, um estado de equilíbrio interno necessário para o funcionamento otimizado das células. Quando o ambiente celular permanece estável e protegido contra processos oxidativos, as organelas conseguem operar de modo mais eficiente, garantindo a correta produção de energia, síntese de biomoléculas e reparo dos tecidos. Isso se reflete diretamente na utilização dos nutrientes, pois o metabolismo depende de um ambiente celular saudável para converter proteínas, carboidratos e lipídios em energia e estruturas essenciais ao organismo e garantir um bom desempenho zootécnico da produção (CÓRDOVA-MURUETA; GARCÍA-CARREÑO,

2002; HERNÁNDEZ *et al.*, 2011; DECARLI *et al.*, 2016; RIBEIRO, 2016; SARY *et al.*, 2017).

Diante dessas informações, é crucial realizar estudos mais aprofundados sobre a substituição parcial da farinha de peixe por hidrolisados proteicos. Compreender o desempenho zootécnico de pós-larvas de *P. vannamei* alimentados com outras fontes de proteína animal pode revelar novas alternativas na formulação de dietas, o que é fundamental para reduzir os custos de produção e promover a recuperação dos estoques naturais de peixes marinhos, frequentemente usados na fabricação de farinha de peixe. Isso permitirá a prática de uma aquicultura mais sustentável (AMAYA *et al.*, 2007). Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar e comparar o desempenho zootécnico, a atividade enzimática e fatores relacionados ao bem-estar animal de pós-larvas de *P. vannamei* alimentadas, durante a fase de berçário, com dietas formuladas com a substituição parcial da farinha de peixe por hidrolisado enzimático de penas em diferentes concentrações com o intuito de determinar o melhor nível de substituição da FP pelo HEP.

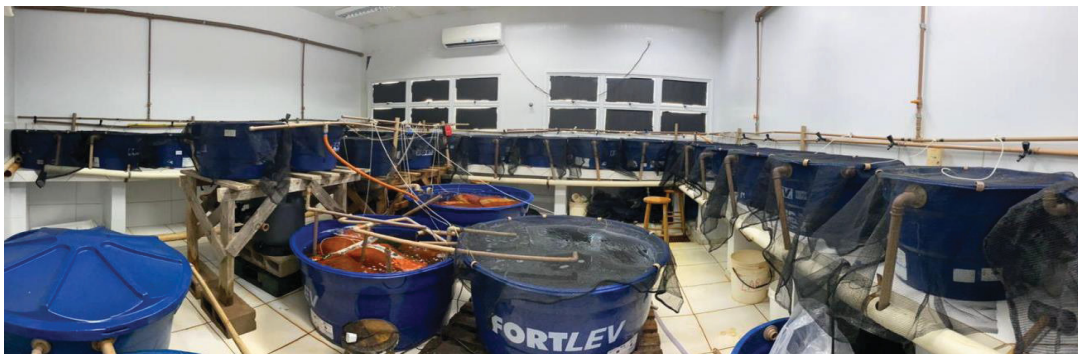
2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Carcinicultura, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Aquicultura Sustentável da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Maripá – PR. Foram utilizadas pós-larvas de *P. vannamei* da linhagem *speed line* adquiridas da empresa Aquatec®.

2.1. DELINEAMENTO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O experimento teve duração de 28 dias e foi realizado em um sistema de recirculação com água clara. O sistema contou com 24 unidades experimentais (UE), composto por tanques circulares de 100 L com volume útil de 93 L, acoplados a um filtro biológico de 600 L com volume útil de 500 L, e cada UE foi equipada com uma mangueira e uma pedra porosa para aeração constante (Figura 1).

Figura 1 - Sistema de recirculação com tanques circulares de 100 litros.



FONTE: A autora (2025).

A vazão média do sistema de recirculação foi de 1400 L/hora. O sistema foi instalado em uma sala com controle de temperatura e fotoperíodo de 12:12 h (claro:escuro). A salinidade da água foi ajustada em 15 g/L, utilizando a mistura comercial de sal marinho Blue Treasure® Reef Sea Salt. Em cada UE foram alocados 30 camarões com o peso médio de 0,114 g (Figura 2).

Figura 2 - Pós-larvas de *Penaeus vannamei*.



FONTE: A autora (2025).

A alimentação dos camarões foi fornecida seis vezes ao dia nos seguintes horários: 8:30; 11:00; 14:00, 17:00; 22:00; 03:00 h. A taxa de arraçoamento foi ajustada semanalmente de acordo com as biometrias, o consumo observado e tabelas específicas para esta fase de produção, projetando-se um peso final de um grama com uma taxa de conversão alimentar aparente de 1:1 durante o período

experimental. Foram feitas biometrias no início do experimento, em intervalos de 7 dias e ao final do experimento. Diariamente todas as UE foram sifonadas para evitar o acúmulo de sobras de ração, fezes e detritos. O delineamento experimental foi totalmente casualizado, com seis tratamentos, T1 - onde foi utilizada ração comercial específica para esta fase e T2 a T6, correspondentes aos níveis de substituição de farinha de peixe pelo HEP - 0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0%, com quatro repetições por tratamento.

2.2. FORMULAÇÃO E PREPARO DAS RAÇÕES

O software SuperCrac[®] foi utilizado para formular as rações conforme as necessidades nutricionais dos animais (Tabela 1). Após a formulação, as rações experimentais foram produzidas com o auxílio de um triturador de facas para moer individualmente cada ingrediente (HAYASHI *et al.*, 1999). Em seguida, os ingredientes foram misturados conforme a formulação, passaram pela peletizadora e as rações preparadas foram secas em estufa de circulação forçada de ar e, em seguida armazenadas em refrigerador para garantir a qualidade e preservar o valor nutricional (MEURER *et al.*, 2003).

Tabela 1: Composição da dieta experimental para camarões na fase de berçário.

| Ingrediente (g) | HEP 0% | HEP 1,5% | HEP 3,0% | HEP 4,5% | HEP 6% |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Farelo de soja | 35,00 | 33,75 | 32,50 | 31,25 | 30,00 |
| Farelo de trigo | 7,04 | 8,00 | 8,94 | 9,87 | 10,81 |
| Farinha vísceras aves | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Farinha de peixe | 12,16 | 10,62 | 9,05 | 7,49 | 5,92 |
| Farinha de carne e ossos | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Farinha de hemácias | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Milho moído | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Hidrolizado enzimático de penas | 0,00 | 1,50 | 3,00 | 4,50 | 6,00 |
| Antifúngico | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Antioxidante | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Binder | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Calcário | 0,81 | 0,92 | 1,02 | 1,11 | 1,21 |
| Cloreto de potássio | 0,55 | 0,59 | 0,63 | 0,66 | 0,70 |
| DL - Metionina | 0,35 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,41 |
| Fosfato bicálcico | 0,40 | 0,62 | 0,83 | 1,05 | 1,26 |
| Lisina | 0,09 | 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,31 |
| Lecitina de soja | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Óleo de peixe | 8,31 | 8,36 | 8,39 | 8,41 | 8,44 |
| Pré mix ¹ | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Sal comum | 0,87 | 0,77 | 0,67 | 0,57 | 0,47 |
| Sulfato de magnésio | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Fonte: A autora (2025).

¹ Suplemento vitamínico e mineral com níveis de garantia por kg do produto: vit. A – 1.000.000 IU; vit. D3 – 500.000 IU; vit. E – 20.000 mg; vit. K3 – 500 mg; vit. B1 – 1.900 mg; vit. B2 – 2.000 mg; vit. B6 – 2.400 mg; vit. B12 – 3.500 mg; ácido fólico – 200 mg; pantotenato de cálcio – 4.000mg; vit. C – 25 g; biotina – 40 mg; niacina – 5.000 mg; Fe – 12.5 g; Cu – 2.000 mg; Mn – 7.500 mg; Zn – 25 g; I – 200 mg; Se – 70 mg.

2.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

Para garantir um ambiente com boas condições de criação para os animais, as variáveis de qualidade de água como temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram monitoradas diariamente utilizando um equipamento multiparâmetro Hanna HI98196 (Figura 3).

Figura 3 - Hanna HI98196



FONTE: Hanna Instruments (2025)

A alcalinidade e a dureza foram avaliadas quinzenalmente, enquanto as concentrações de amônia total e nitrito foram determinadas três vezes por semana, seguindo os métodos descritos pela APHA (2005). Além disso, foi verificada semanalmente a salinidade com ajuda de um refratômetro manual - Biobrix modelo 211 (Figura 4).

Figura 4 - Biobrix modelo 211



FONTE: Global Labor (2025)

2.4. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E BEM-ESTAR ANIMAL

A fim de determinar o desempenho zootécnico dos camarões, ao final do período experimental, foi realizada a contagem, pesagem e medição dos animais (Figura 3). Posteriormente, foram calculados o peso final, comprimento final, comprimento de antena, biomassa, ganho de biomassa, taxa de conversão alimentar, e a sobrevivência conforme as equações apresentadas a seguir:

a) Peso Médio Final (PMF)

$$PMF(g) = \frac{\Sigma (\text{Peso individual})}{\text{Número final de animais}}$$

b) Comprimento Médio Final (CMF)

$$CMF(cm) = \frac{\Sigma (\text{Comprimento individual})}{\text{Número final de animais}}$$

c) Ganho de Biomassa (GB)

$$GB = (NFC \times PM) - BI$$

Onde:

GB: ganho de biomassa;

NFC: número final de camarões;

PM: peso médio dos camarões;

BI: biomassa inicial.

d) Taxa de conversão alimentar aparente (TCA)

$$CAA = \frac{QRF}{GB}$$

Onde:

CAA: conversão alimentar aparente;

QRF: quantidade de ração fornecida;

GB: ganho de biomassa.

e) Sobrevivência

$$S (\%) = \frac{NFC}{NIC} \times 100$$

Onde:

S (%): porcentagem de sobrevivência;

NFC: número final de camarões;

NIC: número inicial de camarões.

2.5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA CENTESIMAL DOS CAMARÕES

Ao final do experimento (Figura 5), foram coletados cinco animais de cada unidade experimental para análises da composição química corporal, incluindo proteína, energia bruta, extrato etéreo, teor de umidade e matéria mineral, seguindo os métodos descritos pela AOAC (2005).

Figura 5 - Juvenil de *Penaeus vannamei* ao final do experimento vista lateral



FONTE: A autora (2025).

O teor de umidade foi determinado secando as amostras pré-pesadas em recipientes de porcelana a 105 °C por 12 horas. Em seguida, as amostras secas foram incineradas a 600 °C por 3 horas para a determinação de cinzas. O teor de proteína bruta foi avaliado pelo método Kjeldahl, a energia bruta foi medida com o equipamento IKA® modelo C 5000 control (Figura 6) e o extrato etéreo foi extraído com éter de petróleo usando o extrator ANKOM® XT 10 (Figura 7). Todas as análises foram realizadas em triplicata em colaboração com o Laboratório de Alimentação e Nutrição Animal - LANA da UFPR, Setor Palotina.

Figura 6 - IKA® modelo C 5000 control



FONTE: IKA (2025)

Figura 7 - ANKOM® XT 10



FONTE: ANKOM (2025)

2.6. ANÁLISE ENZIMÁTICA

Ao final da fase experimental, foram coletados aleatoriamente o hepatopâncreas de 3 animais de cada repetição para avaliar a atividade de enzimas relacionadas ao sistema de defesa antioxidante dos camarões. Os hepatopâncreas foram colocados separadamente em microtubos tipo Eppendorf e armazenados em nitrogênio líquido. As análises enzimáticas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Genética da Universidade Federal da Fronteira Sul, em Laranjeiras do Sul, PR.

Os hepatopâncreas foram homogeneizados em tampão TRIS-HCl, 50 mM, pH 7,4 com um homogeneizador elétrico (IKA® T10 basic) e, em seguida, centrifugados em uma centrífuga refrigerada (Sigma, 3-16 KL) a 4 °C por 10 minutos a 12.000 rpm. O sobrenadante obtido após a centrifugação foi retirado e utilizado para as determinações. O teor de proteína foi determinado de acordo com o método de Bradford (1976).

A atividade da glutathione redutase (GR) foi avaliada utilizando a metodologia de Carlberg e Mannervik (1985), que envolve a oxidação do NADPH e a redução da glutathione oxidada (GSSG) para formar glutathione reduzida (GSH). A atividade da glutathione S-transferase (GST) foi determinada espectrofotometricamente conforme

Habig et al. (1974), baseada na capacidade da GST em conjugar GSH com o substrato, formando um complexo mensurável a 340 nm, monitorado durante 3 minutos. A atividade da glutathione peroxidase (GPx) foi medida pelo método de Wendel (1981), que registra o consumo de NADPH a 340 nm.

2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados coletados durante o estudo foram submetidos a testes estatísticos considerando um nível de significância de 5% ($\alpha = 5\%$), para verificar pressupostos de normalidade e homoscedasticidade (ZAR, 2010). Posteriormente, foi realizada uma análise de variância (ANOVA de uma via) para determinar se havia diferenças significativas entre as médias e se os fatores poderiam influenciar diretamente uma variável dependente. As médias foram então comparadas utilizando o teste de Tukey.

3. RESULTADOS

Na Tabela 2, são apresentados os dados médios para os parâmetros de qualidade de água, obtidos durante o período experimental.

Tabela 2: Média \pm desvio padrão das variáveis de qualidade de água monitorados durante o período experimental, na fase de berçário.

| Parâmetros | Berçário | Valores recomendados |
|---|----------------------|----------------------|
| Temperatura (°C) | 28,7 \pm 1,4 | 28-32 |
| Oxigênio (mg/L) | 7,1 \pm 0,5 | >5 |
| Salinidade (PPT) | 15,0 \pm 0,0 | 0,5-35 |
| pH | 7,9 \pm 0,2 | 6-9 |
| Amônia (mg.L ⁻¹) | 0,08 \pm 0,04 | < 0,5 |
| Nitrito (mg.L ⁻¹) | 0,04 \pm 0,05 | < 0,5 |
| Dureza (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃) | 2745,75 \pm 183,38 | > 100 |
| Alcalinidade (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃) | 167,75 \pm 27,70 | >100 |

Fonte: A autora (2025).

Na Tabela 3 são apresentados os valores relacionados ao desempenho zootécnico dos camarões nos diferentes tratamentos ao final do período experimental da fase de berçário. Entre os dados de peso, comprimento, comprimento de antena e biomassa, somente os pesos médios finais apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$), onde os tratamentos T1 e T4 variaram de 0,81g a 0,98g, respectivamente.

Tabela 3. Média \pm desvio padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico de camarões alimentados com rações contendo diferentes porcentagens de hidrolisados proteicos em substituição à farinha de peixe durante a fase de berçário.

| Tratamentos | Peso (g) | Comprimento (cm) | Comprimento de Antena (cm) | Biomassa (g) |
|-----------------------|--------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| T1 controle comercial | 0,81 \pm 0,33 b | 4,22 \pm 0,65 | 6,21 \pm 1,30 | 21,61 \pm 4,00 |
| T2 controle (HEP 0%) | 0,88 \pm 0,32 ab | 4,91 \pm 0,76 | 5,82 \pm 1,90 | 21,12 \pm 2,00 |
| T3 HEP 1,5% | 0,92 \pm 0,29 ab | 4,52 \pm 0,67 | 6,61 \pm 1,20 | 24,11 \pm 2,70 |
| T4 HEP 3,0% | 0,98 \pm 0,33 a | 4,53 \pm 0,65 | 6,73 \pm 1,50 | 26,21 \pm 2,50 |
| T5 HEP 4,5% | 0,91 \pm 0,29 ab | 4,32 \pm 0,60 | 6,40 \pm 1,20 | 23,39 \pm 1,10 |
| T6 HEP 6,0% | 0,93 \pm 0,38 ab | 4,41 \pm 0,50 | 6,01 \pm 1,50 | 25,00 \pm 2,60 |

Fonte: A autora (2025).

* Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) - ANOVA e teste de Tukey.

Na Tabela 4, são apresentados dados de ganho de biomassa, conversão alimentar e sobrevivência. Não houve diferenças significativas entre os diferentes tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 4. Média \pm desvio padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico de camarões alimentados com rações contendo diferentes porcentagens de hidrolisados proteicos em substituição à farinha de peixe durante a fase de berçário.

| Tratamentos | Ganho de biomassa (g) | Conversão alimentar | Sobrevivência (%) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| T1 controle comercial | 18,19 \pm 4,00 | 1,12 \pm 0,27 | 87 \pm 6,80 |
| T2 controle (HEP 0%) | 17,71 \pm 2,00 | 1,01 \pm 0,11 | 83 \pm 3,30 |
| T3 HEP 1,5% | 20,70 \pm 2,70 | 0,92 \pm 0,12 | 84 \pm 9,50 |
| T4 HEP 3,0% | 22,54 \pm 2,50 | 0,93 \pm 0,12 | 87 \pm 0,50 |
| T5 HEP 4,5% | 19,97 \pm 1,10 | 0,94 \pm 0,05 | 89 \pm 5,10 |
| T6 HEP 6,0% | 21,86 \pm 2,60 | 0,87 \pm 0,11 | 88 \pm 2,00 |

Fonte: A autora (2025).

* Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) - ANOVA e teste de Tukey.

Na Tabela 5, estão representados os dados obtidos do status antioxidante em *P. vannamei* durante fase de berçário. É possível verificar que os valores obtidos para a atividade da GPx e para os níveis de GSH do tratamento 5 apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos, indicando que houve atividade do sistema antioxidante.

Tabela 5: Status antioxidante de camarões alimentados com hidrolisado de penas de aves em diferentes concentrações na fase de berçário.

| Tratamento | GR ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg prot}$) | GPx ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg prot}$) | GST ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg prot}$) | GSH ($\mu\text{mol}/\text{mg prot}$) | TBARS ($\mu\text{mol MDA}/\text{mg prot}$) |
|-----------------------|---|--|--|---|---|
| T1 controle comercial | 0,27 \pm 0,17 | 0,81 \pm 0,25 a | 0,39 \pm 0,28 | 8,32 \pm 6,75 a | 0,34 \pm 0,33 |
| T2 controle (HEP 0%) | 0,60 \pm 0,52 | 1,04 \pm 0,61 a | 0,54 \pm 0,49 | 8,23 \pm 3,49 a | 0,42 \pm 0,29 |
| T3 HEP 1,5% | 0,43 \pm 0,33 | 0,96 \pm 0,51 a | 0,42 \pm 0,57 | 8,59 \pm 3,29 a | 0,55 \pm 0,44 |
| T4 HEP 3,0% | 0,84 \pm 0,33 | 1,28 \pm 0,73 a | 0,48 \pm 0,54 | 14,04 \pm 8,81 a | 0,46 \pm 0,33 |
| T5 HEP 4,5% | 0,97 \pm 0,87 | 2,03 \pm 2,18 b | 0,46 \pm 0,31 | 20,99 \pm 14,30 b | 0,66 \pm 0,64 |
| T6 HEP 6,0% | 0,61 \pm 0,66 | 1,04 \pm 0,44 a | 0,56 \pm 0,48 | 17,00 \pm 15,00 a | 0,81 \pm 0,53 |

Fonte: A autora (2025).

Legenda: GR: Glutathione reductase; GPx: Glutathione peroxidase; GST: Glutathione transferase; GSH: Tióis não protéicos (glutathione e outros tióis); TBARS (peroxidação lipídica). * Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) - ANOVA e teste de Tukey.

Na tabela 6 são apresentados os dados obtidos a partir da análise da composição química centesimal das carcaças dos camarões. Para os parâmetros de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Já para valores de extrato etéreo (EE) e resíduo mineral (RM), observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos T1 e T6. Para EE os valores variaram de 8 a 11% entre o T1 e o T6, onde o tratamento comercial apresentou o menor valor. Os índices de RM se mantiveram entre 12,0 e 12,9% onde o controle comercial apresentou o maior índice e o T6 o menor.

Tabela 6: Média dos parâmetros de composição química centesimal da carcaça de camarões na fase de berçário, com base na matéria seca.

| Tratamento | Matéria seca (%) | Proteína bruta (%) | Extrato etéreo (%) | Resíduo mineral (%) |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| T1 controle comercial | 21,86 \pm 0,19 | 72,45 \pm 1,12 | 8,04 \pm 0,27 c | 12,96 \pm 0,0 a |
| T2 controle (HEP 0%) | 22,76 \pm 0,11 | 73,81 \pm 0,88 | 10,42 \pm 0,09 ab | 12,41 \pm 0,0 bc |
| T3 HEP 1,5% | 22,87 \pm 0,39 | 71,85 \pm 1,15 | 9,98 \pm 0,05 b | 12,65 \pm 0,18 ab |
| T4 HEP 3,0% | 22,55 \pm 0,27 | 72,61 \pm 2,17 | 11,23 \pm 0,06 a | 12,70 \pm 0,11 ab |
| T5 HEP 4,5% | 23,14 \pm 0,70 | 71,62 \pm 0,30 | 10,46 \pm 0,27 ab | 12,49 \pm 0,09 bc |
| T6 HEP 6,0% | 22,92 \pm 0,06 | 71,86 \pm 0,69 | 11,31 \pm 0,38 a | 12,09 \pm 0,05 c |

Fonte: A autora (2025).

* Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) - ANOVA e teste de Tukey

4. DISCUSSÃO

No Brasil, a farinha de peixe produzida a partir de resíduos apresenta qualidade inferior em comparação aos produtos importados. Sua produção em larga escala demanda cerca de 6 kg de pescado para 1 kg de farinha, o que levanta preocupações ambientais e econômicas (WINDSOR, 2001; LUHUR *et al.*, 2021). Frente a esses desafios, pesquisas têm explorado alternativas, como farinha de subprodutos de aves e hidrolisados de proteínas, que oferecem perfis nutricionais adequados para substituir a farinha de peixe nas dietas do camarão-branco-do-pacífico (*P. vannamei*), mantendo a qualidade nutricional das rações e o desempenho zootécnico (AGUILA *et al.*, 2007; CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2007).

Durante todo o experimento a qualidade da água foi monitorada de forma rigorosa, mantendo-se de acordo com os parâmetros considerados ideais para a produção de pós-larvas de *P. vannamei* (BOYD, 1979; VAN WYK *et al.*, 1999; CHENG *et al.*, 2003; BETT e VINATEA, 2009). Além disso, todas as condições ambientais foram cuidadosamente controladas para garantir a sobrevivência dos camarões. Dessa forma, pode-se afirmar que os resultados obtidos são diretamente atribuídos à fonte proteica utilizada, e não às condições do ambiente em que os camarões foram criados.

Os resultados do estudo demonstraram que o hidrolisado enzimático de penas se revela uma alternativa promissora para a substituição parcial da farinha de peixe, com níveis de até 6%, pois o desempenho zootécnico dos animais manteve-se dentro dos padrões pré-estabelecidos. Esses dados estão em consonância com estudos anteriores que investigaram a substituição da farinha de peixe por outros subprodutos de origem animal, evidenciando que a inclusão de hidrolisados proteicos pode ser uma estratégia viável e benéfica na formulação de dietas para a aquicultura (CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2007; TACON e METIAN, 2008; LIU, Y *et al.*, 2016).

O bom desempenho das dietas testadas se reflete nas taxas de sobrevivência dos camarões, que variaram entre 83% e 89% ao final do período experimental, indicando que as exigências nutricionais dos camarões foram efetivamente atendidas. Qualquer deficiência nutricional poderia resultar em baixo desempenho ou até mesmo em mortalidade elevada dos animais. As taxas de sobrevivência observadas no presente experimento alinham-se com as taxas obtidas

por Nguyen *et al.* (2012), que relatou que camarões alimentados com hidrolisados proteicos derivados de resíduos de peixe apresentaram taxas de sobrevivência entre 82% e 97%.

Os juvenis de *P. vannamei* avaliados no experimento apresentaram peso final e biomassa semelhantes ao tratamento controle, indicando potencial aplicabilidade da dieta como tratamento alternativo à farinha de peixe, em concordância com estudos anteriores (FORSTER *et al.*, 2003; CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2007; NGUYEN *et al.*, 2012). A taxa de crescimento foi satisfatória e considerada excelente para a fase de berçário, equiparando-se a outros estudos que analisaram o uso fontes proteicas alternativas na carcinicultura e experimentaram a substituição parcial da farinha de peixe por ingredientes como farinha de carne suína (HERNÁNDEZ *et al.*, 2008) e flocos microbianos + concentrado de proteína de soja (BAUER *et al.*, 2012). Além disso, a taxa de conversão alimentar de todos os tratamentos analisados se manteve próxima dos padrões esperados (1:1), indicando boa digestibilidade dos nutrientes e alinhando-se com estudos que testaram a substituição da farinha de peixe por farinha de *Tenebrio molitor* (PANINI *et al.*, 2017).

Os principais órgãos quimiossensoriais dos camarões incluem as antênulas, antenas, peças bucais e pernas, os quais desempenham um papel crucial na detecção de substâncias químicas e estímulos ambientais. As antenas, em particular, são altamente sensíveis e essenciais para a navegação e localização de alimentos, além de ajudarem na interação do camarão com o ambiente ao seu redor. Quando há danos nas antenas, como quebras ou encurtamentos, esses sinais podem indicar uma alteração na saúde do animal, sendo frequentemente os primeiros indicadores de comprometimento (TAILLY *et al.*, 2021).

No presente estudo, não foram observados efeitos significativos sobre o comprimento das antenas e em todos os tratamentos elas se mantiveram dentro do padrão. O comprimento e a integridade das antenas estão fortemente associados ao bem-estar animal, uma vez que a estrutura dessas extremidades é naturalmente delicada. Quando as antenas permanecem intactas, é um sinal de que o camarão está vivendo em um ambiente de produção adequado, com boas condições de qualidade da água e alimentação balanceada, permitindo-lhe realizar suas funções quimiossensoriais de forma eficiente. Portanto, a manutenção das antenas em bom estado é um parâmetro de que os camarões se encontram em boas condições de saúde e de que estão desempenhando suas funções biológicas de maneira

satisfatória, sem sinais de estresse ou doenças, alinhando-se com resultados de outros estudos que também analisaram essa variável como um indicativo de bem-estar animal (EAP *et al.*, 2020; NEGRINI *et al.*, 2024).

A análise da composição química centesimal das carcaças dos camarões é uma ferramenta fundamental para a avaliação da saúde e do estado fisiológico dos organismos aquáticos. Neste estudo, ela foi conduzida para investigar como a composição corporal dos animais é afetada pela composição nutricional presente nos alimentos fornecidos. A qualidade da dieta é um fator crítico que influencia diretamente a saúde dos camarões, uma vez que deficiências nutricionais podem levar ao comprometimento do crescimento, desenvolvimento e resistência a doenças (EBADI *et al.*, 2020). Embora tenha sido observada uma diferença significativa entre os tratamentos em relação ao extrato etéreo e ao resíduo mineral das carcaças, a análise bromatológica manteve-se dentro dos parâmetros adequados. O aumento do EE nos tratamentos com inclusão de HEP deve ser interpretado de forma positiva, pois as gorduras representam a principal reserva energética dos camarões, além de estarem diretamente relacionadas à palatabilidade e à qualidade nutricional do produto (NEGRINI *et al.*, 2024).

O resíduo mineral também é um componente importante na composição das carcaças dos camarões, pois está relacionado ao conteúdo de minerais essenciais para o organismo. Ambos os resultados foram semelhantes a estudos da área a nutrição de camarões. No presente estudo, as diferenças observadas no RM se mantiveram dentro de uma faixa aceitável, o que indica que os tratamentos com inclusão de HEP não prejudicaram o equilíbrio mineral dos camarões. Pequenas variações nos níveis de resíduo mineral podem ocorrer dependendo das fontes de proteína usadas na dieta, mas geralmente essas variações não afetam negativamente a saúde ou o desempenho dos animais (NEGRINI *et al.*, 2024).

Outro ponto de destaque está na presença de diferença significativa nos dados referentes a atividade enzimática dos camarões. Visando combater o estresse oxidativo, os organismos possuem defesas antioxidantes divididas em dois grupos principais: enzimáticas e não enzimáticas. O sistema enzimático envolve enzimas-chave como a glutatona redutase (GR) e a glutatona peroxidase (GPx), que desempenham papéis fundamentais no ciclo redox da glutatona e na neutralização de espécies reativas (BARREIROS *et al.*, 2006). Já o sistema não enzimático inclui moléculas endógenas e exógenas, como a glutatona e vitaminas E (α -tocoferol) e C

(ácido L-ascórbico), que atuam na supressão ou eliminação dos radicais livres, ou ainda na estabilização de produtos de oxidação, participando de processos de reparo celular (RIBEIRO *et al.*, 2005).

A glutathiona é um tripeptídeo que desempenha diversas funções, desde a neutralização direta de radicais livres até o suporte de enzimas antioxidantes, como a GPx, e a biotransformação de compostos tóxicos pela GST (HALIWELL e GUTERIDGE, 2015). Quando ocorre um desequilíbrio entre a produção e a neutralização de espécies reativas, como no caso do aumento da geração de espécies oxidantes ou da diminuição dos antioxidantes, o organismo entra em um estado de estresse oxidativo. Esse desequilíbrio pode causar lesões oxidativas em macromoléculas e estruturas celulares, prejudicando a saúde e o desempenho do organismo (HALLIWELL e GUTERIDGE, 2015).

Os resultados do estudo indicaram um aumento significativo nos níveis de glutathiona reduzida (GSH) e na atividade da glutathiona peroxidase (GPx) no tratamento T5, com uma tendência semelhante observada nos tratamentos T4 e T6, embora sem significância estatística. Além disso, um aumento, embora não significativo, também foi observado na atividade da glutathiona redutase (GR). Esses resultados sugerem que os tratamentos com hidrolisado proteico têm potencial para melhorar a capacidade antioxidante dos camarões, promovendo uma resposta eficiente ao estresse oxidativo, o que pode refletir em uma melhor saúde e desempenho geral dos animais. Resultados positivos também foram obtidos em experimento que avaliou o efeito de probióticos sobre as defesas antioxidantes e o estresse oxidativo em ração para camarão *Litopenaeus stylirostris*, reforçando a importância da nutrição no equilíbrio do organismo (CASTEX *et al.*, 2009).

A peroxidação lipídica afeta diretamente camarões, devido ao seu alto teor de ácidos graxos poli-insaturados, facilmente oxidados por espécies reativas de oxigênio (EROs). Durante esse processo, formam-se aldeídos como o malondialdeído (MDA), cuja concentração é rotineiramente estimada pelo método TBARS, amplamente utilizado como indicador do grau de oxidação lipídica. Condições que aumentam a produção de EROs como manejo e estresse ambiental favorecem o estresse oxidativo, elevando os valores de TBARS (CHAIJAN *et al.*, 2006).

Quando observamos os resultados de TBARS, verificamos que não houve aumento significativo da peroxidação lipídica e todas as taxas se mantiveram dentro

do esperado para juvenis de *P. vannamei*, demonstrando que o sistema de defesa antioxidante está funcionando em equilíbrio, refletindo numa melhor condição de saúde dos animais, principalmente para enfrentar os desafios de um sistema de produção (HSIEH *et al.*, 2021).

Esses resultados reforçam a viabilidade do uso de hidrolisados proteicos na alimentação de camarões, sugerindo que esses ingredientes não apenas atendem às necessidades nutricionais, mas também promovem a saúde e o bem-estar dos organismos em cultivo. Dessa forma, a inclusão de hidrolisados proteicos nas dietas pode ser considerada uma estratégia eficaz para melhorar a sustentabilidade da aquicultura, ao mesmo tempo em que garante a produção de juvenis saudáveis e com bom desempenho zootécnico.

5. CONCLUSÃO

A inclusão de hidrolisado enzimático de penas de aves em dietas para *P. vannamei* demonstrou viabilidade como substituto parcial da farinha de peixe. Níveis de até 6% mantiveram o desempenho zootécnico e a sobrevivência, enquanto a inclusão de 4,5% promoveu benefícios significativos ao sistema antioxidante, indicando melhora no status fisiológico dos animais. Assim, o HEP configura-se como alternativa proteica sustentável, capaz de contribuir para a saúde, bem-estar e produtividade do camarão cultivado.

6. REFERÊNCIAS

- AMAYA, E.; *et al.* Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 262, n. 2-4, p. 419-425, 2007.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. USA: American Public Health Association, 2005.
- ARARIPE, Maria N. B. A.; *et al.* Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1845-1850, 2011.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Arlington, VA: AOAC Inc., 1995.
- BAUER, W.; *et al.* Substitution of fishmeal with microbial flocc meal and soy protein concentrate in diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 15, p. 112-116, 2012.
- BETT, C.; VINATEA, L. Combined effect of body weight, temperature and salinity on shrimp *Litopenaeus vannamei* oxygen consumption rate. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, p. 305-314, 2009.
- BOYD, C. E. Water quality in warmwater fishponds. Craftmaster Printers. **Inc. Opelika, Alabama**, 1979.
- CASTEX, M.; *et al.* Effect of dietary probiotic *Pediococcus acidilactici* on antioxidant defences and oxidative stress status of shrimp *Litopenaeus stylirostris*. **Aquaculture**, v. 294, n. 3-4, p. 306-313, 2009. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.06.016
- CAPRARULO, V.; GIROMINI, C.; ROSSI, L. Chestnut and quebracho tannins in pig nutrition: The effects on performance and intestinal health. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100064, 2021.
- CHAIJAN, M.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; FAUSTMAN, C. Changes of lipids in shrimp (*Penaeus indicus*) during iced storage. **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 369-374, 2006.
- CHENG, W.; *et al.* Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Aquaculture**, v. 220, n. 1-4, p. 843-856, 2003.
- CÓRDOVA-MURUETA, J. H.; GARCÍA-CARREÑO, F. L. Nutritive value of squid and hydrolyzed protein supplement in shrimp feed. **Aquaculture**, v. 210, n. 1-4, p. 371-384, 2002.
- CRUZ-SUÁREZ, L. E.; *et al.* Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. **Aquaculture**, v. 272, n. 1-4, p. 466-476, 2007.

DECARLI, J. A.; *et al.* Hidrolisados proteicos na alimentação do jundiá (*Rhamdia voulezi*). **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 23, n. 3-4, p.168-173, 2016.

EAP, D.; *et al.* Chemosensory basis of feeding behavior in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **The Biological Bulletin**, v. 239, n. 2, p. 115-131, 2020.

EBADI, Hajar; *et al.* The interaction effects of dietary lipid, vitamin E and vitamin C on growth performance, feed utilization, muscle proximate composition and antioxidant enzyme activity of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 5, p. 2048-2060, 2020.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fisheries and Aquaculture: Global aquaculture production Quantity (1950 - 2020)**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/fishery/statisticsquery/en/aquaculture/aquaculturequantity>.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in action**. 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture/en>.

FORSTER, I. P. ; *et al.* Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, v. 219, n. 1-4, p. 655-670, 2003.

HARDY, R. W. Fish hydrolysates: production and use in aquaculture feeds. In: **Proceeding of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop American Soybean Association**, Singapore. 1991. p. 109-115, 2006.

HAYASHI, C.; *et al.* Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 21, p. 733-737, 1999.

HERNÁNDEZ, C.; *et al.* Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 277, n. 3-4, p. 244-250, 2008.

HERNÁNDEZ, C. *et al.* Enhancement of shrimp *Litopenaeus vannamei* diets based on terrestrial protein sources via the inclusion of tuna by-product protein hydrolysates. **Aquaculture**, 317, 117- 123, 2011.

HSIEH, S. L.; *et al.* Effect of polyethylene microplastics on oxidative stress and histopathology damages in *Litopenaeus vannamei*. **Poluição ambiental**, v. 288, 2021.

HOU, Y.; *et al.* Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2017.

IBRAHIM, H. R.; *et al.* Potential antioxidant bioactive peptides from camel milk proteins. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 273-280, 2018.

KOROLEFF, F.; *et al.* **Methods of seawater analysis**. GRASSHOFF, 1976.

LUHUR, E. S.; *et al.* Driving factors of Indonesian import of fish meal. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012057.

MEURER, F.; *et al.* Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1801-1809, 2003.

NEGRINI, C.; *et al.* Partial replacement of fish meal with protein hydrolysates in the diet of *Penaeus vannamei* (Boone, 1934) during the nursery phase. **Fishes**, v. 9, n. 2, p. 75-0, 2024.

NGUYEN, H.; *et al.* Effect of diets containing tuna head hydrolysates on the survival and growth of shrimp *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 324, p. 127-134, 2012.

NRC - Nutrient requirements of fish and shrimp. **Animal Nutrition Series, National Research Council of the National Academies**, p. 376, 2011.

PANINI, R.; *et al.* Efeitos da substituição dietética da farinha de peixe pela farinha de larva de farinha na qualidade muscular do camarão de viveiro *Litopenaeus vannamei*. **Alimentos Res. Int.**, p. 445-450, 2017.

PEIXE BR (São Paulo). **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA PEIXE BR**. 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/>.

SAADI, S.; *et al.* Recent advances in food biopeptides: Production, biological functionalities and therapeutic applications. **Biotechnology Advances**, v. 33, p. 80–116, 2015.

SARY, C.; *et al.* Tilapia by-product hydrolysate powder in diets for Nile tilapia larvae. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 39, p. 1-6, 2017.

SHIAU, S. Nutrient requirements of penaeid shrimps. **Aquaculture**, v. 164, p. 77-93, 1998.

SHOBAKO, N.; *et al.* A Novel antihypertensive peptide identified in thermolysin-digested rice bran. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 62, n. 4, p. 1700732, 2018.

TACON, A. G. J.; HASAN, M. R.; METIAN, M. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. **FAO Fisheries and Aquaculture**, n. 564, p. I, 2011.

RIBEIRO, S. M. R.; *et al.* A formação do e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 3, p. 133-149, 2005.

RIBEIRO, M.S. **Hidrolisado proteico de peixe em dietas para juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas***. 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Nilton Lins, Manaus. 2016.

VAN WYK, P.; *et al.* Water quality requirements and management. **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**, p. 128-138, 1999.

YANG, X.; YOUSEF, A. E. Antimicrobial peptides produced by *Brevibacillus* spp.: structure, classification and bioactivity: a mini review. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 4, p. 1-10, 2018.

WINDSOR, M. L. Torry research station. **Note on FPC**, n. 39, 2001.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010.