



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE PESCA

MARCOS RODRIGUES DOS SANTOS

**PROTEÍNA HIDROLISADA DE VÍSCERAS DE FRANGO EM DIETAS
PARA JUVENIS DO PEIXE ORNAMENTAL AMAZÔNICO *Pyrrhulina
brevis* (STEINDACHNER, 1876)**

BRAGANÇA - PARÁ

2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE PESCA

MARCOS RODRIGUES DOS SANTOS

**PROTEÍNA HIDROLISADA DE VÍSCERAS DE FRANGO EM DIETAS
PARA JUVENIS DO PEIXE ORNAMENTAL AMAZÔNICO *Pyrrhulina
brevis* (STEINDACHNER, 1876)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Pará, Instituto de Estudos Costeiros, como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Me. Leonnan Carlos Carvalho de Oliveira
Coorientadora: Me. Bianca Gomes da Silveira

BRAGANÇA - PARÁ

2026

MARCOS RODRIGUES DOS SANTOS

**PROTEÍNA HIDROLISADA DE VÍSCERAS DE FRANGO EM DIETAS
PARA JUVENIS DO PEIXE ORNAMENTAL AMAZÔNICO *Pyrrhulina
brevis* (STEINDACHNER, 1876)**

Trabalho julgado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca do curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Pará Campus de Bragança.

DATA: 24/02/2026

CONCEITO:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Leonnan Carlos Carvalho de Oliveira
FEPESCA/IECOS/UFPA – Orientador

Prof. Dr. Daniel Abreu Vasconcelos Campelo
FEPESCA/IECOS/UFPA

Prof. Dr. Evaldo Martins da Silva
FEPESCA/IECOS/UFPA

BRAGANÇA - PARÁ

2026

EPÍGRAFE

A maior ameaça ao nosso planeta é a crença de que alguém irá salvá-lo. O futuro depende daquilo que fazemos no presente, especialmente da forma como produzimos, exploramos e conservamos os recursos naturais.

Jacques Coustea

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria de Nazaré, pelo amor, força e apoio incondicional ao longo de toda a minha trajetória. Aos meus familiares, pelo incentivo e compreensão constantes. Esta conquista representa a realização de um sonho construído com esforço, perseverança e fé.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde e por conceder força, sabedoria e perseverança ao longo de toda esta trajetória acadêmica, tornando possível a concretização deste trabalho.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Estudos Costeiros e à Faculdade de Engenharia de Pesca, pela formação acadêmica proporcionada, pela infraestrutura disponibilizada e pelas oportunidades que contribuíram significativamente para meu desenvolvimento científico e profissional.

Ao orientador, Prof. Me. Leonnan Carlos Carvalho de Oliveira, pela orientação segura, confiança, disponibilidade e valiosas contribuições científicas, fundamentais para a condução e conclusão deste estudo.

A coorientadora, Me. Bianca Gomes da Silveira, pelas relevantes sugestões, rigor científico e apoio técnico, que foram essenciais para o aprimoramento metodológico e teórico deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcos Ferreira Brabo, pelo incentivo constante, pelas contribuições acadêmicas e por representar uma importante referência na área da Engenharia de Pesca.

A todos os professores da Faculdade de Engenharia de Pesca da UFPA, que, por meio dos conhecimentos compartilhados e da dedicação ao ensino, contribuíram de forma direta e indireta para minha formação acadêmica e profissional.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET), pela oportunidade de crescimento acadêmico, científico e pessoal, bem como pelas experiências e aprendizados construídos ao longo dessa trajetória.

Aos colegas de turma, pela convivência, parceria, apoio mútuo e pelos momentos de aprendizado compartilhados que tornaram essa caminhada mais leve e significativa.

À minha mãe, Maria de Nazaré, pelo amor incondicional, pelo incentivo constante e por acreditar, em todos os momentos, na importância da minha formação acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço sinceramente a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha trajetória acadêmica.

RESUMO

A região amazônica abriga ampla diversidade de peixes ornamentais, entre os quais se destaca *Pyrrhulina brevis*, espécie de interesse internacional pela rusticidade, coloração e adaptabilidade, mas cuja criação em cativeiro é limitada pela ausência de protocolos nutricionais específicos. O alto custo e a variação na disponibilidade da farinha de peixe (FP), principal fonte proteica utilizada nas dietas aquícolas, reforçam a necessidade de alternativas sustentáveis, como a proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF), subproduto avícola de elevado valor nutricional, boa digestibilidade e ampla disponibilidade. Este estudo avaliou, durante 45 dias, a substituição parcial da FP por PHVF em dietas isoprotéicas (42% PB) e isolipídicas (8% EE) para juvenis de *P. brevis*, utilizando 150 peixes distribuídos em cinco tratamentos com níveis crescentes de substituição (0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10%). Foram analisados parâmetros de desempenho produtivo dos animais, com peixes alimentados quatro vezes ao dia e qualidade da água mantida em condições adequadas. A substituição parcial da FP por PHVF não comprometeu a sobrevivência nem a uniformidade, ambas elevadas em todos os tratamentos, confirmando a viabilidade do ingrediente. O ganho de peso e a taxa de crescimento específico (TCE) apresentaram resposta quadrática em função dos níveis de substituição, com ponto ótimo estimado em 3,55% para ganho de peso e 3,73% para TCE, indicando efeito positivo na eficiência alimentar, enquanto níveis superiores reduziram o crescimento, possivelmente devido à saturação no transporte de peptídeos ou ao excesso de aminoácidos livres. Conclui-se que a PHVF pode substituir parcialmente a FP em dietas para juvenis de *P. brevis*, promovendo melhorias no ganho de peso e na taxa de crescimento específico sem prejuízo à sobrevivência, além de contribuir para a sustentabilidade da piscicultura ornamental amazônica ao reduzir a dependência de ingredientes de alto custo e valorizar resíduos agroindustriais em uma abordagem de economia circular.

Palavras-chave: ingredientes alternativos; nutrição de peixes; piscicultura ornamental.

ABSTRACT

The Amazon region is home to a wide diversity of ornamental fish, among which *Pyrrhulina brevis* stands out as a species of international interest due to its hardiness, coloration, and adaptability, but whose captive breeding is limited by the absence of specific nutritional protocols. The high cost and variation in the availability of fishmeal (FM), the main protein source used in aquaculture diets, reinforce the need for sustainable alternatives, such as hydrolyzed chicken viscera protein (HCVP), a poultry byproduct with high nutritional value, good digestibility, and wide availability. This study evaluated, over 45 days, the partial replacement of FM with HCVP in isoproteic (42% CP) and isolipidic (8% EE) diets for juvenile *P. brevis*, using 150 fish distributed in five treatments with increasing levels of replacement (0%, 2.5%, 5.0%, 7.5%, and 10%). Productive performance parameters of the animals were analyzed, with fish fed four times a day and water quality maintained under adequate conditions. Partial replacement of FP with PHVF did not compromise survival or uniformity, both of which were high in all treatments, confirming the viability of the ingredient. Weight gain and specific growth rate (SGR) showed a quadratic response as a function of the replacement levels, with an optimum point estimated at 3.55% for weight gain and 3.73% for SGR, indicating a positive effect on feed efficiency, while higher levels reduced growth, possibly due to saturation in peptide transport or excess free amino acids. It is concluded that PHVF can partially replace FP in diets for juvenile *P. brevis*, promoting improvements in weight gain and specific growth rate without compromising survival, in addition to contributing to the sustainability of Amazonian ornamental fish farming by reducing dependence on high-cost ingredients and valorizing agro-industrial waste in a circular economy approach.

Keywords: Alternative ingredients; fish nutrition; ornamental fish farming.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 PANORAMA DO COMÉRCIO DE PEIXES ORNAMENTAIS	3
2.2 <i>PYRRHULINA BREVIS</i> (STEINDACHNER, 1876)	4
2.3 INGREDIENTES PROTEICOS E PROTEÍNAS HIDROLISADAS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES	6
2.4 PROTEÍNA HIDROLISADA DE VÍSCERAS DE AVES	8
3. OBJETIVOS	10
3.1 OBJETIVO GERAL	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. BIBLIOGRAFIA	10
CAPÍTULO II	13
RESUMO	14
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
CONCLUSÕES	24
BIBLIOGRAFIA	24

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO

Elaborado de acordo com as normas da **Universidade Federal do Pará (UFPA)** e da **Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**

1. INTRODUÇÃO GERAL

O comércio internacional de peixes ornamentais consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos segmentos mais expressivos da aquicultura mundial. A expansão da aquariofilia e a valorização de espécies com elevado apelo estético impulsionaram a demanda global por organismos ornamentais. Estimativas amplamente citadas indicam que entre 1 e 2 bilhões de indivíduos são comercializados anualmente, movimentando valores superiores a US\$ 10 bilhões no varejo e ultrapassando US\$ 15 bilhões ao longo da cadeia produtiva. Embora esses dados sejam oriundos de levantamentos da última década, evidenciam a magnitude econômica do setor e sua relevância estratégica. Nesse cenário, a região amazônica destaca-se por concentrar a maior diversidade de peixes ornamentais de água doce do mundo. Os estados do Amazonas e do Pará respondem por parcela significativa das exportações brasileiras (Raja et al., 2019; Teletchea, 2019; Araújo et al., 2020).

Historicamente, o abastecimento desse mercado esteve fortemente associado à pesca extrativa, especialmente em regiões de elevada biodiversidade. Embora essa atividade tenha desempenhado papel socioeconômico relevante para comunidades ribeirinhas, o modelo extrativista apresenta limitações estruturais relacionadas à conservação da biodiversidade e à estabilidade da oferta. Estudos recentes indicam que a captura direcionada ao comércio ornamental pode intensificar pressões sobre populações naturais quando não acompanhada por estratégias consistentes de monitoramento e manejo (Santos et al., 2023).

Além disso, a literatura contemporânea destaca fragilidades associadas ao bem-estar dos organismos capturados e às perdas ao longo da cadeia de comercialização (Maia et al., 2025). Revisões recentes também apontam desafios regulatórios e lacunas na governança do setor ornamental (Biondo et al., 2024; Araujo, 2025). Nesse contexto, a dependência exclusiva do extrativismo revela-se um modelo produtivo ecologicamente sensível e economicamente vulnerável.

A crescente exigência internacional por cadeias produtivas sustentáveis tem redefinido padrões de produção e comercialização no setor ornamental. O avanço das técnicas de reprodução em cativeiro e a necessidade de maior previsibilidade produtiva impulsionam a piscicultura ornamental como alternativa estratégica ao extrativismo. Essa transição busca reduzir pressões sobre estoques naturais e fortalecer sistemas produtivos mais estáveis. No entanto, a consolidação da produção em cativeiro depende do aprimoramento das práticas de manejo. Entre esses fatores, a nutrição assume papel central para garantir crescimento adequado, uniformidade dos lotes e viabilidade econômica da atividade. Assim, o

desenvolvimento de protocolos alimentares específicos torna-se requisito fundamental para a sustentabilidade do setor.

Entre as espécies amazônicas com potencial para produção em cativeiro, destaca-se *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), pequeno caraciforme da família Lebiasinidae. A espécie é reconhecida por sua rusticidade, comportamento pacífico e elevado apelo comercial (Abe et al., 2015). Apresenta características zootécnicas favoráveis, como adaptação a sistemas controlados, aceitação de dietas comerciais e boa sobrevivência nas fases iniciais (Oliveira, 2022). Esses atributos reforçam seu potencial para inserção na piscicultura ornamental. Entretanto, a consolidação da criação em escala comercial ainda enfrenta limitações técnicas, especialmente relacionadas à escassez de protocolos nutricionais específicos. Em muitos casos, estratégias alimentares são extrapoladas de espécies de interesse alimentar, o que pode comprometer desempenho produtivo e uniformidade dos lotes (Campelo et al., 2020).

A nutrição exerce papel determinante na eficiência produtiva da aquicultura. Entre os nutrientes, a proteína destaca-se devido à elevada exigência metabólica dos peixes (Bordignon et al., 2026). Tradicionalmente, a farinha de peixe é considerada a principal fonte proteica na formulação de rações, em razão de seu perfil aminoacídico equilibrado e alta digestibilidade. Contudo, a disponibilidade limitada desse ingrediente e a pressão sobre recursos pesqueiros marinhos têm estimulado a busca por alternativas proteicas sustentáveis. A substituição parcial ou total da farinha de peixe tornou-se prioridade estratégica para ampliar a sustentabilidade dos sistemas aquícolas (FAO, 2022; Valenti et al., 2021). Nesse contexto, a diversificação de fontes proteicas assume relevância científica e produtiva.

As proteínas hidrolisadas têm recebido atenção crescente como ingredientes funcionais em dietas aquícolas. Obtidas por hidrólise enzimática, geram peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres, favorecendo maior digestibilidade e rápida absorção (Silva et al., 2017). Essa característica pode melhorar o aproveitamento dos nutrientes e aumentar a palatabilidade das dietas (Tkaczewska et al., 2020; Debnath & Saikia, 2021). Além dos benefícios nutricionais, o uso de hidrolisados está alinhado aos princípios da economia circular, pois possibilita o reaproveitamento de subprodutos agroindustriais. Entre as fontes disponíveis, destaca-se a proteína hidrolisada de vísceras de aves, obtida a partir de resíduos da indústria avícola (Rocha et al., 2021). Estudos indicam potencial para substituir parcialmente a farinha de peixe sem comprometer o desempenho produtivo (Cardoso et al., 2021).

Apesar dos avanços observados em espécies de interesse alimentar, ainda são limitadas as informações sobre a aplicação desse ingrediente em espécies ornamentais amazônicas.

Persistem lacunas quanto aos níveis ideais de inclusão e aos efeitos sobre parâmetros zootécnicos, especialmente em fases iniciais de desenvolvimento. Diante desse cenário, torna-se fundamental ampliar o conhecimento sobre estratégias nutricionais aplicadas à piscicultura ornamental amazônica. Investigar a utilização da proteína hidrolisada de vísceras de aves em dietas para juvenis de *P. brevis* apresenta relevância científica e produtiva. Os resultados podem subsidiar a formulação de protocolos alimentares mais específicos e tecnicamente embasados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama do comércio de peixes ornamentais

O mercado global de organismos aquáticos ornamentais consolidou-se como um dos segmentos mais importantes da aquicultura, impulsionado pela expansão da aquariofilia e pela crescente valorização de espécies com elevado apelo estético. Estima-se que entre 1 e 2 bilhões de peixes ornamentais sejam comercializados anualmente, movimentando mais de US\$ 10 bilhões no comércio varejista e entre US\$ 15 e 30 bilhões ao longo de toda a cadeia produtiva, evidenciando a expressiva relevância econômica do setor em escala mundial (Raja et al., 2019; Teletchea, 2019). Nesse cenário, o comércio internacional de exportação atingiu US\$ 330 milhões em 2020, com forte participação de países asiáticos e europeus, enquanto o Brasil se destaca como importante fornecedor na América do Sul, refletindo o potencial estratégico de seus recursos naturais (Raja et al., 2019; Teletchea, 2019).

Entre esses recursos, os peixes ornamentais da região amazônica ocupam posição de destaque em função da elevada biodiversidade ictiofaunística, associada à diversidade de formas, cores e comportamentos que agregam elevado valor comercial às espécies nativas. Historicamente, contudo, a exploração desse mercado foi sustentada predominantemente pela pesca, prática que, embora economicamente relevante por décadas, esteve frequentemente associada a métodos de captura ambientalmente inadequados e à exploração intensiva dos ambientes naturais (Tribuzy-Neto et al., 2020; Evers et al., 2019). Ainda hoje, grande parte dos peixes ornamentais de água doce destinados à exportação brasileira é proveniente da bacia Amazônica, especialmente dos estados do Amazonas e do Pará, evidenciando a permanência da dependência do extrativismo como principal modelo de obtenção (Ferreira et al., 2020).

Entretanto, a manutenção desse modelo tem revelado limitações ecológicas, econômicas e mercadológicas cada vez mais evidentes (Evers et al., 2019). A crescente pressão internacional por cadeias produtivas sustentáveis, associada ao comércio ilegal de espécies, à redução da diversidade e abundância da ictiofauna em áreas exploradas e ao avanço de

protocolos de reprodução em cativeiro desenvolvidos por outros países, tem contribuído para o declínio gradual das exportações baseadas exclusivamente na pesca ornamental (Abe et al., 2016a; Paixão et al., 2019; Silva et al., 2019). Nesse contexto, torna-se imprescindível a adoção de estratégias produtivas capazes de conciliar conservação da biodiversidade, eficiência econômica e estabilidade na oferta ao mercado internacional.

Como resposta a essa demanda, a piscicultura ornamental configura-se como alternativa estratégica para a transição rumo a sistemas produtivos mais sustentáveis, reduzindo a pressão sobre os estoques naturais e promovendo maior previsibilidade na cadeia produtiva. Além de demandar menores áreas de cultivo e apresentar custos relativamente inferiores quando comparada à piscicultura de corte, a produção em cativeiro possibilita maior controle das condições ambientais e sanitárias, padronização dos processos produtivos e desenvolvimento de linhagens com características fenotípicas específicas, agregando valor comercial aos exemplares cultivados (Zuanon et al., 2011; Abe et al., 2019). No contexto brasileiro, essa atividade é conduzida predominantemente por pequenos e médios produtores, que utilizam sistemas semi-intensivos e intensivos adaptados a diferentes estruturas de cultivo, evidenciando a flexibilidade e o potencial de expansão do setor (Cardoso et al., 2021).

Apesar dos avanços observados, o desenvolvimento da piscicultura ornamental permanece fortemente condicionado ao aperfeiçoamento dos manejos nutricionais, pois a alimentação representa um dos principais componentes de custo e influencia diretamente o crescimento, a sobrevivência e a qualidade dos organismos cultivados (Bordignon et al., 2026). Muitos protocolos nutricionais ainda são extrapolados de sistemas voltados à produção de peixes de corte, desconsiderando as exigências fisiológicas específicas das espécies ornamentais, o que pode comprometer o desempenho produtivo e o valor comercial dos animais (Zuanon et al., 2011; Campelo et al., 2020). Assim, o avanço da atividade depende do estabelecimento de estratégias alimentares específicas, baseadas no entendimento das exigências metabólicas das espécies-alvo, visando otimizar a eficiência produtiva e fortalecer a competitividade do setor no mercado internacional (Oliveira et al., 2020).

2.2 *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876)

A família Lebiasinidae compreende um grupo de peixes neotropicais amplamente distribuídos na região amazônica, cujas características morfológicas, ecológicas e comportamentais conferem elevado potencial para exploração no mercado de peixes ornamentais. As espécies pertencentes a essa família destacam-se pela diversidade fenotípica,

pequeno porte e elevada atratividade estética, fatores diretamente relacionados ao seu valor comercial e à crescente demanda no setor da aquariofilia (Abe et al., 2015; Abe et al., 2019). Nesse contexto, *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876) destaca-se como espécie estratégica para a piscicultura ornamental amazônica, especialmente por sua condição endêmica, que lhe confere singularidade biológica e potencial de diferenciação no mercado internacional.

Sob a perspectiva produtiva, *P. brevis* apresenta atributos zootécnicos favoráveis à criação em sistemas controlados, incluindo rápida adaptação às condições artificiais, reprodução viável em cativeiro e aceitação precoce de dietas inertes, características que reduzem limitações comumente observadas em espécies ornamentais nativas (Abe et al., 2015; Oliveira, 2022). Além disso, padrões comportamentais e de coloração contribuem para sua elevada atratividade comercial, resultando em significativo valor agregado no mercado internacional, onde exemplares adultos podem alcançar preços de até 5,50 € por indivíduo (Aquaterra-Diffusion, 2026). Esses aspectos reforçam o potencial da espécie para a diversificação produtiva e para o fortalecimento da competitividade da piscicultura ornamental brasileira.

Entretanto, apesar dessas vantagens, a cadeia de fornecimento de *P. brevis* ainda permanece fortemente dependente da captura em ambientes naturais, mantendo o extrativismo como principal fonte de abastecimento do mercado ornamental. Essa dependência representa um desafio sob a ótica da sustentabilidade, uma vez que a remoção contínua de indivíduos pode comprometer a estabilidade populacional e aumentar a vulnerabilidade ecológica da espécie em seu habitat natural (Abe et al., 2015; Abe et al., 2022). Paralelamente, a ausência de protocolos consolidados para produção em escala comercial limita a expansão da criação em cativeiro, evidenciando a necessidade de avanços científicos que viabilizem sistemas produtivos mais eficientes e ambientalmente responsáveis (Oliveira et al., 2020).

A limitação do pacote tecnológico disponível está diretamente relacionada à escassez de informações aplicadas às fases críticas do ciclo produtivo, fator que dificulta a padronização dos sistemas de criação e aumenta a variabilidade dos resultados zootécnicos (Oliveira et al., 2020). Nesse sentido, o desenvolvimento de pesquisas voltadas à otimização das práticas de manejo torna-se essencial para consolidar a piscicultura de *P. brevis* como alternativa econômica sustentável, contribuindo simultaneamente para a conservação dos estoques naturais e para a oferta de organismos com qualidade sanitária e fenotípica superior. Assim, o avanço tecnológico na criação dessa espécie assume importância estratégica para o fortalecimento da

aquicultura ornamental nacional diante de um mercado cada vez mais exigente quanto à rastreabilidade e sustentabilidade (Pinheiro Junior et al., 2023).

Entre os principais gargalos para a consolidação da larvicultura de *P. brevis*, destacam-se as lacunas relacionadas ao manejo alimentar e à definição de condições produtivas adequadas durante as fases iniciais de desenvolvimento, período caracterizado por elevada sensibilidade fisiológica e nutricional. Dessa forma, a padronização de protocolos alimentares, associada a adoção de estratégias que promovam maior eficiência no uso de recursos, constituem abordagens promissoras para otimizar o desempenho produtivo, reduzir custos operacionais e consolidar um pacote tecnológico robusto para a produção em cativeiro da espécie (Veras et al., 2014; Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a).

2.3 Ingredientes proteicos e proteínas hidrolisadas na nutrição de peixes

O desempenho produtivo na piscicultura, tanto de peixes ornamentais quanto de corte, está diretamente relacionado à qualidade nutricional das dietas fornecidas, uma vez que a alimentação exerce influência decisiva sobre o crescimento, a eficiência metabólica, a saúde e a sobrevivência dos organismos cultivados (Campelo et al., 2020). Apesar dos avanços na nutrição aquícola, as exigências nutricionais específicas da maioria das espécies ornamentais ainda permanecem pouco conhecidas, resultando na adoção de estratégias alimentares baseadas em modelos desenvolvidos para peixes de corte (Zuanon et al., 2011). Embora essa abordagem seja funcional em termos práticos, ela pode limitar o desempenho produtivo, considerando que diferenças fisiológicas, comportamentais e metabólicas entre espécies demandam formulações mais específicas e ajustadas às suas particularidades biológicas.

Nesse contexto, a proteína assume papel central na formulação de dietas aquícolas, em razão da elevada exigência proteica dos peixes e a participação direta na síntese tecidual, na regulação metabólica e na modulação da resposta imune (Stockhausen et al., 2022). Entretanto, a definição das fontes proteicas adequadas representa um desafio técnico e econômico, já que cada ingrediente apresenta limitações relacionadas à digestibilidade, composição nutricional ou presença de compostos indesejáveis. Ingredientes de origem vegetal, frequentemente contêm fatores antinutricionais capazes de reduzir a biodisponibilidade dos nutrientes e comprometer a eficiência da utilização proteica (Dong et al., 2010). Por outro lado, a farinha de peixe, tradicionalmente utilizada como fonte proteica em dietas aquícolas, enfrenta restrições crescentes associadas à disponibilidade limitada, variação composicional e elevado custo,

fatores que impactam diretamente a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas de produção (Palupi et al., 2020; Valenti et al., 2021).

Como consequência dessas limitações, intensificou-se a busca por ingredientes alternativos capazes de substituir parcial ou totalmente as fontes proteicas convencionais, visando simultaneamente reduzir custos, melhorar a eficiência nutricional e promover maior sustentabilidade na aquicultura (Silva, 2014). Nesse sentido, o aproveitamento de subprodutos agroindustriais e pesqueiros tem se mostrado uma estratégia promissora, sobretudo diante da sazonalidade de oferta e da instabilidade de preços das commodities tradicionais (Carvalho et al., 1997; Aksnes et al., 2006; Cyrino et al., 2010; Santos, 2020). Assim, a definição de níveis ótimos de inclusão desses ingredientes torna-se fundamental para manter o equilíbrio nutricional das dietas, reduzir custos operacionais e minimizar impactos ambientais associados à produção de insumos convencionais (Negrini et al., 2024).

Entre as alternativas emergentes, as proteínas hidrolisadas vêm ganhando destaque devido às suas propriedades nutricionais e funcionais. Esses ingredientes são obtidos por meio da hidrólise controlada de proteínas, processo geralmente conduzido por proteases sob condições específicas de temperatura, pH e concentração enzimática, fatores que influenciam diretamente a eficiência da reação e as características dos peptídeos formados (Tkaczewska et al., 2020; Roslan et al., 2014; Finkler et al., 2022). A hidrólise enzimática apresenta vantagens em relação aos métodos químicos, pois preserva o valor nutricional das proteínas, reduz fatores antinutricionais e promove a formação de peptídeos bioativos de alto valor agregado (Martins et al., 2009; Kowalczewski et al., 2021). Dessa forma, além de ampliar o aproveitamento de subprodutos, os hidrolisados configuram-se como ingredientes estratégicos para formulações nutricionalmente mais eficientes e sustentáveis.

Do ponto de vista fisiológico, a inclusão de proteínas hidrolisadas nas dietas aquícolas proporciona benefícios que vão além do simples fornecimento de proteína. Por serem constituídas majoritariamente por aminoácidos livres e pequenos peptídeos, essas moléculas apresentam elevada digestibilidade e rápida absorção intestinal, favorecendo o aproveitamento dos nutrientes e contribuindo para melhorias no crescimento e na resposta imune dos peixes (Bui et al., 2014; Song et al., 2014; Debnath & Saikia, 2021). Além disso, propriedades bioativas, como ação antioxidante e modulação metabólica, têm sido associadas à melhoria das condições fisiológicas dos organismos, especialmente durante fases iniciais do desenvolvimento, quando a capacidade digestiva ainda está em consolidação (Zou et al., 2021). Paralelamente, o aumento da palatabilidade e da atratividade das dietas contendo hidrolisados

favorece o consumo alimentar e o crescimento, reforçando seu potencial como ferramenta nutricional estratégica na aquicultura (Alves et al., 2019a).

Assim, a incorporação de proteínas hidrolisadas em dietas para peixes representa a convergência entre eficiência nutricional, viabilidade econômica e sustentabilidade ambiental, ao possibilitar o aproveitamento racional de subprodutos e reduzir a dependência de ingredientes convencionais (Malav et al., 2018). Nesse contexto, o avanço do conhecimento sobre a utilização desses ingredientes torna-se essencial para o desenvolvimento de formulações adequadas às exigências das espécies criadas, contribuindo para a consolidação de sistemas produtivos mais eficientes e alinhados às demandas atuais da aquicultura.

2.4 Proteína hidrolisada de vísceras de aves

A indústria avícola gera grandes volumes de coprodutos oriundos do abate e processamento das aves, incluindo vísceras, músculos, gordura, ossos e penas, cuja destinação adequada representa um desafio ambiental e econômico para a cadeia produtiva. Nesse contexto, o aproveitamento desses materiais por meio de processos tecnológicos surge como estratégia essencial para agregar valor e reduzir impactos ambientais. Entre as alternativas disponíveis, a hidrólise enzimática destaca-se por possibilitar a conversão de resíduos proteicos em ingredientes nutricionalmente funcionais, mediante a quebra controlada das proteínas em peptídeos de menor tamanho molecular, resultando em produtos com elevada digestibilidade e maior eficiência de utilização pelos animais (Silva et al., 2017).

A produção de proteínas hidrolisadas pode ocorrer por diferentes métodos, destacando-se a hidrólise química (ácida ou alcalina) e a hidrólise enzimática. A hidrólise química geralmente envolve condições extremas de pH e temperatura, podendo ocasionar degradação parcial de aminoácidos essenciais, redução do valor biológico da proteína e formação de compostos indesejáveis. Em contraste, a hidrólise enzimática utiliza proteases específicas sob condições controladas, permitindo maior seletividade na clivagem das ligações peptídicas e melhor preservação do perfil aminoacídico do substrato. Em razão dessas vantagens tecnológicas e nutricionais, a hidrólise enzimática tem sido amplamente empregada na produção de ingredientes funcionais destinados à nutrição animal, sendo este o método adotado no presente estudo.

Na aquicultura, a formulação de dietas balanceadas constitui fator determinante para o desempenho produtivo, sendo a farinha de peixe amplamente empregada devido ao seu elevado valor biológico, alta palatabilidade e excelente digestibilidade (Oliveira et al., 2020; Sousa et

al., 2021). Entretanto, a estagnação da produção mundial desse ingrediente, aliada ao aumento contínuo da demanda, tem elevado os custos e aumentado a instabilidade no abastecimento, tornando necessária a busca por fontes proteicas alternativas capazes de manter a eficiência nutricional das rações (FAO, 2022; Khanzadeh et al., 2016; Mamuad et al., 2021). Dessa forma, a substituição parcial ou total da farinha de peixe passou a representar uma estratégia prioritária para a sustentabilidade econômica e ambiental da aquicultura.

Nesse cenário, a proteína hidrolisada proveniente de vísceras de aves emerge como alternativa promissora, ao associar o aproveitamento de subprodutos agroindustriais à produção de ingredientes de elevado valor nutricional. O processo de hidrólise promove a liberação de peptídeos e aminoácidos de rápida absorção, favorecendo a digestibilidade e a eficiência metabólica das dietas. Evidências experimentais indicam que a inclusão desses hidrolisados pode melhorar o crescimento, a assimilação de nutrientes e o desenvolvimento do trato digestório dos peixes, mesmo em baixos níveis de inclusão, destacando seu potencial para otimizar o desempenho produtivo e reduzir a dependência de ingredientes convencionais (Alves et al., 2019; Rocha et al., 2018; Cardoso et al., 2021; Soares et al., 2020).

Além dos benefícios nutricionais, a utilização de hidrolisados proteicos de vísceras de aves apresenta implicações econômicas e ambientais relevantes, uma vez que promove o reaproveitamento integral de materiais de baixo custo e contribui para a redução da geração de resíduos industriais. Essa abordagem está alinhada aos princípios da economia circular e ao desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis, capazes de conciliar eficiência zootécnica e responsabilidade ambiental (Carvalho, 2019). Assim, o uso desses ingredientes ultrapassa o caráter puramente técnico, configurando-se como estratégia relevante para ampliar a competitividade e a sustentabilidade da cadeia aquícola.

Apesar dos avanços observados, ainda persistem lacunas relacionadas à padronização dos níveis de inclusão e à compreensão dos efeitos nutricionais e fisiológicos da proteína hidrolisada de vísceras de aves em dietas aquícolas. Nesse sentido, o aprofundamento das pesquisas torna-se essencial para consolidar esse ingrediente como substituto viável da farinha de peixe, contribuindo para o desenvolvimento de formulações mais eficientes, economicamente acessíveis e ambientalmente sustentáveis.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Avaliar a utilização de proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF) como ingrediente alternativo à farinha de peixe em dietas para juvenis de *Pyrrhulina brevis*.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros de desempenho produtivo de juvenis de *P. brevis* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF).
- Definir o nível ótimo de inclusão de proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF) em dietas para juvenis de *P. brevis*.

4. BIBLIOGRAFIA

- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; CORDEIRO, C. A. M.; RAMOS, F. M.; FUJIMOTO, R. Y. *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876) como uma nova opção para a piscicultura ornamental nacional: larvicultura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 1, p. 113–122, 2015.
- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; REIS, R. G. A.; COUTO, M. V. S.; MENESES, J. O.; FUJIMOTO, R. Y. Extrato aquoso de canela como promotor de crescimento para larvas do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 4, p. 267–271, 2016a.
- ABE, H. A.; REIS, R. G. A.; PAIXÃO, P. E. G.; FUJIMOTO, R. Y. Effect of short-term fasting and re-feeding on growth performance of larvae and juveniles *Pyrrhulina brevis*, an Amazon ornamental fish. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 34, p. 894–906, 2022.
- ARAÚJO, J. G. D.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; PRANG, G.; ALMEIDA, M. C. D.; ISAAC, V. J. Economic analysis of the threats posed to the harvesting of ornamental fish by the operation of the Belo Monte hydroelectric dam in northern Brazil. **Fisheries Research**, v. 225, p. 105483, 2020.

- BATISTA, D. V. V.; TAVARES-DIAS, M.; FUJIMOTO, R. Y.; MARTINS, M. L. *Amazonian ornamental fish: diversity, reproduction and commercial applications*. Florianópolis: UFSC, 2025. 218 p.
- BORDIGNON, F.; COSTA, L. C.; DE SOUZA VALENTE, C.; MAUERWERK, M.; CAZAROLLI, L. H.; DO NASCIMENTO FERREIRA, C. H.; BOSCOLO, W. R.; BALLESTER, E. L. C. Hydrolysed feather meal inclusion in low fishmeal diets for whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, v. 2026, n. 1, 9967265, 2026.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 539–545, 2002.
- CAHU, C. L.; INFANTE, J. Z.; QUAZUGUEL, P.; LE GALL, M. M. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day old sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Aquaculture**, v. 171, p. 109–119, 1999.
- CAMPELO, D. A. V. et al. Utilização de diferentes alimentos na larvicultura do peixe ornamental amazônico Acará Severo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 14035–14049, 2020.
- CAMPELO, D. A. V. et al. Manejo nutricional na larvicultura e alevinagem de peixes ornamentais amazônicos. In: MATTOS, B. O. et al. (org.). *Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. p. 159–176.
- CARDOSO, M. S. et al. Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 530, p. 735720, 2021.
- DAGOSTA, F. C.; PINNA, M. D. The fishes of the Amazon: distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 431, p. 1–163, 2019.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.
- FERREIRA, V. A. M. et al. Avaliação do comércio de peixes ornamentais no estado do Amazonas – Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 1, n. 1, p. 1–30, 2020.
- FURUYA, W. M. et al. *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM, 2010. 100 p.
- GISBERT, E. et al. Diets containing shrimp protein hydrolysates provided protection to European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) affected by a *Vibrio pelagius* natural infection outbreak. **Aquaculture**, v. 495, p. 136–143, 2018.

- GOMES, R. L. M. *Proteína hidrolisada de fígado suíno em dietas para alevinos de dourado (Salminus brasiliensis) e tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus)*. 2022. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022.
- HEVROY, E. M. et al. Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 301–313, 2005.
- JAIN, A. K.; KARUNASAGAR, I. Ornamental fish and aquarium trade in the globalized world. In: JAIN, A. K.; RANE, A. J.; SINHA, A. (eds.). *Ornamental fisheries and aquarium keeping*. Boca Raton: CRC Press, 2025.
- LADISLAU, D. D. S. et al. Ichthyological ethnoknowledge of the “piabeiros” from the Amazon region, Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 17, p. 42, 2021.
- MANSOUR, S. C.; PENA, O. M.; HANCOCK, R. E. Host defense peptides: front-line immunomodulators. **Trends in Immunology**, v. 35, p. 443–450, 2014.
- RAJA, K. et al. Present and future market trends of Indian ornamental fish sector. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 7, n. 2, p. 6–15, 2019.
- ROUBACH, R. et al. Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1056–1061, 2005.
- SILVA, R. D. et al. Assessing the conservation potential of fish and corals in aquariums globally. **Journal for Nature Conservation**, v. 48, p. 1–11, 2019.
- SOARES, M. et al. Protein hydrolysates from poultry by-product and swine liver as an alternative dietary protein source for the Pacific white shrimp. **Aquaculture Reports**, v. 17, p. 100344, 2020.
- SOUSA, J. A. et al. Protein requirement in the diet of *Heros severus* (Heckel, 1840): an Amazonian ornamental fish. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 52, p. 482–495, 2021.
- TELETSCHEA, F. Ornamental fish trade: overview and emerging questions. **INFOFISH International**, v. 5, p. 8–11, 2019.
- WEITZMAN, M.; WEITZMAN, S. H. Family Lebiasinidae (pencil fishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. (eds.). *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 241–250.

CAPÍTULO II

PROTEÍNA HIDROLISADA DE VÍSCERAS DE FRANGO EM DIETAS PARA JUVENIS DO PEIXE ORNAMENTAL AMAZÔNICO *Pyrrhulina brevis* (STEINDACHNER, 1876)

Artigo elaborado de acordo com as normas da revista **Boletim do
Instituto de Pesca** (ISSN: 1678-2305)

Proteína hidrolisada de vísceras de frango em dietas para juvenis do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876)

Poultry viscera protein hydrolysate in diets for juveniles of the amazonian ornamental fish *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876)

RESUMO

A região amazônica abriga a maior diversidade de peixes ornamentais de água doce do mundo, destacando-se *Pyrrhulina brevis*, espécie de interesse comercial devido à sua rusticidade, coloração e boa adaptação ao cultivo. Entretanto, a produção em cativeiro ainda é limitada pela escassez de protocolos nutricionais específicos. O alto custo e a variabilidade na disponibilidade da farinha de peixe (FP), principal fonte proteica utilizada em dietas aquícolas, reforçam a necessidade de alternativas sustentáveis, como a proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF), subproduto avícola de elevado valor nutricional e alta digestibilidade. O presente estudo avaliou, durante 45 dias, a substituição parcial da FP por PHF em dietas isoproteicas (42% PB) e isolipídicas (8% EE) para juvenis de *P. brevis*. Foram utilizados 150 peixes distribuídos em cinco tratamentos com níveis crescentes de inclusão de PHF (0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10%). Foram avaliados parâmetros de desempenho produtivo do animal. A inclusão de PHF não comprometeu a sobrevivência nem a uniformidade, que permaneceram elevadas em todos os tratamentos. Os parâmetros de crescimento apresentaram resposta quadrática, com melhor desempenho entre 3,55% e 3,73% de inclusão. Conclui-se que a PHF pode substituir parcialmente a FP, promovendo ganhos zootécnicos e contribuindo para a sustentabilidade da piscicultura ornamental amazônica.

Palavras-chave: Ingredientes alternativos; Nutrição de peixes; Piscicultura ornamental.

ABSTRACT

The Amazon region is home to the greatest diversity of freshwater ornamental fish in the world, notably *Pyrrhulina brevis*, a species of commercial interest due to its hardiness, coloration, and good adaptation to cultivation. However, captive production is still limited by the scarcity of specific nutritional protocols. The high cost and variability in the availability of fishmeal (FM), the main protein source used in aquaculture diets, reinforce the need for sustainable alternatives, such as hydrolyzed chicken viscera protein (HCVP), a poultry byproduct with high nutritional value and high digestibility. This study evaluated, over 45 days, the partial substitution of FM

with HCVP in isoproteic (42% CP) and isolipidic (8% EE) diets for juvenile *P. brevis*. One hundred and fifty fish were used, distributed into five treatments with increasing levels of HCVP inclusion (0, 2.5, 5.0, 7.5, and 10%). Productive performance parameters of the animal were evaluated. The inclusion of PHF did not compromise survival or uniformity, which remained high in all treatments. Growth parameters showed a quadratic response, with better performance between 3.55% and 3.73% inclusion. It is concluded that PHF can partially replace FP, promoting zootechnical gains and contributing to the sustainability of Amazonian ornamental fish farming.

Keywords: Alternative ingredients; Fish nutrition; Ornamental fish farming.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a região amazônica concentra a maior diversidade de espécies ornamentais de água doce do mundo, sendo os estados do Amazonas e do Pará responsáveis pela maior parte das exportações nacionais (Araújo et al., 2020; Batista et al., 2025). A elevada diversidade morfológica, coloração atrativa e capacidade de adaptação dessas espécies às condições de cultivo sustentam sua relevância no mercado internacional e favorecem o desenvolvimento da aquicultura ornamental como atividade estratégica, capaz de gerar renda e contribuir para a conservação dos recursos naturais (Campelo et al., 2021; Oliveira et al., 2020).

Nesse contexto, a adoção de ingredientes alternativos na formulação de rações representa uma estratégia importante para reduzir custos produtivos, minimizar a dependência de recursos marinhos e ampliar a previsibilidade de lotes padronizados destinados à exportação. Entre as espécies ornamentais amazônicas com elevado potencial produtivo, destaca-se *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), um pequeno caraciforme da família Lebiasinidae, endêmico da bacia amazônica. Em condições de cultivo, a espécie apresenta características favoráveis à produção, como boa adaptação ao cativeiro, aceitação de dietas comerciais, elevada sobrevivência nas fases iniciais e comportamento compatível com sistemas semi-intensivos e intensivos (Oliveira et al., 2020).

Apesar dessas vantagens, a expansão da sua criação ainda é limitada pela ausência de protocolos nutricionais específicos, uma vez que práticas alimentares frequentemente são extrapoladas de espécies de corte, podendo comprometer o desempenho produtivo e a uniformidade dos lotes (Campelo et al., 2020; Pinheiro Junior et al., 2023).

A farinha de peixe (FP) permanece como principal fonte proteica na formulação de rações aquícolas devido ao seu elevado valor nutricional, alta digestibilidade e perfil

aminoacídico equilibrado (Sousa et al., 2021). No entanto, a estabilidade da produção global associada ao aumento contínuo da demanda tem resultado em elevação de custos e maior pressão sobre os estoques pesqueiros marinhos, tornando necessária a busca por fontes proteicas alternativas que mantenham a eficiência nutricional das dietas e reduzam a dependência de insumos marinhos (FAO, 2022; Mamuad et al., 2021; Rocha et al., 2021).

Nesse cenário, a proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF) surge como alternativa promissora. Obtida por hidrólise enzimática de subprodutos da indústria avícola, a PHVF apresenta elevada digestibilidade e alto teor de peptídeos e aminoácidos livres, características que favorecem a absorção e o aproveitamento dos nutrientes (Rocha et al., 2021; Cardoso et al., 2021; Ogawa et al., 2024). Além dos benefícios nutricionais, a utilização desse ingrediente contribui para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e para a redução da dependência de ingredientes marinhos, alinhando-se aos princípios da economia circular e da sustentabilidade na aquicultura.

Estudos conduzidos com espécies de interesse comercial têm demonstrado efeitos positivos da PHVF sobre crescimento, eficiência alimentar e sobrevivência (Rocha et al., 2021; Soares et al., 2020; Cardoso et al., 2021). Entretanto, ainda são escassas as informações sobre sua aplicação em espécies ornamentais amazônicas, incluindo *P. brevis*, especialmente quanto aos níveis adequados de inclusão em dietas formuladas de forma isoproteica e isoenergética. Assim, torna-se necessário avaliar o potencial da PHVF como substituto parcial da farinha de peixe, visando desenvolver estratégias nutricionais mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis para a espécie. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição parcial da farinha de peixe por proteína hidrolisada de vísceras de frango sobre o crescimento, a uniformidade dos lotes e a sobrevivência de juvenis do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e período experimental

O experimento foi conduzido durante 45 dias no Laboratório de Piscicultura da Faculdade de Engenharia de Pesca, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará (UFPA), campus de Bragança. Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFPA (CEUA/UFPA, Processo nº 5008250424).

Peixes e condições experimentais

Foram utilizados 150 juvenis de *P. brevis*, provenientes de reprodução natural de matrizes selvagens mantidas sob condições controladas no laboratório. Os peixes apresentaram peso inicial médio de $16,30 \pm 0,76$ mg e comprimento médio de $10,33 \pm 0,48$ mm. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em 15 aquários de 5 L, na densidade de 10 peixes por unidade experimental. Durante todo o período experimental, os aquários foram mantidos sob fotoperíodo artificial de 12 h claro:12 h escuro e aeração contínua individualizada.

Delineamento experimental e dietas

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e três repetições. Foram avaliadas cinco dietas extrusadas isoproteicas (42% de proteína bruta) e isolipídicas (8% de extrato etéreo), com níveis crescentes de substituição da farinha de peixe (FP) por proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF): 0% (controle), 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0% (Tabela 1).

A PHVF foi fornecida pela empresa BRF Ingredientes Ltda., sendo obtida a partir da hidrólise enzimática controlada de vísceras de frango provenientes da indústria avícola. O produto foi disponibilizado na forma de farinha desidratada, apresentando elevado teor proteico e perfil rico em peptídeos de baixo peso molecular, conforme especificação técnica do fabricante. O processamento industrial envolve etapas de trituração da matéria-prima, aplicação de enzimas proteolíticas sob condições controladas de temperatura e pH, seguida de inativação enzimática, secagem e moagem, visando garantir estabilidade microbiológica e padronização nutricional do ingrediente.

Os ingredientes das dietas foram previamente moídos em moinho de martelos (TRF-400 Trapp, Brasil) com peneira de 0,3 mm, pesados em balança semi-analítica (Shimadzu BL3200H, precisão 0,01 g) e homogeneizados com 22% de água a 50 °C. As misturas foram extrusadas em extrusora ExMicro® (matriz de 1 mm), secas em estufa com ventilação forçada a 55 °C por 24 h e armazenadas sob refrigeração a 10 °C.

A alimentação foi realizada quatro vezes ao dia (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00), até saciedade aparente, com ajustes diários baseados no consumo observado. Para manutenção da qualidade da água, foram realizadas trocas parciais diárias de aproximadamente 30% do volume útil dos aquários, mediante sifonamento do fundo para remoção de fezes e resíduos alimentares.

Tabela 1. Valores da composição percentual e química da dieta experimental

Ingrediente	Níveis de inclusão de PHVF (%)				
	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00
Farinha de vísceras	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Concentrado proteico de soja	26,33	25,26	24,19	23,12	22,05
Milho grão	19,99	20,58	21,17	21,76	22,35
Farinha de trigo	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Arroz quirera	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Farinha de Peixe	10,00	7,50	5,00	2,50	0,00
Proteína hidrolisada de vísceras de frango	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00
Óleo de soja	2,06	2,06	2,07	2,07	2,07
Premix ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antifúngico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante (BHT) ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Calcário	0,00	0,19	0,38	0,57	0,76
Fosfato bicálcico	0,00	0,29	0,58	0,86	1,15
Composição química (valores calculados)³					
Proteína Bruta (%)	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Extrato Etéreo (%)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Fibra Bruta (%)	1,64	1,61	1,57	1,53	1,50
Energia Digestível (kcal kg ⁻¹) ⁴	3443,3	3464,1	3484,9	3505,7	3526,59
	7	8	8	9	

¹Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI, Vit. D3, 200.000 UI, Vit. E, 12.000 mg, Vit. K3, 2.400 mg, Vit. B1, 4.800 mg, Vit. B2, 4.800 mg, Vit. B6, 4.000 mg, Vit. B12, 4.800 mg, Ac. Fólico, 1.200 mg, Pantotenato Ca, 12.000 mg, Vit. C, 48.000 mg, Biotina, 48 mg, Colina, 65.000 mg, Niacina, 24.000 mg, Ferro, 10.000 mg, Cobre, 6.000 mg, Manganês, 4.000 mg, Zinco, 6.000 mg, Iodo, 20 mg, Cobalto, 2 mg, Selênio, 20 mg.

²Buti-hidroxi-tolueno (antioxidante).

³Os valores de composição química dos ingredientes para o cálculo da dieta referência foram retirados das tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias (Furuya et al., 2010).

⁴Baseados no valor de energia digestível propostos por Boscolo et al. (2002).

Parâmetros de qualidade da água

A cada três dias foram monitorados temperatura ($27,48 \pm 0,05$ °C), pH ($6,60 \pm 0,12$) e oxigênio dissolvido ($5,85 \pm 0,36$ mg L⁻¹), utilizando sonda multiparâmetro portátil (HORIBA U-50, EUA). A concentração de amônia total ($0,15 \pm 0,03$ mg L⁻¹) foi determinada por método colorimétrico com kit comercial (Labcon Test, Alcon, Brasil). Todos os parâmetros permaneceram dentro das faixas adequadas à espécie (Oliveira et al., 2020).

Desempenho produtivo

Ao final do experimento, os peixes foram submetidos a jejum de 24 h para esvaziamento do trato gastrointestinal e anestesiados com Eugenol (100 mg L⁻¹), conforme Roubach et al. (2005). Em seguida, foram pesados em balança analítica (Gehaka AG200, precisão 0,0001 g) e medidos com paquímetro digital (PANTEC-150, precisão 0,01 mm).

Foram avaliados: comprimento final (CF), ganho em comprimento ($GC = CF - CI$), peso final (PF), ganho de peso ($GP = PF - PI$), taxa de crescimento específico em comprimento (TCE_C) e em peso (TCE_P), calculadas conforme:

$$TCE_C = [(\ln CF - \ln CI) / \text{dias de experimento}] \times 100$$

$$TCE_P = [(\ln PF - \ln PI) / \text{dias de experimento}] \times 100$$

A uniformidade do lote foi estimada pela proporção de peixes com valores de comprimento (UC) ou peso (UP) dentro da faixa de $\pm 20\%$ da média da unidade experimental:

$$UC = (\text{n}^\circ \text{ de peixes com comprimento } \pm 20\% \text{ da média} / \text{n}^\circ \text{ total de peixes}) \times 100$$

$$UP = (\text{n}^\circ \text{ de peixes com peso } \pm 20\% \text{ da média} / \text{n}^\circ \text{ total de peixes}) \times 100$$

A taxa de sobrevivência (TS) foi determinada por:

$$TS = (\text{número final de peixes} / \text{número inicial}) \times 100$$

Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (Bartlett). Posteriormente, foi realizada análise de variância (ANOVA) e, quando observada significância ($p < 0,05$), aplicou-se regressão polinomial para determinar o nível ótimo de inclusão de PHVF. A seleção do modelo mais adequado considerou a significância dos coeficientes de variação, o coeficiente de determinação (R^2) e a coerência biológica das

respostas. As análises foram realizadas no software SAEG, versão 9.1 (Fundação Arthur Bernardes – UFV, Viçosa, MG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade dos lotes e a taxa de sobrevivência constituem parâmetros fundamentais na aquicultura ornamental, pois influenciam diretamente a viabilidade produtiva e o valor comercial das espécies, especialmente aquelas comercializadas individualmente (Oliveira et al., 2022). No presente estudo, os diferentes níveis de inclusão de proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF) não afetaram esses parâmetros em juvenis de *P. brevis*, indicando que a substituição parcial da farinha de peixe não comprometeu a estabilidade produtiva. A manutenção de elevadas taxas de sobrevivência e uniformidade pode estar associada às características comportamentais da espécie, naturalmente gregária e pouco agressiva, o que reduz a competição intraespecífica e o estresse social em condições de cultivo (Weitzman & Weitzman, 2003). Esses resultados corroboram estudos prévios em espécies ornamentais e de corte, como *Heros severus* e *Oreochromis niloticus*, nos quais hidrolisados proteicos de origem avícola também não comprometeram a sobrevivência dos peixes, reforçando a segurança nutricional desses ingredientes em sistemas intensivos (Silva Filho, 2025; Rocha et al., 2021).

Tabela 1. Desempenho produtivo (média \pm desvio padrão; n=3) de alevinos de *Pyrrhulina brevis* alimentados com dietas contendo níveis crescentes de proteína hidrolisada de frango (PHF)

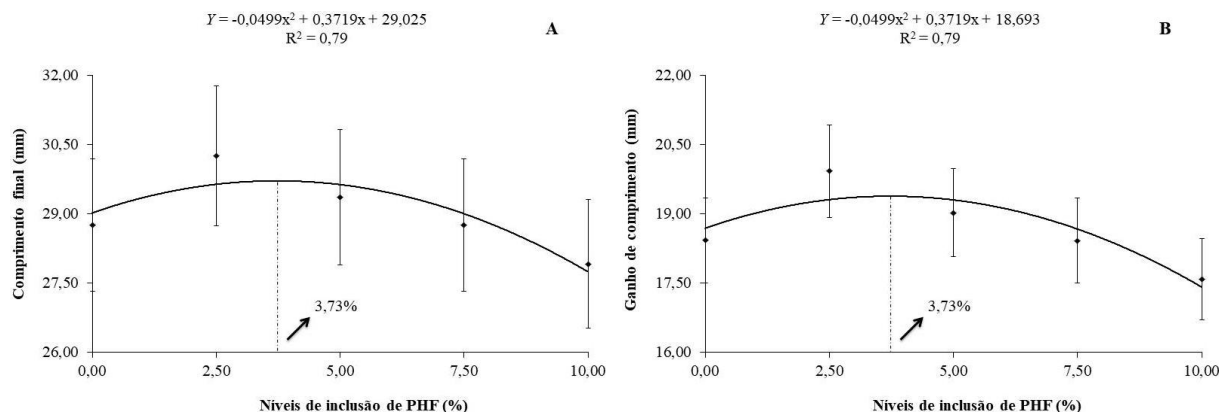
Parâmetro ¹	Níveis de inclusão de PHF (%)					Valor de p^2
	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	
CF (mm)	28,76 \pm 0,36	30,26 \pm 0,34	29,36 \pm 0,31	28,76 \pm 0,32	27,92 \pm 0,37	0,01
GC (mm)	18,43 \pm 0,36	19,93 \pm 0,34	19,03 \pm 0,31	18,43 \pm 0,32	17,59 \pm 0,37	0,01
TCEc (%/dia)	2,27 \pm 0,03	2,39 \pm 0,03	2,32 \pm 0,02	2,27 \pm 0,03	2,21 \pm 0,03	0,01
PF (mg)	198,63 \pm 6,3	218,36 \pm 5,5	210,97 \pm 3,1	191,69 \pm 6,3	185,68 \pm 7,4	0,01
	5	3	5	1	9	
GP (mg)	182,34 \pm 6,3	202,07 \pm 5,5	194,67 \pm 3,1	175,39 \pm 6,3	169,38 \pm 7,4	0,01
	5	3	5	1	9	
TCEp (%/dia)	5,56 \pm 0,07	5,77 \pm 0,06	5,69 \pm 0,03	5,48 \pm 0,07	5,40 \pm 0,09	0,01
UC (%)	100,00 \pm 0,0	100,00 \pm 0,0	96,30 \pm 4,94	100,00 \pm 0,0	96,30 \pm 4,94	0,58
	0	0		0		
UP (%)	81,76 \pm 3,83	83,07 \pm 11,2	80,56 \pm 12,9	79,26 \pm 13,8	81,48 \pm 9,88	0,99
		9	6	3		
TS (%)	86,67 \pm 4,44	86,67 \pm 4,44	90,00 \pm 6,67	93,33 \pm 4,44	93,33 \pm 4,44	0,60

¹Comprimento final (CF), ganho de comprimento (GC), taxa de crescimento específico para comprimento (TCEc), peso final (PF), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico para peso (TCEp), uniformidade de comprimento (UC), uniformidade de peso (UP) e taxa de sobrevivência (TS);

²Valor de p determinado por Análise de Variância (ANOVA).

Os parâmetros de crescimento apresentaram resposta quadrática aos níveis crescentes de inclusão de PHVF, com desempenho máximo estimado entre 3,55% e 3,73%, indicando que níveis moderados do ingrediente favorecem o desempenho produtivo da espécie. Esse resultado está de acordo com a literatura, que descreve os hidrolisados proteicos como fontes de peptídeos e aminoácidos de rápida absorção, capazes de otimizar processos digestivos, metabólicos e de síntese proteica (Gisbert et al., 2018; Ogawa et al., 2024). Além disso, a elevada palatabilidade e atratividade dos hidrolisados proteicos pode ter contribuído para maior consumo alimentar e melhor crescimento dos juvenis (Xavier et al., 2024).

A resposta observada em *Pyrrhulina brevis* acompanha tendências descritas para outras espécies aquícolas. Estudos conduzidos com *Oreochromis niloticus* e *Clarias gariepinus* relataram melhorias no crescimento e na eficiência alimentar com a utilização de hidrolisados proteicos de origem avícola, incluindo penas e vísceras, reforçando o potencial desse ingrediente como alternativa funcional à farinha de peixe (Rocha et al., 2021; Xavier et al., 2024; Rashid et al., 2025). Resultados positivos também foram registrados com hidrolisados de peixe e sangue suíno em tilápia, evidenciando que a hidrólise proteica representa estratégia nutricional aplicável a diferentes espécies e sistemas de cultivo, promovendo maior aproveitamento dos nutrientes e otimização do desempenho produtivo (Silva et al., 2017; Gomes, 2022).



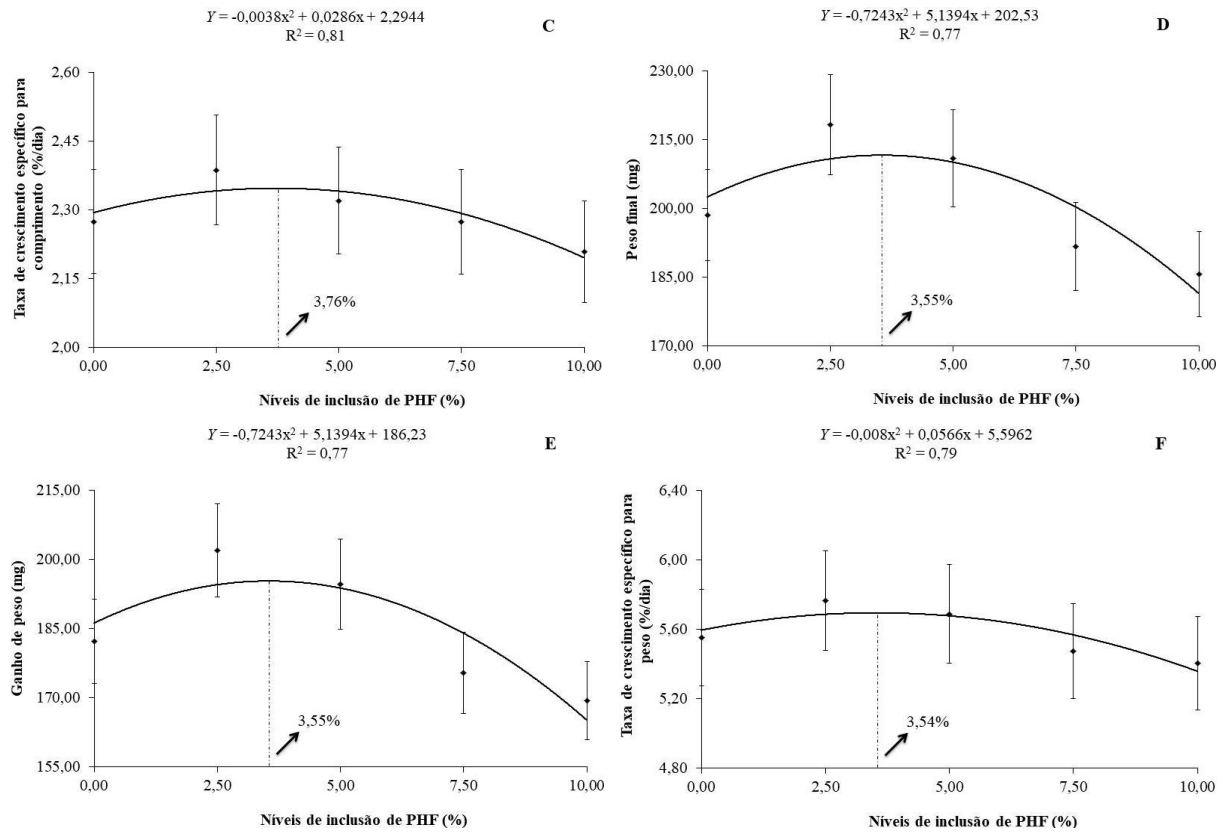


Figura 1. Comprimento final (A), ganho de comprimento (B), taxa de crescimento específico para comprimento (C), peso final (D), ganho de peso (E) e taxa de crescimento específico para peso (F) de juvenis de *Pyrrhulina brevis* alimentados com dietas contendo níveis crescentes de proteína hidrolisada de frango (PHF).

Do ponto de vista fisiológico, os efeitos benéficos da PHF podem estar relacionados ao transporte eficiente de di- e tripeptídeos pelo cotransportador PEPT1 dependente de H^+ , mecanismo que favorece a absorção de nutrientes e a deposição proteica (Soares et al., 2020). Adicionalmente, os hidrolisados podem apresentar propriedades antioxidantes e imunoestimulantes, contribuindo para maior resistência ao estresse e manutenção do crescimento em condições intensivas de cultivo (Mansour et al., 2014; Rocha et al., 2021). Entretanto, o padrão quadrático indica que níveis elevados de inclusão podem reduzir o desempenho, possivelmente devido à saturação dos mecanismos de transporte intestinal, desequilíbrios na absorção de aminoácidos ou aumento da oxidação de aminoácidos livres, reduzindo a eficiência anabólica (Cahu et al., 1999; Hevrøy et al., 2005; Silva et al., 2017).

Sob a perspectiva econômica e ambiental, a substituição parcial da farinha de peixe por PHF representa estratégia promissora para a sustentabilidade da aquicultura ornamental. Embora a farinha de peixe possua elevado valor nutricional, seu custo elevado e disponibilidade

limitada restringem sua utilização em larga escala (Lima et al., 2011). Em contraste, a PHF, derivada de subprodutos avícolas, promove o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, reduz a pressão sobre recursos marinhos e se alinha aos princípios da economia circular (Cardoso et al., 2021). Dessa forma, a adoção de ingredientes alternativos contribui simultaneamente para a viabilidade econômica e para a sustentabilidade ambiental da produção aquícola.

CONCLUSÕES

A inclusão de proteína hidrolisada de vísceras de frango (PHVF) em dietas para juvenis de *P. brevis* mostrou-se viável, uma vez que não comprometeu a uniformidade dos lotes nem a taxa de sobrevivência dos peixes. Os níveis de inclusão entre 3,55% e 3,73% foram estimados para promover melhor desempenho produtivo dos peixes. Esses resultados demonstram que a PHVF pode ser utilizada estrategicamente como substituta parcial da farinha de peixe, representando uma alternativa nutricional sustentável e economicamente promissora para a formulação de rações destinadas à piscicultura ornamental de espécies amazônicas.

BIBLIOGRAFIA

- ABE, H. A.; REIS, R. G. A.; PAIXÃO, P. E. G.; FUJIMOTO, R. Y. Effect of short-term fasting and re-feeding on growth performance of larvae and juveniles *Pyrrhulina brevis*, an Amazon ornamental fish. *Journal of Applied Aquaculture*, v. 34, p. 894–906, 2022.
- ARAÚJO, J. G. D.; SANTOS, M. A. S. D.; REBELLO, F. K.; PRANG, G.; ALMEIDA, M. C. D.; ISAAC, V. J. Economic analysis of the threats posed to the harvesting of ornamental fish by the operation of the Belo Monte hydroelectric dam in northern Brazil. *Fisheries Research*, v. 225, p. 105483, 2020.
- BATISTA, D. V. V.; TAVARES-DIAS, M.; FUJIMOTO, R. Y.; MARTINS, M. L. *Amazonian ornamental fish: diversity, reproduction, and commercial applications*. Florianópolis: UFSC, 2025. 218 p.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.
- CAHU, C. L.; INFANTE, J. Z.; QUAZUGUEL, P.; LE GALL, M. M. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day-old sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, v. 171, p. 109-119, 1999.

- CAMPELO, D. A. V. et al. Utilização de diferentes alimentos na larvicultura do peixe ornamental amazônico acará severo. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, p. 14035-14049, 2020.
- CAMPELO, D. A. V. et al. Manejo nutricional na larvicultura e alevinagem de peixes ornamentais amazônicos. In: MATTOS, B. O. et al. (org.). *Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. p. 159-176.
- CARDOSO, M. S. et al. Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, v. 530, p. 735720, 2021.
- DAGOSTA, F. C.; PINNA, M. C. C. The fishes of the Amazon: distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v. 431, p. 1-163, 2019.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- FURUYA, W. M. et al. *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: Editora GFM, 2010. 100 p.
- GISBERT, E. et al. Diets containing shrimp protein hydrolysates provided protection to European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) affected by a *Vibrio pelagius* outbreak. *Aquaculture*, v. 495, p. 136-143, 2018.
- GOMES, R. L. M. Proteína hidrolisada de fígado suíno em dietas para alevinos de dourado (*Salminus brasiliensis*) e tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2022. 91 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022.
- HEVROY, E. M. et al. Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed increased levels of fish protein hydrolysate. *Aquaculture Nutrition*, v. 11, p. 301-313, 2005.
- JAIN, A. K.; KARUNASAGAR, I. Ornamental fish and aquarium trade in the globalized world. In: JAIN, A. K.; RANE, A. J.; SINHA, A. (ed.). *Ornamental fisheries and aquarium keeping*. Boca Raton: CRC Press, 2025.
- LIMA, M. R. et al. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 33, p. 65-71, 2011.
- MAMUAD, L. et al. Ornamental fish (*Cyprinus carpio*) fed with fishmeal replacement *Ptecticus tenebrifer* and *Tenebrio molitor*. *Aquaculture Research*, v. 52, n. 3, p. 980-990, 2021.

- MANSOUR, S. C.; PENA, O. M.; HANCOCK, R. E. Host defense peptides: front-line immunomodulators. *Trends in Immunology*, v. 35, p. 443-450, 2014.
- OGAVA, L. E. et al. Physical and chemical characterization of chicken viscera hydrolysate: nutritional information for Nile tilapia diets. *Waste and Biomass Valorization*, v. 15, p. 599-614, 2024.
- OLIVEIRA, L. C. C. D. et al. Effect of prey concentrations and salinized water on initial development of *Pyrrhulina brevis*. *Research, Society and Development*, v. 9, e381985582, 2020.
- OLIVEIRA, L. C. C. D. et al. Salinized water as a strategy for increasing stocking density in *Heros severus* larviculture. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 48, e742, 2022.
- PINHEIRO JUNIOR, A. D. S. et al. Effect of feeding frequency and water salinization on early development of *Pyrrhulina brevis*. *Acta Amazonica*, v. 53, p. 107–113, 2023.
- RASHID, N. N. A. A. A. et al. Hydrolyzed chicken feather meal as partial fish meal replacement for African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture International*, v. 33, p. 1-33, 2025.
- ROCHA, J. D. M. et al. Poultry protein hydrolysates in diets for tilapia fingerlings. *Research, Society and Development*, v. 10, e154101421796, 2021.
- ROUBACH, R. et al. Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Research*, v. 36, p. 1056-1061, 2005.
- SILVA FILHO, M. A. S. E. Proteína hidrolisada de sangue de aves em dietas para juvenis do peixe ornamental amazônico acará severo (*Heros severus*). 2025. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pará, Bragança, 2025.
- SILVA, T. C. D. et al. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, p. 485-492, 2017.
- SOARES, M. et al. Protein hydrolysates from poultry by-product and swine liver as alternative dietary protein for Pacific white shrimp. *Aquaculture Reports*, v. 17, p. 100344, 2020.
- SOUSA, J. A. et al. Protein requirement in the diet of *Heros severus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 52, p. 482-495, 2021.
- WEITZMAN, M.; WEITZMAN, S. H. Family Lebiasinidae (pencil fishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. (ed.). *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 241-250.
- XAVIER, D. T. O. et al. Feather protein hydrolysate in diets for Nile tilapia larvae. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 22, 2024.

YAMAMOTO, K. C. et al. A cadeia produtiva de peixes ornamentais no estado do Amazonas.
Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12, p. 186–202, 2021.