



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**



**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA**

Evelin Cristine Estevan

**Aproveitando o que seria descartado:
Efeitos da inclusão de antioxidantes extraídos do Bycatch na dieta do camarão *Penaeus
vannamei* exposto à amônia**

**São Vicente - SP
2025**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”



INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA

Evelin Cristine Estevan

**Aproveitando o que seria descartado:
Efeitos da inclusão de antioxidantes extraídos do *Bycatch* na dieta do camarão *Penaeus vannamei* exposto à amônia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Biologia Marinha.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alessandra da Silva Augusto

Coorientadora: Ma. Emanuelle Pereira Borges

E79a	Estevan, Evelin Cristine Aproveitando o que seria descartado : Efeitos da inclusão de antioxidantes extraídos do Bycatch na dieta do camarão <i>Penaeus vannamei</i> exposto à amônia / Evelin Cristine Estevan. -- São Vicente, 2025 31 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente Orientadora: Alessandra Da Silva Augusto Coorientadora: Emanuelle Pereira Borges 1. <i>Penaeus vannamei</i>. 2. Amônia. 3. Hidrolisados de proteína. 4. Comportamento Animal. 5. Bycatch. I. Título.
------	--

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Alessandra Augusto, por todos os ensinamentos, conselhos e assistência durante toda a elaboração deste trabalho.

Ao PIBIC (Processo nº 22053) pela bolsa de iniciação científica que me permitiu desenvolver o presente trabalho.

À UNESP IB/CLP - Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, que forneceu toda a infraestrutura necessária para a elaboração deste trabalho, assim como o Laboratório de Aquicultura Sustentável e o Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal.

Ao Dr. Marcel Sabino Miranda.

À minha família por acreditar e investir em mim. À minha mãe Zilda, que me deu esperança para continuar seguindo. Ao meu pai Marcos e madrastra Vick, pela presença durante essa jornada. Aos meus irmãos, Elvis e Emerson, minha sobrinha Alice, a minha prima Lívia, e aos demais familiares, por todo o amor, confiança e amparo.

À minha fiel companheira Molly, por ser a guardiã da minha saúde mental e fazer minha vida valer a pena.

Aos meus amigos, Katarina, Gabriel Paz, Larissa, Giulia, Fernanda, Enzo, João e Gabriel, por estarem ao meu lado nesse mundo acadêmico, tornando meus dias mais felizes.

Aos colegas de laboratório, Juliana, Emanuelle, Bárbara, Matheus, Luísa e Hellen, por toda ajuda e suporte durante toda a elaboração deste trabalho.

RESUMO

A fauna acompanhante, ou "bycatch", é constituída por várias espécies marinhas que são pescadas junto com as espécies-alvos, mas descartadas por não terem interesse econômico. Objetivando agregar valor econômico ao bycatch, nosso grupo de pesquisa conseguiu extrair destas espécies hidrolisados proteicos que possuem potencial antioxidante. No presente trabalho nós incluímos 5% destes hidrolisados proteicos na dieta de *Penaeus vannamei*, o camarão mais cultivado no mundo, e avaliamos as taxas de ingestão, egestão, digestibilidade e comportamento destes animais submetidos a elevada concentração de amônia (20 mg/L) por 96 horas. Animais controles foram alimentados com dieta sem inclusão de hidrolisado. Inicialmente, os animais foram alimentados com as dietas durante 56 dias, sem adição de amônia, e ingeriram cerca de 157 mg/dia de dieta, independentemente da presença do hidrolisado, mostrando que a inclusão do aditivo não afetou a alimentação. Entretanto, a inclusão da amônia causou aumentos da ingestão e egestão, respectivamente +77% e +43%, sugerindo alimentação compensatória diante do estresse a fim de fornecer mais energia e nutrientes aos animais. Esses resultados também podem indicar desregulação dos centros nervosos que regulam a fome. Em animais expostos à elevada concentração de amônia, a dieta contendo hidrolisado resultou em aumentos das taxas de ingestão (21%) e defecação (56%) em relação aos animais alimentados com dieta controle. A exposição à elevada concentração de amônia causou aumento da frequência de comportamentos agonísticos como desfiles e fintas, mas a inclusão de hidrolisado proteico à dieta reduziu tais respostas. Conclui-se que a dieta contendo hidrolisado proteico extraído da fauna acompanhante é bem aceita pelos animais e reduz o estresse comportamental em animais expostos a elevada concentração de amônia. Além disso, o aumento da defecação precisa ser melhor investigado em animais alimentados com dieta contendo hidrolisado porque, embora tal resposta possa ser

vista como prejudicial aos animais, também pode ser adaptativa diante do aumento da taxa de ingestão em animais expostos à amônia.

Palavras-chave: *Penaeus vannamei*, amônia, hidrolisados de proteína, comportamento animal, bycatch.

ABSTRACT

Bycatch consists of various non-target marine species captured alongside target species, often discarded due to their lack of economic value. Aiming to add economic value to bycatch, our research group successfully extracted protein hydrolysates with antioxidant potential from these species. In this study, we included 5% of these protein hydrolysates in the diet of *Penaeus vannamei*, the world's most cultivated shrimp species, and evaluated ingestion, egestion, and digestibility rates, as well as the behavior of animals exposed to high ammonia concentrations (20 mg/L) for 96 hours. At first, the animals were fed the diets for 56 days, without ammonia, and ingested about 157 mg/day of diet, irrespective of the presence of the hydrolysate, showing that the inclusion of the additive did not affect feeding. However, ammonia caused increases in ingestion and egestion, by +77% and +43%, respectively, suggesting compensatory feeding in the face of stress in order to provide more energy and nutrients to the animals. In animals exposed to high ammonia concentrations, the diet containing 5% hydrolysate resulted in further increases in ingestion (21%) and defecation (56%) rates. Exposure to high ammonia concentrations caused an increased frequency of agonistic behaviors, such as parade and feints; however, the inclusion of dietary protein hydrolysate significantly reduced these stress responses. It is concluded that the diet containing protein hydrolysate extracted from bycatch is well accepted by the animals and effectively mitigates behavioral stress in shrimp exposed to high ammonia concentrations. Furthermore, the observed increase in defecation requires further investigation in animals fed the hydrolysate-containing diet; although this response might be viewed as detrimental, it could also represent an adaptive mechanism to cope with the increased ingestion rates under ammonia stress.

Keywords: *Penaeus vannamei*; ammonia; protein hydrolysates; animal behavior; bycatch.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1 Coleta e acondicionamento dos animais em laboratório	13
2.2.2 Exposição à Amônia	14
2.2.3 Avaliação das Taxas de Mortalidade, Ingestão e Egestão	15
2.4 Avaliação do Comportamento Agonístico	16
A) Comportamentos de Exibição e Ameaça	16
B) Comportamentos de Contato Físico	17
C) Comportamentos de Fuga e Esquiva	17
2.5 Análise Estatística	18
3. RESULTADOS	19
3.1 Mortalidade	19
3.2 Taxas de Ingestão e Egestão	19
3.3 Análise do Comportamento Agonístico	20
4. DISCUSSÃO	22
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

A pesca de arrasto de camarões marinhos é uma das práticas mais produtivas da pesca comercial, mas também uma das mais controversas do ponto de vista ambiental (Camargo *et al.*, 2021; Tangerina *et al.*, 2017). Essa prática, baseada no arrasto de redes sobre o fundo marinho, além de causar perturbações físicas como ressuspensão de sedimento e remoção de organismos bentônicos (Epstein *et al.*, 2022; Juan *et al.*, 2020), resulta na captura de diversas espécies não alvo, conhecidas como bycatch ou fauna acompanhante (Roda *et al.*, 2019; Marín-Beltrán *et al.*, 2022). Apesar de décadas de esforços para aprimorar a seletividade da pesca, o bycatch continua sendo um desafio para a sustentabilidade pesqueira, pois envolve a morte e o descarte de organismos marinhos como invertebrados, peixes, aves e mamíferos (Moore *et al.*, 2021; De la Hoz Schilling *et al.*, 2023).

Algumas espécies do bycatch capturadas acidentalmente podem apresentar potencial biotecnológico, o que tem impulsionado a bioprospecção marinha como estratégia de reaproveitamento sustentável. Um exemplo promissor foi descrito por membros do nosso grupo de pesquisa (Camargo *et al.*, 2021a; Louzã *et al.*, 2024 e Camargo *et al.*, 2021b) que identificaram atividade antioxidante em hidrolisados proteicos extraídos do músculo e pele das duas espécies de peixes mais abundantes do bycatch de Ubatuba/SP. Dentre os usos potenciais desses hidrolisados, destaca-se sua aplicação na aquicultura, especialmente como suplemento nutricional com propriedade antioxidante (Zamora-Sillero *et al.*, 2018; Tekle *et al.*, 2022). Em um trabalho piloto do nosso grupo de pesquisa, estes hidrolisados extraídos do bycatch foram incluídos na dieta do camarão dulcícola *Macrobrachium rosenbergii* durante 30 dias e verificado sua capacidade de mitigar os efeitos do estresse por amônia por meio da integridade do tecido branquial (Louzã, 2024). No entanto, animais marinhos e de água doce podem ter diferentes respostas fisiológicas e comportamentais à exposição à amônia, já que os

ecossistemas marinhos tendem a ser mais complexos e envolvem mais fatores biológicos e ambientais (Zhang *et al.*, 2023a).

Nesse contexto, diversos estudos com *Penaeus vannamei* demonstram que a suplementação dietética com hidrolisados proteicos e compostos antioxidantes atua na mitigação dos danos causados pelo estresse oxidativo. Esse efeito benéfico é atribuído à presença de peptídeos que possuem alta capacidade de captura de radicais livres. Pesquisas confirmam que esses peptídeos estimulam significativamente a atividade de enzimas antioxidantes endógenas (SOD, CAT e GSH-Px) e reduzem a peroxidação lipídica (MDA) nos tecidos dos camarões (Lin *et al.*, 2025; Latorres *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2021). Além disso, a utilização de dietas funcionais contendo compostos imunoestimulantes tem sido correlacionada com a modulação positiva de vias metabólicas e antioxidantes, resultando em maior resistência ao estresse e melhor desempenho de crescimento diante de desafios químicos (Yang *et al.*, 2024).

O *Penaeus vannamei* se trata da espécie de camarão marinho mais cultivada no mundo, com produção global de 6,8 milhões de toneladas em 2022 (FAO, 2024). Sua popularidade se deve à rápida taxa de crescimento de 1,5g por semana, alta adaptabilidade e ampla tolerância a diferentes condições ambientais (Wu *et al.*, 2024; Nan *et al.*, 2024). Países da Ásia e América Latina, como China, Índia, Vietnã e Equador lideram sua produção (Silva *et al.*, 2021; Albalat *et al.*, 2022). No entanto, o sucesso do cultivo intensivo de *P. vannamei* é frequentemente limitado por estressores ambientais, com destaque para a amônia, que se acumula em sistemas de produção a partir da excreção nitrogenada dos organismos e da decomposição de matéria orgânica (Suresh *et al.*, 2023).

Os invertebrados aquáticos são os organismos suscetíveis à toxicidade da amônia. Em sistemas de cultivo intensivo, este composto nitrogenado acumula-se na água principalmente

como produto final do catabolismo proteico dos animais e através da decomposição bacteriana de matéria orgânica não consumida, como restos de ração e fezes (Suresh *et al.*, 2023). A amônia total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), especialmente em sua forma não ionizada (NH_3), é altamente tóxica devido a alta lipossolubilidade, o que permite sua livre difusão através das membranas biológicas (brânquias) e altera o pH. Níveis elevados de amônia na água forçam a retenção da amônia metabólica no organismo. Como a concentração interna precisa ser maior que a externa para haver excreção passiva, o aumento ambiental bloqueia essa saída, resultando em acúmulo tóxico na hemolinfa e autointoxicação (Piedras *et al.*, 2006; Jin *et al.*, 2024).

A amônia pode comprometer processos fisiológicos essenciais como crescimento, osmorregulação, imunidade e sobrevivência (Zhao *et al.*, 2020; Luo *et al.*, 2022; Nan *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2023a). Lin e Chen (2001) mostraram que nos camarões *P. vannamei*, concentrações de amônia de 5 a 20 mg/L já causam imunossupressão severa, reduzindo a contagem de hemócitos e a atividade da fenoloxidase, além de aumentar a mortalidade. Em espécies como *Marsupenaeus japonicus* e *Macrobrachium rosenbergii*, foi verificado que a amônia causa danos histológicos nas lamelas branquiais (hiperplasia), redução na capacidade de transporte de oxigênio e estresse oxidativo (Dutra *et al.*, 2017; Haixin *et al.*, 2022). Portanto, como sugerido por Zhang *et al.* (2023a), aumentar o suprimento de alimentos de qualidade deve fornecer a energia necessária para os processos de destoxificação, permitindo que cresçam sob concentração de amônia normalmente letais.

Além dos efeitos fisiológicos, a amônia também pode alterar o comportamento dos animais aquáticos, incluindo mudanças nos padrões de natação, alimentação e interação social (Soler *et al.*, 2021; Jin *et al.*, 2024). O comportamento individual indica respostas a mudanças ambientais, geralmente exibindo reações como evitação, diminuição da natação e alteração

nas atividades de alimentação. Evidências crescentes apontam para alterações significativas no comportamento alimentar e agonístico, afetando diretamente o bem-estar e o desempenho produtivo dos camarões (Dong *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2023a). A exposição à amônia pode reduzir a ingestão alimentar, interferir na digestão, comprometer o metabolismo energético, e estudos indicam que concentrações abaixo de 25mg/L podem aumentar comportamentos agressivos e competitivos (Wu *et al.*, 2024; Albalat *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023a).

A avaliação de respostas comportamentais diante de estressores ambientais é fundamental para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e eticamente responsáveis (Albalat *et al.*, 2022). Os invertebrados representam mais de 95% das espécies, e a elevação da conscientização sobre o bem-estar animal leva a uma maior consideração pelo seu tratamento (Lewbart & Zachariah, 2023). *P. vannamei*, como um crustáceo decápode, possui um comportamento complexo, e evidências crescentes indicam que decápodes maiores possuem certo grau de consciência, possuindo sistema de dor e considerável capacidade de aprendizado (Diggles, 2019). A avaliação de respostas comportamentais é, portanto, uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e eticamente responsáveis (Albalat *et al.*, 2022), e como afirmam Zhang *et al.* (2023a, p.3), “ao compreender as consequências ecológicas de altas concentrações de amônia, podemos trabalhar para manter a integridade ecológica e a sustentabilidade de nossos ecossistemas aquáticos”.

Diante do exposto acima, o objetivo deste projeto foi avaliar se a adição do hidrolisado com potencial antioxidante, extraído do bycatch, à ração altera a fisiologia (ingestão, egestão e digestibilidade) e o comportamento agonístico do camarão *P. vannamei* quando exposto à elevada concentração de amônia. Os resultados são importantes porque agregam valor econômico ao bycatch e conhecimento sobre o bem-estar e cultivo da espécie. Destacamos

que nós já temos a ração formulada e pronta porque um dos membros do nosso grupo de pesquisa está avaliando o seu papel na imunidade de *P. vannamei*. Nossa hipótese é que a dieta suplementada com hidrolisado antioxidante atuaria como um agente protetor, mitigando os efeitos deletérios da amônia, refletindo em um menor índice de comportamentos agonísticos e em um melhor aproveitamento nutricional em comparação aos animais do grupo controle.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta e acondicionamento dos animais em laboratório

Juvenis de *P. vannamei* ($3,42 \pm 0,75\text{g}$) foram coletados em fazendas de carcinicultura em Santa Catarina ($26^{\circ}12'32.3''\text{S}$ $48^{\circ}44'23.7''\text{W}$) em maio de 2025 e transportados em caixas contendo água do local de coleta sob aeração constante. No Laboratório de Aquicultura Sustentável da Unesp, São Vicente, SP ($23^{\circ}58'13''\text{S}$ $46^{\circ}23'35''\text{W}$), os camarões foram mantidos durante 7 dias em aquários contendo 3 indivíduos cada, sob aeração constante e salinidade de 20S visando a aclimação às condições laboratoriais. Durante esse período, os animais foram alimentados diariamente, duas vezes ao dia, com ração comercial usada na fazenda de cultivo onde foram coletados (CAMANUTRI; 35% de proteína bruta). Os animais foram mantidos em laboratório com fotoperíodo natural e temperatura de 25°C .

2.2 Delineamento Experimental

2.2.1 Alimentação com a dieta contendo hidrolisado proteico

Após o período de aclimação de 7 dias ao laboratório, os animais foram pesados em balança (Mettler Toledo, 1 mg) e reacomodados nos aquários experimentais, mantendo a composição dos grupos de 3 indivíduos, sob aeração constante, temperatura controlada de 25°C , salinidade de 20S e fotoperíodo natural. Durante 56 dias foram alimentados com ração formulada para camarão contendo hidrolisado proteico extraído do bycatch. Os animais controles foram alimentados com ração formulada para camarão sem a adição do hidrolisado. Cada tratamento foi composto por sete aquários de 20 litros, contendo três animais por unidade experimental. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (às 8h00 e às 18h00), com porções correspondentes a 3% da sua biomassa, totalizando 6% da biomassa/diária (Lima *et al.*, 2025). Esta quantidade de alimento ofertada foi reajustada periodicamente em função

do crescimento dos animais. As rações foram formuladas e produzidas pela empresa Camarões Brasil e as propriedades antioxidantes da ração foram averiguadas por meio de um método adaptado de eliminação do radical livre DPPH, com medições realizadas em espectrofotômetro de microplacas, em parceria com o Prof Dr José Maria Monserrat, da FURG (Camargo *et al.*, 2021). Os dados bromatológicos da ração são mostrados na Tabela 1 e foram avaliados por Louzã (2024), que utilizou a mesma formulação em um estudo prévio.

Tabela 1. Composição bromatológica da dieta experimental contendo 0% e 5% de hidrolisado proteico por Louzã et al (2024)

Composição Bromatológica	0% Hidrolisado	5% Hidrolisado
Matéria seca (%)	97,13	96,80
Proteína bruta (%)	31,93	30,78
Extrato etéreo (%)	6,10	5,26
Cinzas (%)	6,19	6,10
Fibra bruta (%)	2,17	2,17
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4.158,95	4.135,91
Energia: Proteína	13,02	13,43
Cálcio (%)	2,38	2,58
Fósforo (%)	1,13	1,22

2.2.2 Exposição à Amônia

Após 56 dias, os animais foram divididos em 4 tratamentos para avaliação da exposição à elevada concentração de amônia (20 mg/L) por um período de 96 horas. A concentração de amônia foi obtida utilizando cloreto de amônio (NH₄Cl) diluído em água com 20S. Dados abióticos como pH, amônia, salinidade e temperatura da água também foram avaliados diariamente. Seguem os tratamentos:

Grupo 1 (H0A0): grupo controle alimentado exclusivamente com ração contendo 0% de hidrolisado e sem adição de amônia à água;

Grupo 2 (HA0): grupo alimentado com ração contendo 5% hidrolisado e sem adição de amônia à água;

Grupo 3 (H0A): grupo alimentado com ração contendo 0% de hidrolisado e exposto à amônia (20mg/L);

Grupo 4 (HA): grupo alimentado com ração contendo 5% de hidrolisado e exposto à amônia (20mg/L).

2.2.3 Avaliação das Taxas de Mortalidade, Ingestão e Egestão

A mortalidade foi avaliada diariamente durante todo o período experimental, compreendendo tanto o teste alimentar quanto a exposição à amônia. Para a avaliação das taxas de ingestão e egestão, os animais foram monitorados especificamente durante a etapa de exposição à amônia, na qual se configuraram os quatro tratamentos experimentais: dieta 0% sem amônia, dieta 0% com amônia, dieta 5% sem amônia e dieta 5% com amônia. Uma hora após a oferta do alimento, os restos de ração foram removidos dos aquários por meio de sifonamento, colocados em estufa a 60°C por 48 horas e, em seguida, pesados em balança analítica (Mettler Toledo, 1 mg). Em experimentos pilotos, já averiguamos que este é o período ideal a fim de que os animais se alimentem *ad libitum*. A taxa de ingestão foi determinada pela diferença entre a massa de ração ofertada e a massa não consumida. Simultaneamente, as fezes foram coletadas diariamente com o auxílio de uma pipeta plástica, secas em estufa a 60°C por 48 horas e também pesadas em balança analítica (Mettler Toledo, 1 mg) (Borges *et al.*, 2024).

2.4 Avaliação do Comportamento Agonístico

A avaliação do comportamento agonístico de *P. vannamei* foi avaliada nos quatro tratamentos e realizada em grupos de três indivíduos mantidos em aquários utilizando a metodologia de observação contínua e instantânea adaptada de Wu *et al.* (2024). Nos três dias de experimento, os aquários foram filmados individualmente e simultaneamente por 30 minutos durante a primeira alimentação do dia. Para garantir que apenas comportamentos estabilizados fossem analisados, os primeiros 10 minutos de cada gravação foram descartados, totalizando 19 horas e 20 minutos de gravação útil (Wu *et al.*, 2024).

Os vídeos foram meticulosamente analisados quadro a quadro no software VLC Media Player 3.0.21 para identificar e quantificar a frequência de cada comportamento. As interações agonísticas foram categorizadas conforme o etograma descrito por Wu *et al.* (2024), detalhados a seguir:

A) Comportamentos de Exibição e Ameaça

Desfile: o camarão se move pelo fundo do aquário, mantendo contato com as paredes do aquário através da antena.

Demonstração: o indivíduo realiza nados para frente e para trás em proximidade ao oponente, frequentemente girando o corpo ou executando investidas súbitas para intimidar e provocar a retirada do adversário.

Finta: caracteriza-se por uma aproximação gradual, na qual o camarão utiliza seus pereópodes para tocar ou arranhar o corpo do oponente, podendo levar tanto a uma retirada quanto à intensificação do conflito.

B) Comportamentos de Contato Físico

Ataque: ação que se inicia com uma aproximação e termina em contato físico direto com o adversário.

Impacto: movimento súbito em direção ao oponente, resultando em uma colisão frontal ou lateral com o rosto, podendo ser acompanhado por cutucadas com as antenas.

Perseguição: um indivíduo segue ativamente um oponente, arranhando seu corpo com os três primeiros pares de pereópodes e, ocasionalmente, golpeando-o até que este se retire.

Luta: confronto direto máximo, onde ambos os camarões engajam em combate físico usando os pereópodes anteriores para arranhar um ao outro, enquanto movem seus pleópodos rapidamente para impulsionar o corpo para frente até que um dos camarões recue, ou seja empurrado.

C) Comportamentos de Fuga e Esquiva

Recuo Temporário: uma contração abdominal que impulsiona o camarão para trás, criando uma distância tática do oponente, muitas vezes para se preparar para um novo ataque.

Recuo: resposta de fuga imediata, na qual o camarão contrai fortemente os músculos abdominais e usa o urópode para se impulsionar rapidamente para trás, distanciando-se do perigo ou do oponente.

2.5 Análise Estatística

Inicialmente foi realizada uma análise de normalidade e homogeneidade de variâncias para ambas as análises. Para a análise do comportamento alimentar foi aplicada análise de variância (ANOVA) de dois fatores (dieta e concentração de amônia), seguida pelo teste de médias múltiplas Student-Newman-Keuls (SNK) para localizar as diferenças entre os tratamentos. Para a análise dos comportamentos agonísticos foi realizada ANOVA de dois fatores para avaliar os efeitos principais e possíveis interações entre os fatores sobre as variáveis comportamentais e alimentares. O programa estatístico Sigma Stat 3.5 foi utilizado, empregando um nível mínimo de significância de $P \leq 0,05$. Os gráficos foram feitos utilizando o GraphPad Prism 5.

3. RESULTADOS

3.1 Mortalidade

Durante os 56 dias, observamos 7,1% de mortalidade nos animais alimentados com dieta sem hidrolisado e apenas 2,4% nos animais alimentados com dieta contendo hidrolisado proteico. Durante os experimentos de 96 h em que os animais foram expostos à amônia não houve mortalidade.

3.2 Taxas de Ingestão e Egestão

Os animais aceitaram bem a dieta contendo hidrolisado proteico. No período de 56 dias, os animais alimentados com dieta controle e com inclusão de hidrolisado proteico ingeriram, respectivamente, $0,149 \pm 0,013$ g e $0,164 \pm 0,039$ g de ração por dia.

Nos experimentos de 96 horas em que os animais foram expostos à amônia, observou-se que este contaminante causou um aumento de aproximadamente 77% e 43% nas taxas de ingestão e egestão, respectivamente (Tabela 2). A inclusão de hidrolisado aumentou ainda mais estas taxas, sendo que a ingestão aumentou 20,8% e a defecação 56%.

Tabela 2. Taxas diárias de ingestão (C) e egestão (F) de *P. vannamei*. Os dados são apresentados como Média $\pm$ Erro Padrão.

	H0A0 (controle)	HA0	H0A	HA
C/MUi (%)	$3,36 \pm 0,45^{Aa}$	$5,09 \pm 0,42^{Ba}$	$5,96 \pm 0,42^{Ab}$	$7,20 \pm 0,42^{Bb}$
C (g MS dia ⁻¹)	$0,11 \pm 0,01^{Aa}$	$0,16 \pm 0,01^{Ba}$	$0,20 \pm 0,01^{Ab}$	$0,23 \pm 0,01^{Ab}$
F (g MS dia ⁻¹)	$0,035 \pm 0,004^{Aa}$	$0,037 \pm 0,004^{Aa}$	$0,050 \pm 0,003^{Ab}$	$0,078 \pm 0,004^{Bb}$

*Médias na mesma linha com letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas comparam o efeito do hidrolisado dentro do mesmo nível de amônia. Letras minúsculas comparam o efeito da amônia dentro do mesmo nível de hidrolisado.

3.3 Análise do Comportamento Agonístico

Com base na análise das filmagens de *P. vannamei*, foi possível observar que os comportamentos de desfile e finta tiveram diferenças estatísticas ($P = 0,006$ e $P = 0,013$) (Figura 1). A exposição à amônia provocou um aumento significativo na frequência do comportamento de desfile, mas a inclusão do hidrolisado reduziu tal comportamento, que ficou semelhante ao dos animais mantidos em ambiente sem amônia. Semelhantemente, a exposição à amônia aumentou a frequência do comportamento de finta, o qual foi reduzido pela adição de hidrolisados proteicos à dieta. Os demais comportamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 3).

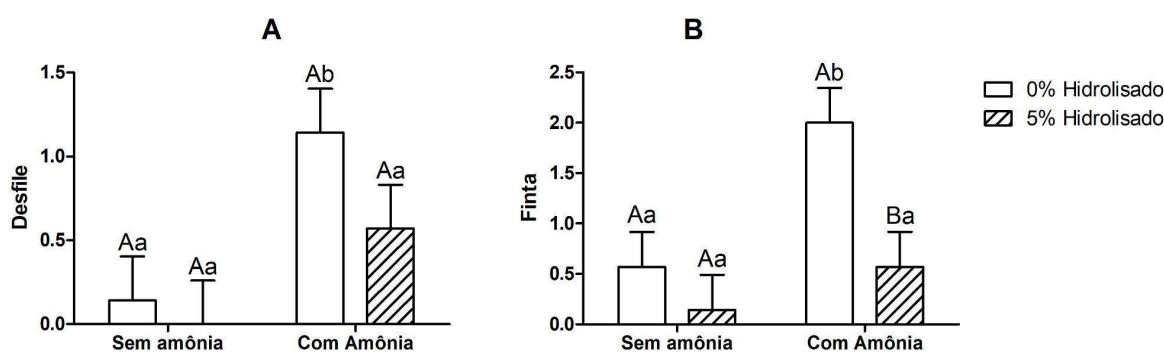


Figura 1. Frequência média de comportamento de desfile (A) e finta (B) em juvenis de *P. vannamei* alimentados com dietas controle (0%) e com hidrolisado (5%), submetidos ou não à exposição por amônia. Dados apresentados como Média $\pm$ Erro Padrão. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre as dietas (efeito do hidrolisado) dentro do mesmo nível de amônia. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa entre os níveis de amônia dentro da mesma dieta ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Frequência média dos comportamentos agonísticos de *P. vannamei* que não apresentaram alteração significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos experimentais.

	H0A0 (controle)	HA0	H0A	HA
Demonstração	$0,86 \pm 0,32$	$0,57 \pm 0,32$	$1,14 \pm 0,32$	$0,57 \pm 0,32$
Ataque	$0,57 \pm 0,21$	$0,86 \pm 0,21$	$0,71 \pm 0,21$	$0,43 \pm 0,21$
Impacto	$0,14 \pm 0,29$	$0,71 \pm 0,29$	$1,00 \pm 0,29$	$0,43 \pm 0,29$
Perseguição	$0,71 \pm 0,43$	$0,57 \pm 0,43$	$1,00 \pm 0,43$	$0,29 \pm 0,43$
Luta	$0,00 \pm 0,09$	$0,00 \pm 0,09$	$0,29 \pm 0,09$	$0,00 \pm 0,09$
Recuo Temporário	$0,14 \pm 0,21$	$0,14 \pm 0,21$	$0,43 \pm 0,21$	$0,43 \pm 0,21$
Recuo	$1,86 \pm 0,49$	$1,57 \pm 0,49$	$2,14 \pm 0,49$	$1,14 \pm 0,49$

4. DISCUSSÃO

No presente trabalho verificamos que o camarão *P. vannamei* aceita a inclusão de hidrolisados proteicos extraídos da fauna acompanhante em sua dieta, um sinalizador importante para futuros estudos que visam investigar o efeito antioxidante deste hidrolisado. Além disso, também verificamos que a exposição à elevada concentração de amônia, um dos principais problemas em viveiros de cultivo, causa aumento das taxas de ingestão e egestão na espécie. Embora a presença do antioxidante não tenha mostrado ganhos significativos em relação a tais respostas fisiológicas, sua presença na ração foi capaz de minimizar comportamentos agonísticos relacionados ao estresse como desfiles e fintas.

A ração é um dos itens mais importantes da aquicultura porque influencia no crescimento, reprodução e saúde dos animais de cultivo. No entanto, para uma dieta ser aceita pelas espécies, ela precisa ter textura, tamanho, formato, odor e sabor que a agradem (Eap *et al.*, 2020; Jannathulla *et al.*, 2021). A adição de aditivos que melhoram a saúde das espécies pode causar alterações nestas características da dieta levando-a a ser rejeitada (Bogwald *et al.*, 2024; Gray *et al.*, 2009). Por isso, a avaliação da aceitabilidade de novas dietas é tão importante para a aquicultura e indústria de rações.

Nossos resultados mostram que a inclusão de hidrolisado proteico à dieta não afetou a ingestão de *P. vannamei*, sugerindo alta palatabilidade, o que é um atributo desejável para uma ração. Esta observação está alinhada com uma vasta literatura que identifica os hidrolisados proteicos de pescado como potentes quimioatrativos e estimulantes alimentares, devido à alta concentração de aminoácidos livres e peptídeos de baixo peso molecular (Bogwald *et al.*, 2024; Jannathulla *et al.*, 2021; Pan *et al.*, 2022). Um indício de um possível efeito protetor também foi observado durante o período de teste alimentar (prévio à exposição

à amônia), onde o grupo que recebeu dieta sem hidrolisado apresentou 7,1% de mortalidade, enquanto o grupo que recebeu dieta contendo hidrolisado apresentou uma mortalidade de apenas 2,4%.

A amônia é reconhecida na literatura como uma das principais causas de mortalidade na carcinicultura (Wang *et al.*, 2003; Iber & Kasan, 2021). No presente estudo, entretanto, a exposição a 20mg/L de amônia total por 96 horas não afetou a sobrevivência dos animais (100% de taxa de sobrevivência). Apesar de não causar mortalidade, a amônia provocou um aumento do consumo alimentar (Lin & Chen, 2001; Zhang *et al.*, 2023b). Enquanto muitos estudos reportam uma redução na ingestão alimentar sob estresse por amônia (Wu *et al.*, 2024; Albalat *et al.*, 2022; Soler *et al.*, 2021; Jin *et al.*, 2024), o principal efeito observado neste estudo foi o aumento nas taxas de ingestão nos tratamentos com amônia. Este aumento no consumo pode ser interpretado como uma resposta de alimentação compensatória, na qual os animais aumentam a ingestão para suprir a alta demanda energética necessária para os processos de desintoxicação e manutenção da homeostase em ambiente nitrogenado (Zhang *et al.*, 2023a). Especificamente no grupo alimentado com hidrolisado, esse aumento sugere um quadro de descompensação alimentar impulsionados pela alta palatabilidade da dieta, demanda metabólica e/ou perda do controle nervoso que regula a fome. Os animais podem ter ingerido alimento acima da sua capacidade de processamento enzimático e absorção ou pode representar uma estratégia para maximizar a ingestão, garantindo ao animal a absorção de nutrientes de fácil assimilação (como aminoácidos livres do hidrolisado) necessários para a manutenção imediata da homeostase.

Nos animais alimentados com a dieta controle, a presença de amônia aumentou significativamente a frequência dos comportamentos agonísticos de "desfile" e "finta", confirmando que a amônia atua como um estressor comportamental, como sugerido por Dong

et al. (2020). Notavelmente, a dieta contendo hidrolisado atenuou significativamente essa resposta ao estresse. Este resultado representa uma das primeiras evidências diretas de que os peptídeos presentes no hidrolisado podem ter um efeito neuromodulador ou ansiolítico em *P. vannamei* (Huber *et al.*, 1997; Cesário *et al.*, 2021). Adicionalmente, embora não tenha sido objeto de quantificação formal neste etograma, foi observado qualitativamente que os animais nos tratamentos sem amônia exibiram uma maior frequência de natação exploratória e atividade geral pelo aquário. Esta observação, se confirmada em estudos futuros, sugere que a amônia pode ter um efeito duplo: não apenas aumentar as interações agonísticas específicas, mas também suprimir os comportamentos natatórios normais, possivelmente indicando um estado de letargia ou uma alocação de energia para respostas de estresse em detrimento da exploração.

Apesar de pesquisas sobre efeitos ansiolíticos de hidrolisados em crustáceos estarem iniciando, a base neurológica para tal efeito já está bem estabelecida. Crustáceos possuem sistemas neurotransmissores, como serotonina (Huber *et al.*, 1997), que são conhecidos por modular estresse e agressão, sendo os alvos de peptídeos bioativos em vertebrados. Além disso, estudos já demonstraram que hidrolisados proteicos de pescado conferem um efeito protetor geral contra estressores em *P. vannamei*, melhorando a resposta imune contra patógenos e fortalecendo as defesas antioxidantes (Tran *et al.*, 2024; Yao *et al.*, 2024).

Isso nos leva a uma conclusão: além de ser altamente palatável e prontamente aceito pelos animais, o hidrolisado atuou como um agente neuroprotetor, atenuando o estresse comportamental. Essa redução na agressividade sugere uma melhora significativa no bem-estar animal, sendo um fator crucial para a produtividade em diferentes tipos de aquicultura. A explicação provável para a redução na eficiência digestiva é que o animal não pôde arcar com o custo energético de múltiplos estressores simultâneos.

Nossos dados suportam esta hipótese: o camarão lidou eficientemente com um único desafio, seja digerindo o hidrolisado em água limpa (HA0) ou digerindo a ração controle sob estresse de amônia (H0A). No entanto, ao enfrentar os dois desafios simultaneamente (HA), o sistema metabólico foi sobrecarregado, resultando em uma descompensação alimentar. Fica evidente que, embora o ingrediente estimule a ingestão e proteja o comportamento, o sistema metabólico do animal, quando sobrecarregado pela amônia, prioriza a manutenção da homeostase em detrimento da eficiência digestiva. Diante disso, estudos futuros poderão avaliar outros potenciais efeitos do hidrolisado, tais como a proteção tecidual e o status antioxidante enzimático, para confirmar se o benefício comportamental observado reflete também na preservação da integridade dos órgãos vitais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albalat, A.; Zacarias, S.; Coates J.C.; Neil, M.D.; Planellas, R.S. 2022. Welfare in Farmed Decapod Crustaceans, With Particular Reference to *Penaeus vannamei*. *Frontiers in Marine Science*, 9, 886024.
- Bogwald, I.; Herrig, S.; Pedersen, A.M.; Wubshet, S.G.; Eilertsen, K.E. 2024. Effect of *Calanus finmarchicus* Hydrolysate Inclusion on Diet Attractiveness for Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Fishes*, 9(4), 134.
- Borges, E. P.; Machado, L.P.; Louzã, A.C.; Ramaglia, A.C.; Santos, M.R.; Augusto, A. 2024. Physiological effects of feeding whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) with the fresh macroalgae *Chaetomorpha clavata*. *Aquaculture Reports*, 37, 102222.
- Buarque, D.S.; Castro, P.F.; Santos, F.M.S.; Lemos, D.; Júnior, L.B.C.; Bezerra, R.S.B. 2009. Digestive peptidases and proteinases in the midgut gland of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Aquaculture*, 40, 861-870.
- Caceci, T.; Neck, K.F.; Lewis, D.H.; Sis, R.F. 1988. Ultrastructure of the hepatopancreas of the pacific white shrimp, *Penaeus Vannamei* (Crustacea: Decapoda). *Marine Biology*, 68, 323-337.
- Camargo, T.R.; Ramos, P.; Monserrat, J. M.; Prentice, C.; Fernandes, C. J.; Zambuzzi, W. F.; Valenti, W.C. 2021. Biological activities of the protein hydrolysate obtained from two fishes common in the fisheries bycatch. *Food Chemistry*, 342, 128361.
- Camargo, T.R.; Mantoan, P.; Ramos, P.; Monserrat, J.M.; Prentice, C.; Fernandes, C.C.; Zambuzzi, W.F.; Valenti, W.C. 2021. Bioactivity of the Protein Hydrolysates Obtained from the Most Abundant Crustacean Bycatch. *Marine Biotechnology*, 23: 881–891.
- Cesário, H.P.S.F.; Silva, S.C.; Ferreira, M.K.; Menezes, J.E.S.A.; Santos, H.S.; *et al.* 2021. Anxiolytic-like effect of brominated compounds from the marine sponge *Aplysina fulva* on adult zebrafish (*Danio rerio*): Involvement of the GABAergic system. *Neurochemistry International*, 146, 105021.
- De la Hoz Schilling, C.; Diame, A.; Hernández Ríos, A.; Mingarro, M.; Jabado, R.W. 2023. Nowhere to hide: Sea turtle bycatch in Northwest Africa. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33(10), 1131-1153.
- De Silva, M.L. I.; Ranjula, M.A.S.; Thanuja, M.; Katuwawala, D.M.; Sumanapala, A.P. 2021. Review on impacts of *Litopenaeus vannamei* on aquaculture. *WildLanka*, 9(1), 149-170.
- Diggles, B.K. 2019. Review of some scientific issues related to crustacean welfare. *ICES Journal of Marine Science*, 76 (1), 66-81.
- Dong, X.; Liu, Q.; Kan, D.; Zhao, W.; Guo, H.; Lv, L. 2020. Effects of ammonia-N exposure on the growth, metabolizing enzymes, and metabolome of *Macrobrachium rosenbergii*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189, 110046.
- Dutra, F.M.; Ronnau, M.; Sponchiado, D.; Forneck, S.C.; Freire, C.A.; Ballester, E.L.C. 2017. Histological alterations in gills of *Macrobrachium amazonicum* juveniles exposed to ammonia and nitrite. *Aquatic Toxicology*, 187, 115-123

Eap, D.; Correa, S.; Ngo, V.H.; Derby, C.D. 2020. Chemosensory Basis of Feeding Behavior in Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *The Biological Bulletin*, 239 (2), 115-131.

Epstein, G.; Middelburg, J.J.; Hawkins, J.P.; Norris, C.R.; Roberts, C.M. 2022. The impact of mobile demersal fishing on carbon storage in seabed sediments. *Global Change Biology*, 28 (9), 2875-2894.

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome.

Gray, M.; Foster, I.; Dominy, W.; Ako, H.; Giesen, A.F. 2009. Validation of a Feeding Stimulant Bioassay Using Fish Hydrolysates for the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40 (4), 547-555.

Haixin, O.; Jiahao, L.; Jianyong, L. 2022. Effects of acute ammonia exposure on oxidative stress, endoplasmic reticulum stress and apoptosis in the kuruma shrimp (*Marsupenaeus japonicus*). *Aquaculture Reports*, 27, 101383.

Huber, R.; Smith, K.; Delago, A.; Isaksson, K. 1997. Serotonin and Aggressive Motivation in Crustaceans: Altering the Decision to Retreat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94 (11), 5939-5942.

Iber, B.T.; Kasan, N.A. 2021. Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon*, 7(11).

Jannathulla, R.; Sravanthi, O.; Khan, H.I.; Moomeen, H.S.; Gomathi, A.; Dayal, J.S. 2021. Chemoattractants: Their essentiality and efficacy in shrimp aquaculture. *Indian J. Fish*, 68(1), 151-159.

Jin, J.; Amenyogbe, E.; Yang, Y.; Wang, Z.; Lu, Y.; Xie, R.; Droepenu, E.K.; Huang, J. 2024. Effects of ammonia nitrogen stress on the physiological, biochemical, and metabolic levels of the gill tissue of juvenile four-finger threadfin (*Eleutheronema tetradactylum*). *Aquatic Toxicology*, 274, 107049.

Juan, S.; Hinz, H.; Sartor, P.; Vitale, S.; Bentes, L.; Bellido, J.M.; Musumeci, C.; Massi, D.; Gancitano, V.; Demestre, M. 2020. Vulnerability of demersal fish assemblages to trawling activities: a traits-based index. *Frontiers in Marine Science*, 7, 44.

Kennelly, S.J. & Broadhurst, M.K. 2021. A review of bycatch reduction in demersal fish trawls. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(2): 289-318.

Latorres, J.M.; Rios, D.G.; Saggiomo, G.; Wasielesky, W.; Prentice-Hernandez, C. 2018. Functional and antioxidant properties of protein hydrolysates obtained from white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Food Science and Technology*, 55(2):721-729.

Lewbart, G.A.; Zachariah, T.T. 2023. Aquatic and Terrestrial Invertebrate Welfare. *Animals*, 13(21): 3375.

Lima, F.R.; de Oliveira Costa, L.C.; da Costa, S.R.M.; Andrade, J.O.; da Silva Costa, D.A.; Brandão, L.V. 2025. Inclusão Do Tenébrio Gigante (*Zophobas morio*) Como Fonte Proteica Alternativa Em Dietas Para Camarão *P. Vannamei* (Boone, 1931). *Aracê*, 7(2), 8204-8222.

Lin, Y.C; Chen, J.C. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 259, 109-119.

Lin, H.; He, S.; Yi, Y.; Zhang, X.; Kou, S.; Yang, Q.; Tan, B.; Chi, S. 2025. Evaluation of soybean protein peptides on growth, antioxidative capacity, non-specific immunity, and disease resistance for juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Animal Feed Science and Technology*, 329: 116-493.

Liu, H.; Zheng, Y.; Yongxiong, H.; Shiping, Y.; Yucong, H.; Shuanghu, C.; Jichang, J. 2021. Dietary Resveratrol Attenuates Oxidative Stress in Pacific Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus Vannamei*, in Response to Ammonia Stress. *Israeli Journal of Aquaculture*, 73:1–10.

Louzã, A.C.; Camargo, T.R.; Rodrigues, C.G.; Borges, E.P.; Ramaglia, A.C.; Augusto, A. 2024. Inclusion of protein hydrolysate extracted from bycatch in the diet of the Malaysian giant prawn: effects on physiology. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.50.

Luo, Y.; Shen, C.; Tang, D.; Bai, Y.; Wu, L.; Zhang, Y.; Wang, Z. 2022. The effects of ammonia exposure on immune response, oxidative stress, and apoptosis in *Procambarus clarkii*. *Aquaculture International*, 30(2), 533-546.

Marín-Beltrán, I; Demaria, F; Ofelio C; Serra, L.M; Turel, A; Ripple, W.J; Mukul, S.A; Costa, M.C. 2022. Scientists' warning against the society of waste. *Science of The Total Environment*, 811, 151359.

Moore, J.E.; Heinemann, D.; Francis, T.B.; Hammond P.D.; Long K.J.; Punt, A.E.; Reeves, R.R.; Sepúlveda, M.; Sigurðsson, G.M.; Siple, M.C.; Vikingssom, G.A.; Wade, P.R.; Williams, R.; Zerbini, A.N. 2021. Estimating bycatch mortality for marine mammals: concepts and best practices. *Frontiers in Marine Science*, 8, 752356.

Nan, Y.; Xiao, M.; Duan, Y.; Yang, Y. 2024. Toxicity of ammonia stress on the physiological homeostasis in the gills of *Litopenaeus vannamei* under seawater and low-salinity conditions. *Biology*, 13(4), 281.

Pan, M.V.; Cadiz, R.E.; Mameloco, E.J.G.; Traifalgar, R.F.M. 2022. Squid industry by-product hydrolysate supplementation enhances growth performance of *Penaeus monodon* fed plant protein-based diets without fish meal. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.

Pessoa, M.N.C.; Vidal, J.M.A.; Silva, U.L.; Mendes, P.P. 2016. Marine Shrimp Cultivated At Different Densities And Feeding Regimens In Oligohaline Waters. *Engenharia da Pesca*, 29 (3).

Piedras, S.R.N.; Oliveira, J.L.R.; Moraes, P.R.R.; Bager, A. 2004. Acute toxicity of un ionized ammonia and nitrite in *Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842) fingerlings. *Ciências Agrotecnológicas*, 30(5), 1008-1012.

Roda, P.; Gilman, E.; Huntington, T.; Kennelly, S.J.; Suuronen, P.; Chaloupka, M.; Medley, P. 2019. A third assessment of global marine fisheries discards. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 633, 78.

Soler, P.; Faria, M.; Barata, C.; García-Galea, E.; Lorente, B.; Vinyoles, S. 2021. Improving water quality does not guarantee fish health: Effects of ammonia pollution on the behaviour of wild-caught pre-exposed fish. *PLoS One*, 16(8).

Suresh, K.; Tang, T.; Van Vliet, M. T.; Bierkens, M. F.; Strokal, M.; Sorger-Domenigg, F.; Wada, Y. 2023. Recent advancement in water quality indicators for eutrophication in global freshwater lakes. *Environmental Research Letters*, 18(6), 063004.

Tangerina, M.M.; Correa, H.; Haltli, B.; Vilegas, W.; Kerr, R.G. 2017. Bioprospecting from cultivable bacterial communities of marine sediment and invertebrates from the underexplored Ubatuba region of Brazil. *Archives of microbiology*, 199: 155-169.

Tekle, S.; Bozkurt, F.; Akman, P. K.; Sagdic, O. 2022. Bioactive and Functional properties of gelatin peptide fractions obtained from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) skin. *Food Science and Technology*, 42, e60221.

Tong, D.; Zhu, Z.; Wu, J.; Li, F.; Shen, J.; Cao, J.; Tang, Y.; Liu, G.; Hu, L.; Shi, W. 2023. Impacts of ammonia stress on different Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* families and the underlying adaptive mechanisms. *Aquatic Toxicology*, 259, 106549.

Tran, H.T.; Ho, T.H.; Nan, F.H.; Liu, C.H.; Hu, Y.F.; Chong, C.M.; *et al.* 2024. Assessment of fish protein hydrolysate as a substitute for fish meal in white shrimp diets: Impact on growth, immune response, and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 150, 109597.

Wang A.; Wang W.; Wang Y.; Shang L.; Liu Y.; Sun R. 2003. Effect of dietary vitamin C supplementation on the oxygen consumption, ammonia-N excretion and Na⁺/K⁺ ATPase of *Macrobrachium nipponense* exposed to ambient ammonia. *Aquaculture*, 220(1-4): 833-841.

Wu, B.; Zhao, C.; Zheng, X.; Peng, Z.; Liu, M. 2024. Observation of Agonistic Behavior in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and Transcriptome Analysis. *Animals*, 14 (11), 1691.

Yang, X.; Liu, M.; Liang, Q.; Jiang, K.; Wang, B.; Wang, L. The potential mechanisms for isoliquiritigenin on the growth and immune regulation of *Penaeus vannamei* revealed by transcriptomic and metabolomic. *Aquaculture*, 589, 740-945.

Yao, X.; Zhao, T.; Li, X.; Zhang, X.; Chen, X.; Li, H.; Tan, B.; Xie, S. 2024. The impacts of low fishmeal diet to the antioxidant capacity, endoplasmic reticulum stress, apoptosis and intestinal health of *Litopenaeus vannamei* as the went on of the feeding trial. *Animal Feed Science and Technology*, 311, 115948.

Zamora-Sillero, J.; Gharsallaoui, A.; Prentice, C. 2018. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: An overview. *Marine Biotechnology*, 20: 118-130.

Zhang, T.; Li, M.; Liu, C.; Wang, S.; Yan, Z. 2023. A review of the toxic effects of ammonia on invertebrates in aquatic environments. *Environmental Pollution*, 336, 122374.

Zhang, Y.; Liu, J.; Zhuo, H.; Lin, L.; Li, J.; Fu, S.; Xue, H.; Wen, H.; Zhou, X.; Guo, C.; *et al.* 2023. Differential Toxicity Responses between Hepatopancreas and Gills in *Litopenaeus vannamei* under Chronic Ammonia-N Exposure. *Animals*, 13, 3799.

Zhang, H.; Yang, C; Li, S.; Ma, B.; Zhu, B. 2025. Environmental Factors Modulate Feeding Behavior of *Penaeus vannamei*: Insights from Passive Acoustic Monitoring. *Animals*, 15, 2113.

Zhao, M.; Aweya, J.; Feng, Q.; Zheng, Z.; Yao, D.; Zhao, Y.; Chen, X.; Zhang, Y. 2022. Ammonia stress affects the structure and function of hemocyanin in *Penaeus vannamei*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 241, 113827.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista



PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: EVELIN CRISTINE ESTEVAN

Título: "Aproveitando o que seria descartado: Efeitos da inclusão de antioxidantes extraídos do Bycatch na dieta do camarão *Penaeus vannamei* exposto à amônia"

Orientador: Profa. Dra. Alessandra da Silva Augusto

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Profa. Dra. Alessandra da Silva Augusto	Aprova
MSC. Juliana Rodrigues da Costa	Aprovado

PARECER:

A aluna apresentou o trabalho com excelência e êxito, atendendo as devidas exigências. O trabalho está apto para ser aprovado.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Evelin Cristine Estevan** obteve o seguinte conceito:



APROVADO



REPROVADO

São Vicente, 11 de dezembro de 2025.

Profa. Dra. Alessandra da Silva Augusto

MSC. Juliana Rodrigues da Costa