



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

DIEGO WESCLEY CAVALCANTE VIANA

**AVALIAÇÃO DA LIXIVIAÇÃO DE PROTEÍNA E MINERAIS DE RAÇÕES
COMERCIAIS PARA CAMARÃO EM ÁGUA DE BAIXA SALINIDADE**

FORTALEZA

2024

DIEGO WESCLEY CAVALCANTE VIANA

AVALIAÇÃO DA LIXIVIAÇÃO DE PROTEÍNA E MINERAIS DE RAÇÕES
COMERCIAIS PARA CAMARÃO EM ÁGUA DE BAIXA SALINIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Galdino Feijó.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- V667a Viana, Diego Wesley Cavalcante.
Avaliação da lixiviação de proteína e minerais de rações comerciais para camarão em água de baixa salinidade / Diego Wesley Cavalcante Viana. – 2024.
64 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Rubens Galdino Feijó.
1. nutrição. 2. extrusão. 3. peletização. I. Título.

CDD 639.2

DIEGO WESCLEY CAVALCANTE VIANA

AVALIAÇÃO DA LIXIVIAÇÃO DE PROTEÍNA E MINERAIS DE RAÇÕES
COMERCIAIS PARA CAMARÃO EM ÁGUA DE BAIXA SALINIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em: 27/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rubens Galdino Feijó (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luis Otávio Brito da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

A Deus.

Aos meus pais, Viana e Lúcia.

AGRADECIMENTOS

A Deus por dar força e discernimento.

A minha esposa Deborah Amarante, por me apoiar e incentivar em todos os momentos.

Aos meus pais Viana e Lúcia, ao meu irmão Thiago e ao meu filho Miguel Rômulo por ser minha base e apoiar em toda a minha caminhada.

Ao Prof. Dr. Rubens Galdino Feijó, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá e Prof. Dr. Luis Otávio Brito da Silva pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Prof. Dr. Davi por ajudar e ter aceitado o convite para ser membro suplente da banca.

Aos Engenheiros de Pesca Jhonatas Viana, Marcelo Lima e Wilton Nojosa, ao Técnico em Aquicultura Afonso Nascimento pela ajuda e dedicação para a realização da pesquisa.

A Vanda Oliveira, Rebeca Oliveira e Sayd Douglas, pelas palavras de incentivo e apoio.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Acaraú por disponibilizar sua estrutura física e pessoal para a realização desta pesquisa.

“Tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá.” (Ayrton Senna, In.: pensador).

RESUMO

A lixiviação representa um fenômeno natural que se desencadeia quando as rações entram em contato com líquidos, resultando na perda de suas propriedades físicas, químicas e nutricionais. A ração representa maior custo de produção na aquicultura, com a intensificação das produções é importante que seja fornecida uma nutrição mais adequada e balanceada para atender as exigências nutricionais da espécie. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar a estabilidade e a lixiviação de nutrientes em diferentes tipos de rações comerciais, submetidas à água de baixa salinidade. Quatro rações comerciais foram testadas, sendo três peletizadas e uma extrusada. A lixiviação foi investigada em dois tipos de água: água de controle (água destilada) e água proveniente de um viveiro de baixa salinidade utilizado na carcinicultura, em intervalos de 1 hora, 3 horas e 12 horas. Para conduzir o experimento, caixas plásticas de 20 litros foram utilizadas, contendo aproximadamente 5 litros de água, garantindo que as rações ficassem totalmente submersas. O delineamento experimental incluiu tratamentos com água de controle (C) e água de viveiro (V), denominados RC1, RC2, RC3 e RC4. Os parâmetros da água, como pH, salinidade, condutividade elétrica, amônia, nitrito, dureza total, alcalinidade total, magnésio e potássio, foram analisados no início e no final de cada período. As rações foram submetidas a análises de níveis de proteína, magnésio e potássio. Foram realizadas análises físicas das rações, incluindo teor de umidade, índice de permeabilidade (absorção de água), taxa de lixiviação de matéria seca, fluabilidade em água, diâmetro, comprimento dos pellets e quantidade de pellets por kg de ração. Os resultados revelaram que a lixiviação das rações na água causou aumento nas concentrações de salinidade, condutividade elétrica, amônia, nitrito, magnésio, potássio, dureza total, alcalinidade total, e diminuição do pH. No caso das rações, observou-se aumento nos níveis de proteína após 1 hora de exposição à água, seguido de uma redução nas demais horas. As concentrações de magnésio e potássio diminuíram em todos os intervalos de tempo. Quanto às características das rações, a extrusada apresentou a maior quantidade de pellets por kg de ração, o menor comprimento de pellet e fluabilidade, enquanto a peletizada exibiu o menor diâmetro.

Palavras-chave: nutrição; extrusão; peletização.

ABSTRACT

Leaching is a natural phenomenon that occurs when feeds come into contact with liquids, resulting in the loss of their physical, chemical, and nutritional properties. Feeds represent a significant production cost in aquaculture, and with the intensification of production, it is crucial to provide more suitable and balanced nutrition to meet the nutritional requirements of the species. In this context, the primary objective of this study was to assess the stability and leaching of nutrients in different types of commercial feeds subjected to low salinity water. Four commercial feeds were tested, including three pelleted and one extruded. Leaching was investigated in two types of water: control water (distilled water) and water from a low salinity pond used in shrimp farming, at intervals of 1 hour, 3 hours, and 12 hours. To conduct the experiment, 20-liter plastic boxes were used, containing approximately 5 liters of water, ensuring that the feeds were fully submerged. The experimental design included treatments with control water (C) and pond water (V), labeled as RC1, RC2, RC3, and RC4. Water parameters such as pH, salinity, electrical conductivity, ammonia, nitrite, total hardness, total alkalinity, magnesium, and potassium were analyzed at the beginning and end of each period. The feeds underwent analyses for protein, magnesium, and potassium levels. Physical analyses of the feeds included moisture content, permeability index (water absorption), dry matter leaching rate, water floatability, diameter, pellet length, and pellet quantity per kg of feed. The results revealed that leaching of feeds into water led to an increase in concentrations of salinity, electrical conductivity, ammonia, nitrite, magnesium, potassium, total hardness, total alkalinity, and a decrease in pH. Regarding the feeds, an increase in protein levels was observed after 1 hour of water exposure, followed by a reduction in subsequent hours. Magnesium and potassium concentrations decreased in all time intervals. As for feed characteristics, the extruded feed showed the highest quantity of pellets per kg of feed, the shortest pellet length, and floatability, while the pelleted feed exhibited the smallest diameter.

Keywords: nutrition; extrusion; pelletizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação do delineamento experimental.....	29
Figura 2 - Rações comerciais em teste.....	30
Figura 3 - Secagem das rações comerciais.....	30
Figura 4 - Embalagens ração após secagem.....	33
Figura 5 - Análise de peso e comprimento das rações comerciais.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ingredientes das rações comerciais RC1, RC2, RC3 e RC4 avaliadas no presente estudo.....	27
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de <i>pellets</i> por kg de ração utilizados no experimento.....	48
Gráfico 2 - Taxa de flutuabilidade das rações utilizadas no experimento.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de salinidade (g/L) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.....	38
Tabela 2 - Resultados de pH na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.....	39
Tabela 3 - Resultados da concentração de amônia e nitrito na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.....	41
Tabela 4 - Resultados da concentração de Alcalinidade total e Dureza total expressos em ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$), na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.....	42
Tabela 5 - Resultados da concentração dos minerais magnésio e potássio expressos mg/L , na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.....	43
Tabela 6 - Resultados do peso das rações comerciais antes de serem imersas na água, peso úmido e peso seco após serem secas em estufa após cada intervalo de tempo hora 1, hora 3 e hora 12.....	44
Tabela 7 - Resultados em percentual do índice de permeabilidade e taxa de lixiviação dos tratamentos após ficarem imersas na água nos intervalos de tempo hora 1, hora 3 e hora 12.....	46
Tabela 8 - Resultados do diâmetro em (mm), comprimento em (mm), peso em g de 150 <i>pellets</i> e umidade em (%) das rações utilizadas no experimento.....	47
Tabela 9 - Resultados dos níveis de proteína em $\text{g}/100 \text{ g}$ (%) das rações, nos tratamentos antes e após imersão em água controle e água viveiro nos tempos 1 hora, 3 horas e 12 horas.....	50
Tabela 10 - Resultados do percentual de magnésio em $\text{mg}/100 \text{ g}$ nas rações, nos tratamentos antes e após imersão em água controle e água viveiro nos tempos 1 hora, 3 horas e 12 horas.....	51

Tabela 11 - Resultados do percentual de potássio em mg/100 g nas rações, nos tratamentos antes e após imersão em água controle e água viveiro nos tempos 1 hora, 3 horas e 12 horas.....	52
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCC	Associação Brasileira de Criadores de Camarão
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
NUTEC	Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará

LISTA DE SÍMBOLOS

HCO_3^-	Bicarbonato
Ca^{2+}	Cálcio
CO_3^{2-}	Carbonato
CaCO_3	Carbonato de Cálcio
C	Celsius
cm	Centímetro
Cl^-	Cloreto
KCl	Cloreto de potássio
g	Gramas
°	Grau
h	Hora
kPa	Kilopascal
L	Litro
Mg^{2+}	Magnésio
\leq	Menor que ou igual
$>$	Maior que
mg	Miligramas
mm	Milímetro
μS	Microsiemens
M	Molar
nm	Nanômetro
%	Porcentagem
K^+	Potássio
kg	Quilo
Na^+	Sódio
SO_4^{2-}	Sulfato

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo geral	20
2.2	Objetivos específicos	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	Aquicultura	21
3.2	<i>Penaeus vannamei</i>	22
3.3	Processos de fabricação de ração	24
3.4	Lixiviação	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1	Local de estudo e delineamento experimental	27
4.2	Secagem das rações comerciais	30
4.3	Análise da água	31
4.3.1	<i>Parâmetros físico-químicos da água</i>	31
4.3.2	<i>Qualidade de água</i>	31
4.3.3	<i>Análise de minerais da água</i>	32
4.4	Análise da ração	32
4.4.1	<i>Análise de proteínas da ração</i>	33
4.4.2	<i>Análise de minerais da ração</i>	34
4.5	Análise física das rações comerciais	35
4.6	Análise estatística	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Parâmetros físico-químicos da água pH, salinidade e condutividade elétrica	38
5.2	Compostos nitrogenados (amônia e nitrito), alcalinidade total e dureza total	40
5.3	Análise de minerais na água	43
5.4	Análise física das rações comerciais	44
5.5	Análise de proteína e minerais das rações comerciais	50
6	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos que se destaca por seu potencial para a geração de emprego, tendo um papel importante na segurança alimentar, principalmente em regiões mais pobres, e representa um dos setores de produção de alimentos que mais cresce em todo o mundo (SÁ, 2023; EL-NABYA *et al.*, 2019; AYISI *et al.*, 2017). Peixes e frutos do mar são considerados fonte de alimento que contém proteínas de alta qualidade, vitaminas, minerais e teor de gorduras essenciais e de boa qualidade (ABEROUMAND; BAESI, 2020). A produção mundial da aquicultura apresentou uma tendência de aumento constante de 1990 a 2020, de menos de 20 milhões de toneladas para mais de 122 milhões de toneladas, com a produção de mais de 600 espécies (CHAN *et al.*, 2023).

Os países mais populosos do mundo também são países com maiores produções provenientes da aquicultura, a produção dos três maiores produtores da aquicultura, China, Indonésia e Índia, são três dos quatro mais populosos países do mundo, os Estados Unidos, terceiro em população e 16º em aquicultura produção, é a exceção, mas não por falta de demanda, pois os EUA são o maior importador de frutos do mar em termos de valor e importa mais de 90% dos frutos do mar consumidos, dos quais mais de 50% provavelmente provenientes da aquicultura (GARLOCK *et al.*, 2019).

Atualmente, mais de 50 países produzem comercialmente alguma espécie de camarão, no qual o camarão branco do Pacífico (*Penaeus vannamei*) se destaca como a principal espécie cultivada e um dos produtos mais importantes da aquicultura mundial devido a sua importância comercial, ao seu sabor, baixo teor de gordura e alto teor de proteína (ACHUPALLAS *et al.*, 2016; CARMEN *et al.*, 2023; CHEN *et al.*, 2024; DUAN *et al.*, 2024; HAAGEN; BLACKBURN, 2024; LOBATO *et al.*, 2020). De acordo com os dados divulgados pela FAO no documento “Estado da Pesca e Aquicultura Mundial 2022”, em 2020 a produção mundial do *Penaeus vannamei* chegou a 5,8 milhões de toneladas, perfazendo 51,7% da produção de crustáceos cultivados (FAO, 2022).

Os camarões constituem um grupo de cerca de 2.500 espécies de diversos tamanhos (FARFANTE, 1988). Na família Penaeidae se encontram as duas espécies mais importantes comercialmente, o camarão branco do Pacífico, *Penaeus vannamei* e o camarão tigre, *Penaeus monodon* (NUNES *et al.*, 2022).

A produção de camarão marinho continuará a expandir-se em todo o mundo, particularmente onde estiverem disponíveis águas interiores viáveis de baixa salinidade e que não estejam sendo utilizadas para abastecimento humano, dessedentação animal e agricultura

(ROY *et al.*, 2010). Com a intensificação da produção de camarão e a utilização de água de baixas salinidades é necessário conhecer sobre a importância e a exigência dos minerais que irão compor as dietas dos camarões (TRUONG *et al.*, 2023). Determinar a essencialidade de um mineral é um primeiro passo crítico antes de avaliar suas necessidades em um animal. Segundo Frieden (1984), um elemento é considerado essencial quando uma ingestão deficiente produz um comprometimento da função e quando a restauração dos níveis fisiológicos do elemento previne ou alivia a deficiência. Os minerais considerados essenciais devem ser fornecidos em quantidades adequadas e numa forma biologicamente disponível para obter crescimento significativamente mais rápido, a maiores densidades populacionais e de biomassa levando a ciclos de produção mais curtos.

As rações para camarões criados em cativeiro são desenvolvidas com o objetivo de atender as exigências nutricionais da espécie de acordo com cada fase do animal, promovendo uma boa sanidade, boa digestibilidade, reduzindo a poluição no ambiente de cultivo, diminuindo assim, os custos de produção (NUNES *et al.*, 2014). No entanto, os ingredientes que serão utilizados na formulação devem ser avaliados, para que, independente do método de processamento, a ração tenha uma boa composição, maior digestibilidade e alta palatabilidade, para potencializar os índices de desempenho zootécnicos como ganho de peso, sobrevivência e baixas taxas de conversão alimentar (CARVALHO *et al.*, 2016). As rações para camarão devem ser formuladas, a partir de ingredientes de alta digestibilidade para uma melhor absorção dos nutrientes, pois rações de baixa digestibilidade afetam o crescimento do camarão e prejudicam a qualidade da água em virtude do aumento da concentração de compostos nitrogenados (AQUAFEED, 2019).

Para espécies aquáticas são utilizadas a extrusão e a peletização como processos de fabricação de rações para a aquicultura. De acordo com Bortone (2002), os ingredientes que são utilizados em cada um dos processos de fabricação podem interferir na densidade, forma, textura, coloração e estabilidade da ração ao entrar em contato com a água. No processo de extrusão os ingredientes passam por um cozimento por maior tempo, incorporação de uma grande quantidade de umidade sob pressão e temperatura mais elevada que varia de 120°C a 150°C, já no processo de peletização o grau de cocção da mistura é inferior ao processo de extrusão, no qual a temperatura de cozimento varia de 70 a 90°C (FRACALOSSO; CYRINO, 2013).

A ração representa maior custo de produção na aquicultura, com a intensificação das produções é importante que seja fornecida uma nutrição mais adequada e balanceada para atender as exigências nutricionais da espécie (LEKANG, 2015).

Os camarões podem levar algumas horas para localizar e consumir a ração. Os nutrientes solúveis em água tendem a ser lixiviados para o ambiente de cultivo, o que pode levar a um fornecimento insuficiente de vitaminas, minerais, proteína, no qual reduzem o desempenho do camarão (GADIANT & SCHAI, 1994).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a estabilidade e lixiviação de nutrientes em diferentes tipos de rações comerciais em água de baixa salinidade.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os teores de proteína, potássio (K) e magnésio (Mg), antes e após imersão de diferentes tipos de rações comerciais em água de baixa salinidade durante 1 hora, 3 horas e 12 horas;
- Avaliar a concentração de amônia (mg/L) e nitrito (mg/L) em intervalos de tempo (1 hora, 3 horas e 12 horas) em água de baixa salinidade, contendo diferentes tipos de rações comerciais (extrusada e peletizadas);
- Analisar os parâmetros físicos da água, incluindo pH, salinidade (g/L) e condutividade elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), após a imersão de rações comerciais (extrusada e peletizadas) por períodos de 1 h, 3 h e 12 h;
- Analisar a concentrações de magnésio (Mg) e potássio (K) na água, após a imersão de diferentes tipos rações comerciais (extrusada e peletizada) durante 1 hora, 3 horas e 12 horas;
- Analisar os níveis de alcalinidade (mg/L CaCO_3) e dureza total (mg/L CaCO_3) na água, após a imersão de diferentes tipos rações comerciais (extrusada e peletizadas) durante 1 hora, 3 horas e 12 horas;
- Analisar a umidade, índice de permeabilidade (absorção de água) e taxa de lixiviação de matéria seca após a imersão de rações extrusada e peletizadas em água de baixa salinidade durante os períodos de 1 hora, 3 horas e 12 horas.
- Medir o diâmetro e comprimento dos *pellets* de ração extrusada e peletizadas, e analisar a sua capacidade de flutuação em água de baixa salinidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aquicultura

A aquicultura, quando gerida de forma adequada, ajuda a produzir alimentos mais nutritivos e contribui para a geração de emprego e renda, sendo uma das formas de alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) (RAMESH *et al.*, 2024), erradicação da pobreza, fome zero e agricultura sustentável, trabalho decente e crescimento econômico, vida na água.

A nível mundial, o consumo médio de alimentos aquáticos per capita é de 20,21 kg por ano e está a aumentar, embora o consumo varie consideravelmente por região e país (GARLOCK *et al.*, 2022). A aquicultura é uma das atividades econômica que mais produz fonte de proteína de origem animal para alimentação humana. Essa maior produção aquícola está associada a um maior consumo de alimentos aquáticos que são ricos em micronutrientes biodisponíveis, como zinco, cálcio e ácidos graxos poli-insaturados n-3 de cadeia longa (NISSA *et al.*, 2021; HIBBELN *et al.*, 2019). O consumo de alimentos aquáticos é extremamente importante para o desenvolvimento neurocognitivo fetal e a saúde cardiovascular de adultos (MOHAN *et al.*, 2021).

A aquicultura é um caminho promissor para suprir a demanda que aumenta a cada dia por alimentos aquáticos (COSTELLO *et al.*, 2020). O mundo enfrenta um desafio crítico de alimentar a crescente população que deverá atingir os 9,6 mil milhões até 2050. A aquicultura tem e continuará tendo um papel importante para contribuir com a alimentação mundial, pois mais do que duplicou a disponibilidade de alimentos aquáticos nas últimas três décadas, passando de 13,1 milhões de toneladas em 1990 para 82,1 milhões de toneladas em 2018,1 e o crescimento contínuo é quase certo (KOBAYASHI *et al.*, 2015; GEPHART *et al.*, 2019).

Embora a aquicultura continue sendo a principal produtora de alimentos mais diversificada e de crescimento mais rápido, a produção de peixes e crustáceos nos países em desenvolvimento são altamente dependentes da fabricação local de rações para a aquicultura, as quais são compostas por ingredientes principalmente por ingredientes importados. Portanto, a indústria futura de ração para a aquicultura e as iniciativas governamentais devem priorizar o aumento do uso de recursos alimentares disponíveis localmente, incluindo aqueles de qualidade não alimentar. Isso assegurará a sustentabilidade econômica e ecológica a longo prazo do setor da aquicultura (TACON, 2019).

A aquicultura no Brasil começou no século XVII, mas só ganhou *status* profissional na década de 1970, portanto, a aquicultura industrial é uma atividade relativamente jovem no Brasil, com cerca de meio século de existência, sendo que a maior parte da produção provém de pequenos empresários e explorações agrícolas que possuem áreas de tanques inferiores a 2 hectares (VALENTI *et al.*, 2021). No ano de 2022, a produção aquícola brasileira foi de 730,6 mil toneladas, sendo 617,3 mil toneladas provenientes da piscicultura. O estado do Paraná destacou-se como o maior produtor, detendo 27,1% da produção total de peixe. A carcinicultura foi responsável pela produção de 113,3 mil toneladas, e o município de Aracati - CE foi o principal produtor de camarão, alcançando 12,7 mil toneladas (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022).

O Brasil está entre um dos maiores produtores de camarões marinhos cultivados do mundo, sendo a região Nordeste um polo de produção nacional, representando 99,6% da produção total (HELUY *et al.*, 2022). De acordo com o censo da carcinicultura do Ceará, no ano de 2021, o estado possuía 1865 fazendas distribuídas em 62 municípios. Nos últimos 10 anos, a carcinicultura cearense cresceu 271%. O maior crescimento da carcinicultura cearense foi na região interiorana, onde o camarão é criado em águas oligohalinas provenientes de poços (ABCC, 2022). A carcinicultura é uma atividade que se destaca como a maior geradora de empregos diretos e indiretos dentro do agronegócio brasileiro, gerando 3,75 empregos/hectare.

3.2 *Penaeus vannamei*

Até a década de 1990, a produção do camarão *P. vannamei* no Brasil estava restrito a áreas costeiras devido aos elevados custos de implantação dos projetos nessas regiões (PESSOA *et al.*, 2016). A criação de camarão *P. vannamei* em águas interiores, longe da costa, vem sendo realizada em vários estados do Nordeste brasileiro em regiões com baixos índices pluviométricos, podendo ser utilizada água de dessalinizador, águas subterrâneas (VALENÇA E MENDES, 2003).

Segundo Sá (2015), os ecossistemas aquáticos podem ser classificados com base na salinidade em: doce $\leq 0,5$ g/L, oligohalina 0,5 – 3 g/L, mesohalina 3,1 – 16,5 g/L, polihalina 16,6 -39 g/L, euhalina 30,1 – 40 g/L e hiperhalina maior que 40 g/L. A espécie de camarão *P. vannamei*, é uma espécie eurialina demonstrando a capacidade de se adaptar e tolerar uma ampla faixa de salinidade, que varia de 1 a 50 (PANTE, 1990; BRAY *et al.*, 1994; ALVES NETO, 2018). A criação de camarões em água de baixa salinidade tem sido uma prática empregada em várias regiões do mundo, incluindo países da América Latina, impulsionada pela

crecente demanda pelo consumo de camarão e pelo baixo custo da terra. Nesses ambientes, é observada uma menor incidência de doenças (BOYD, 2001; HURTADO *et al.*, 2006; MÉNDEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2021).

O camarão marinho possui um mercado de ampla comercialização, pois pode ser vendido em diversas categorias de pesos, tamanhos, oferecendo uma rica fonte de proteína com muitos benefícios para a saúde humana. No entanto, para alcançar viabilidade econômica, é necessário obter um desempenho produtivo satisfatório (LIMA *et al.*, 2016; MACIEL, 2018).

Do ponto de vista nutricional, as fontes proteicas utilizadas na alimentação animal devem conter alto teor proteico, perfil adequado de aminoácidos, alta digestibilidade, boa palatabilidade, ausência de fatores antinutricionais, e serem fornecidas de maneira segura e com custos acessíveis (SÁNCHEZ-MUROS *et al.*, 2020; CUZON, *et al.*, 2004). Resultados promissores de crescimento, sobrevivência e fator de conversão alimentar são observados em camarões cultivados em água com baixa salinidade quando alimentados com rações que contenham entre 30 a 35% de proteína, dependendo da densidade de cultivo. Além disso, é necessário a manutenção de uma boa relação proteína e energia (JANA *et al.*, 2021; TALUKDA *et al.*, 2021).

A utilização de água com baixas salinidade na criação de camarão marinho pode resultar em desequilíbrio na relação de cátions [potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e cálcio (Ca^{2+})] e ânions [sulfato (SO_4^{2-}), cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-})]. Esse desequilíbrio pode resultar em um fator limitante para o crescimento dos camarões (PIMENTEL, 2021). Águas interiores com salinidades superiores a 0,5, por não serem propícias para a agricultura e consumo humano, a não ser que passem por tratamento de dessalinização, podem ser aproveitadas para a criação de camarão (MOURA, 2020).

Diferente da água do mar, as águas provenientes de poços apresentam considerável variação em sua composição iônica. Em sua maioria, essas águas possuem baixas salinidades e concentrações reduzidas de magnésio (Mg) e potássio (K). Mesmo tendo bons resultados na criação de camarão em baixas salinidades, vem sendo observado problemas devido a deficiência de alguns íons, principalmente potássio (K) e magnésio (Mg), resultando em crescimento limitado e menor taxa de sobrevivência. Dado que os animais aquáticos podem obter minerais tanto da água circundante como da ração, pesquisas envolvendo a suplementação desses minerais nas dietas têm sido conduzidas (DAVIS *et al.*, 2002; SAOUD *et al.*, 2003; ATWOOD *et al.*, 2003).

Segundo Huang *et al.*, 2017, dietas com baixos níveis de potássio em sua composição comprometem o crescimento semanal e aumentam a conversão alimentar do

camarão *P. vannamei*. Para se obter melhores resultados na produção de camarão em baixas salinidades, os níveis ideais de potássio (K) recomendados são de 10–15 g/kg (ROY *et al.*, 2007; LIU *et al.*, 2014).

O magnésio desempenha um papel essencial no metabolismo normal de lipídios, proteínas e carboidratos, servindo como cofator em diversas reações enzimáticas e metabólicas, a incorporação de 2,6–3,5 g/kg de magnésio (Mg) nas dietas tem demonstrado melhorar o crescimento e a sobrevivência de camarões cultivados em ambientes de baixa salinidade (CHENG *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2017).

3.3 Processos de fabricação de ração

As rações para aquicultura são formuladas com uma ampla variedade de ingredientes que, quando fornecidos aos animais, destinam-se a atender às suas necessidades nutricionais para a realização de funções fisiológicas essenciais, incluindo a manutenção de um sistema imunológico natural eficiente, crescimento e reprodução (ENCARNAÇÃO, 2016).

A indústria de fabricação de rações vem crescendo paralelamente ao crescimento da indústria agrícola. Manter os padrões de qualidade é um fator chave para o sucesso de toda a cadeia e o controle de qualidade é parte importante desse processo. A qualidade das rações vai além da mera disponibilização de nutrientes; está diretamente relacionado à forma como o alimento atende melhor às necessidades da espécie que será alimentada (MASAGOUNDER *et al.*, 2016).

As principais formas de produção de ração para organismos aquáticos são peletização e extrusão. Ambos os processos de fabricação de ração envolvem a mistura de ingredientes, a moagem e a formatação de partículas de diferentes tamanhos com o objetivo de atender as necessidades do animal em duas diferentes fases de desenvolvimento (MORO, 2015).

A peletização é um processo que transforma uma mistura de ingredientes moídos em partículas finas, utilizando prensagem para converter essa mistura em um material particulado de alta densidade (PASTORE *et al.*, 2012). Nesse processo ocorre a aglomeração de pequenas partículas em partículas maiores por meio de um processo mecânico em combinação com umidade, calor e pressão. Esta etapa envolve a transferência dos ingredientes do misturador para o alimentador e condicionador. Após a injeção de vapor na ração no condicionador, o material passa para a câmara de granulação, onde os pellets são formados ao

atravessar uma matriz metálica, seguida pelo processo de resfriamento (ABDOLLAHI *et al.*, 2013; FALK, 1985).

A tecnologia de extrusão é comumente usada na fabricação de rações, visando aprimorar características físicas, tais como estabilidade da água, durabilidade e dureza. Geralmente, essas propriedades apresentam melhorias em comparação com dietas peletizadas a vapor (SORENSEN *et al.*, 2009).

Ao comparar a produção de rações peletizadas para camarão com as rações tradicionais, observa-se que os moinhos utilizam um tempo de residência mais curto (10-60 segundos). No caso das rações para camarões, são necessários tempos de pré-condicionamento de três ou mais minutos. As rações destinadas a camarão exigem taxas de compressão de 20-24 (diâmetro do furo dividido pelo comprimento efetivo do percurso), enquanto as destinadas a aves e suínos requerem taxas de compressão de 10-12 mm; uma maior compressão da ração para camarões é necessária para produzir produtos mais estáveis em água, com o aumento da compressão, a produtividade é reduzida, uma peletizadora instalada para rações de aves pode produzir 30 toneladas/hora de ração, para rações de camarão consegue, produzir de 4-5 MT/h (BORTONE, 2024).

O processo de extrusão é capaz de diminuir fatores antinutricionais de ingredientes que são utilizados na formulação. As rações extrusadas podem afundar ou flutuar, dependendo do hábito alimentar da espécie para a qual são destinadas (SOARES *et al.*, 2004). Além disso, as rações extrusadas otimizam o manejo alimentar, melhoram a eficiência alimentar e promovem maior estabilidade na água (POTRICH *et al.*, 2011). Rações extrusadas apresentam menor lixiviação dos nutrientes para água, mantém a forma por mais tempo quando em contato com a água, possui uma quantidade menor de finos, apresentam mais *pellets* por kg, podem ser realizados cortes mais curtos e mais consistentes (MAGALHÃES, 2024).

O processo de fabricação de ração extrusada para camarão, envolve a aplicação de energia mecânica fornecida pela ação de cisalhamento e mistura dos parafusos da extrusora, os ingredientes da fórmula são transformados de uma mistura fina e fluida em um pó denso e compacto durante o processo; à medida que a temperatura e a pressão aumentam na extrusora, a fase em pó derrete para formar o que é conhecido como fase de fusão fluida. Em contraste com a peletização por cozimento a vapor, o processo de extrusão significa alto cozimento a temperatura (120–150 °C) e pressão (2.000–4.800 kPa) onde a mistura de ingredientes está sujeito a forças de corte, no processo de extrusão cria-se um alto grau de gelatinização do amido. Nesse processo endotérmico, a água atua como plastificante para os polímeros de amido, o amido modificado, por sua vez, resiste à desintegração em água, proporcionando melhor

resistência e durabilidade de alimentação muito alta em comparação com rações peletizadas (ESPINOZA-ORTEGA, *et al.*, 2024).

3.4 Lixiviação

A lixiviação é a perda dos nutrientes da ração para o meio aquático. Segundo Sobrinho (2011), a lixiviação de proteínas pode chegar a 11% quando a ração entra em contato com a água. O processo de lixiviação acarreta a desintegração da ração, poluindo a água do cultivo prejudicando sua qualidade, afetando o desempenho zootécnico, aumentando os custos de produção e prejudicando a saúde dos animais (OBALDO *et al.*, 2002; MOTIKAWA, 2006).

A ração para camarão é uma das mais caras da indústria aquícola, pois este tipo de ração deve ter alta estabilidade em água (PRADO *et al.*, 2016). O custo da ração geralmente representa em torno de 50% a 60% dos custos totais de produção, por esse motivo quanto mais rápido o camarão se alimentar mais eficiente e melhores serão os resultados financeiros do cultivo (ROY *et al.*, 2009).

Diferentemente dos peixes, os camarões localizam sua alimentação principalmente através do olfato, não dependendo tanto da visão. Os camarões são animais que se alimentam de forma lenta, o que contribui para a lixiviação principalmente dos aminoácidos cristalinos (CAA) que são solúveis em água, acarretando problemas metodológicos associados à lixiviação de CAA, resultando em baixas taxas de absorção de aminoácidos sintéticos e aminoácidos ligados a proteínas (HUAI *et al.*, 2009).

A perda de minerais na água compromete a qualidade nutricional do alimento e pode afetar o crescimento dos camarões, aumentando o custo de produção devido a necessidade de suplementação adicional (CIAN *et al.*, 2018). A utilização de palatilizantes adicionais nas formulações para rações de camarão tem sido uma prática para que o camarão encontre e inicie a ingestão da ração em menor tempo reduzindo a lixiviação de nutrientes e melhorando o consumo, o crescimento e desempenho (SOARES *et al.*, 2021).

A instabilidade física dos *pellets* de ração pode acelerar o processo de lixiviação de nutrientes essenciais, tais como, vitaminas, minerais e aminoácidos, levando a uma nutrição inadequada e a uma maior poluição ambiental em operações intensivas de aquicultura, para reduzir as perdas por lixiviação, a ração só deve ser fornecida em quantidades adequadas para que o consumo pelos animais seja realizado dentro de 30 minutos (FARMANFARMAIAN *et al.*, 1982; WATSON *et al.*, 2015; SIMON *et al.*, 2021).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de estudo e delineamento experimental

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Biotecnologia Aquícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Acaraú, (LABIAq-IFCE) localizado no município de Acaraú, Ceará.

Foram utilizadas quatro rações comerciais com 35% de proteína bruta, formuladas para ambientes de baixa salinidade, designadas aleatoriamente como RC1, RC2, RC3 e RC4. Os ingredientes das rações comerciais estão detalhados no Quadro 1. Importante destacar que RC1, RC2, RC3 são rações peletizadas, enquanto a RC4 é uma ração extrusada. Estas foram avaliadas em água de viveiro de um cultivo de camarões com salinidade de 0,2 g/L, no qual, segundo Sá (2015) é considerada água doce, além de um grupo controle com água destilada. Os testes foram realizados em intervalos específicos de 1 hora, para simular a alimentação no início do período de oferta de alimentos; 3 horas, representando o momento do intervalo de arraçoamento; e 12 horas, simulando o arraçoamento de um dia para o outro. Cada tratamento foi conduzido em triplicata.

A água de viveiro empregada no experimento foi obtida de uma fazenda comercial de camarão localizada no município de Bela Cruz, no Ceará. Essa água foi transportada em caixa d'água via terrestre até o LABIAq-IFCE, onde foi armazenada em uma caixa d'água de 500 L.

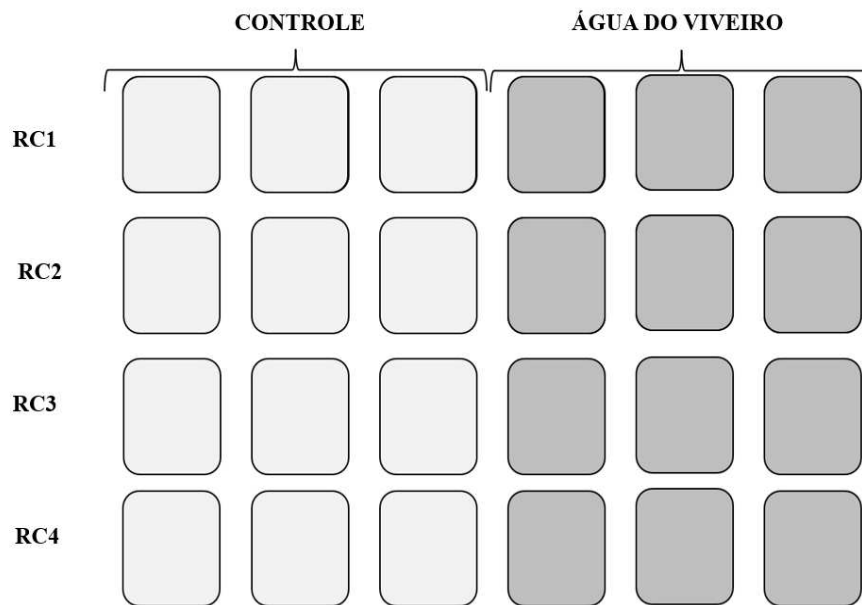
Quadro 1: Ingredientes das rações comerciais RC1, RC2, RC3 e RC4 avaliadas no presente estudo.

RAÇÃO	INGREDIENTES
RC1	Farelo de soja, farelo de trigo, farinha de peixe, farinha de trigo, hemoglobina suína, lecitina de soja, farinha de vísceras de aves, cloreto de sódio, calcário calcítico, óleo de peixe refinado, vitamina A, D3, E, K3, B3, B1, B2, B6, B12, C, ácido fólico, biotina, óxido de magnésio, pantotenato de cálcio, BHT (hidróxido de tolueno butilado), sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de cobalto, iodato de cálcio, selenito de sódio, DL-metionina, cloreto de colina, ácido nicotínico, ácido propiônico de amônio, fosfato bicálcico, cloreto de potássio, BHA (butil hidroxianisol), aditivo aglutinante (dióxido de silício e ureia formaldeído), betaína, óxido de zinco, sulfato de ferro e Inositol.

RC2	Farelo de soja, lecitina de soja, farinha de trigo, farelo de trigo, farelo de arroz, farelo de arroz, farinha de carne e ossos de bovino, farinha de peixe, óleo de peixe, calcário calcítico, cloreto de sódio, óxido de magnésio, cloreto de potássio, sulfato de cobre, monóxido de manganês, óxido de zinco, iodeto de cálcio, sulfato de cobalto, selenito de sódio, vitamina A, vitamina D3, vitamina E, vitamina K3, vitamina B1, vitamina B2, niacina, ácido pantotênico, vitamina B6, ácido fólico, biotina, vitamina B12, vitamina C, cloreto de colina, DL-metionina, ureia formaldeído, ácido acético, ácido propiônico, propionato de amônio, aditivo probiótico, aditivo prebiótico, BHT (Butilhidroxitolueno), BHA (butilhidroxianisol), etoxiquim, Espécie doadora do gene <i>Agrobacterium tumefaciens</i> e ou <i>Arabidopsis thaliana</i> e ou <i>Bacillus thuringensis</i> e/ou <i>Streptomyces hygroscopicus</i> e ou <i>Streptomyces viridochromogenes</i> e ou <i>Zea mays</i>
RC3	Farinha de trigo, farelo de glúten de milho 60, farinha de peixe, farinha de carne, farinha de vísceras de frango, concentrado protéico de soja, farelo de soja, óleo de peixe, solúveis de peixe, lecitina de soja, farinha da alga <i>Schizochytrium</i> sp., L-lisina, DL-metionina, treonina triptofano, sal comum, cloreto de potássio, sulfato de magnésio, vitaminas C, A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, B3, pantotenato de cálcio, biotina, Inositol, ácido fólico, sulfato de ferro, sulfato de manganês, sulfato de cobre, sulfato de cobalto, sulfato de zinco, iodato de potássio, selenito de sódio, antioxidantes (BHT-hidroxitolueno), BHA (butilhidroxianisol), etoxiquim, ácido propiônico.
RC4	Farelo de Soja, Milho Moído, Farelo de Arroz, Farelo de Trigo, Melaço de Cana-de-Açúcar, Farinha da Alga <i>Schizochytrium</i> sp, Lecitina de Soja, Farinha de Peixes, Óleo de Peixes, Farinha de Carne e Osso de Bovinos, Farinha de Sangue de Bovino, Farinhas de Vísceras de Aves, Farinha de Pena Hidrolisada, Caulim, Casca de Arroz Moída, Cloreto de Sódio, Cloreto de Potássio, Óxido de Magnésio, L-Lisina, DL-Metionina, Inositol, Retinol, 25- Hidroxivitamina D3, Acetato de DL-Alfa-Tocoferol, Ácido Ascórbico, Menadiona Bissulfito de Sódio, Tiamina, Riboflavina, DL-Pantotenato de Cálcio, Piridoxina, Ácido Fólico, Biotina, Niacina, Cianocobalamina, Proteinato de Zinco, Proteinato de Cobre, Levedura Enriquecida com Selênio, Proteinato de Manganês, Cromo Levedura, Iodato de Potássio, Aditivo Enzimático, Aditivo Prebiótico, Parede Celular de Levedura, Ácido Propiônico, Hidróxido de Amônio, Ureia Formaldeído, BHA (butilhidroxianisol), (BHT-hidroxitolueno).

A pesquisa foi realizada em caixas de polipropileno com dimensões de 40,5 x 29 x 24,5 cm e capacidade de 20 litros, conforme ilustrado na figura 1. Foram, portanto, utilizadas 24 caixas em cada período.

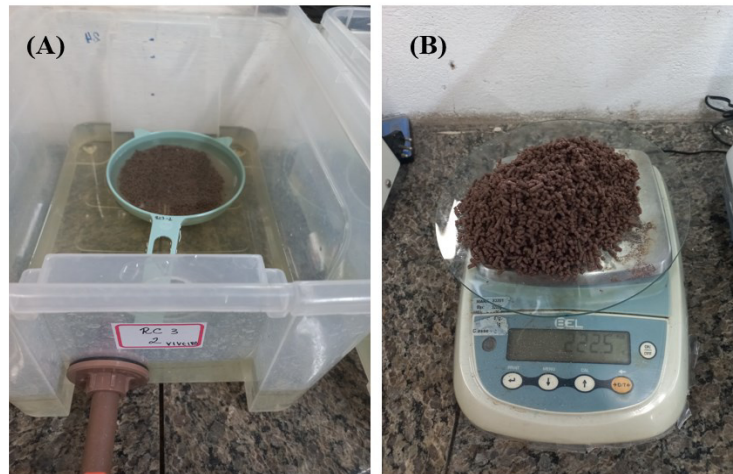
Figura 1: Representação do delineamento experimental.



Fonte: o autor, 2024.

Cada tratamento recebeu uma porção inicial de 100 g de ração, que foram pesadas utilizando balança digital da marca Bel com precisão de 1g. Esta quantidade de ração foi disposta em peneiras de polipropileno com 14 cm de diâmetro e submersa na respectiva caixa contendo 5 litros de água do viveiro ou água controle, conforme ilustrado na figura 2. A ração permaneceu na água por um período de 1, 3 ou 12 horas, sendo a contagem de tempo independente para cada tratamento. Após o término do período de imersão, a ração comercial de todos os tratamentos foi pesada novamente.

Figura 2: Rações comerciais em teste.



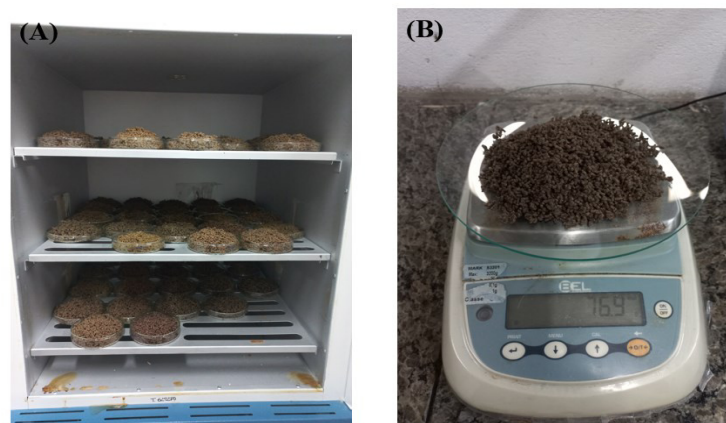
(A): Ração comercial submersa em água; (B) pesagem da ração comercial após período submerso.

Fonte: o autor, 2024.

4.2 Secagem das rações comerciais

Após o tempo pré-estabelecido de imersão das rações na água, foram retiradas e permitiu-se que a água escorresse por 20 minutos. Em seguida, as rações foram pesadas novamente, distribuídas em placas de *Petri* e colocadas em estufa para esterilização e secagem, a uma temperatura de 105° C, onde permaneceram por 24 horas. Após o completo processo de secagem, as amostras foram guardadas até atingirem a temperatura ambiente e, então, foram pesadas novamente (Figura 3).

Figura 3: Secagem das rações comerciais



(A): Secagem da ração comercial em estufa; (B) pesagem da ração comercial após período de secagem.

Fonte: o autor, 2024.

4.3 Análise da água

No início do experimento, foram conduzidas análise de parâmetros físico-químicos, compostos nitrogenados e minerais na água do grupo controle e viveiro. Após a conclusão de cada período de teste (1h, 3h e 12h), novas análises desses parâmetros foram analisadas na água do grupo controle e viveiro para cada tratamento.

4.3.1 Parâmetros físico-químicos da água

Os parâmetros de pH, salinidade (g/L) e condutividade elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$) foram medidos no início e final de cada período. Uma sonda multiparâmetros (Multifunction) foi empregada para essas análises. Após a calibração do equipamento, o eletrodo era inserido na água, aguardando a estabilização do valor. Os resultados obtidos foram registrados em uma planilha do Excel para posterior análise de dados.

4.3.2 Qualidade de água

Neste estudo, os compostos nitrogenados avaliados foram amônia (mg/L) e nitrito (mg/L). As análises desses compostos foram conduzidas tanto na água inicial dos tratamentos quanto ao final de cada período estabelecido.

Para a determinação da concentração de amônia na água, utilizou-se o método do indofenol, que resulta na formação de uma amostra em cor azul. Essa coloração é devida a reação da amônia presente na amostra com o hipoclorito alcalino, formando a “*Reação de Berthelot*”.

O procedimento envolve a mistura da amostra filtrada com solução de sulfato manganoso, solução oxidante (hipoclorito alcalino) e solução de fenato. A amostra deve ser mantida em local escuro por 60 min. A concentração de amônia na amostra foi então medida em espectrofotômetro (Global Trade Technology modelo GT7220), a 630 nm. Este método determina a concentração de nitrogênio amoniacal total, e a concentração de N-NH_3 deve ser calculada a partir deste resultado. Foi elaborada uma curva de calibração para assegurar a precisão dos resultados obtidos.

A quantificação da concentração de nitrito na água foi conduzida por meio do método de Griess-Ilosva. Neste procedimento, a amostra filtrada foi misturada com solução de ácido sulfanílico e solução de alfa-naftilamina. Após repouso por 15 min para desenvolvimento

da cor rosa/vermelha, a amostra foi lida em um espectrofotômetro a 520 nm. Uma curva de calibração também foi elaborada para garantir a precisão dos resultados.

Para determinar a alcalinidade total da água, inicialmente, realizou-se a alcalinidade da fenolftaleína, adicionando uma solução indicadora de fenolftaleína e titulando com solução padrão de H₂SO₄. Em seguida, foi realizada a alcalinidade total, adicionando solução indicadora de alaranjado de metila ao final da alcalinidade da fenolftaleína, titulando com uma solução padrão de H₂SO₄ até viragem do indicador de amarelo para vermelho, e o resultado foi calculado:

$$\text{Alcalinidade total (CaCO}_3\text{)} = ((V_1 + V_2) \times N \times 50000) / \text{volume da amostra (mL)}$$

V₁ = volume gasto de solução-padrão de H₂SO₄ (1° titulação)

V₂ = volume gasto de solução-padrão de H₂SO₄ (2° titulação)

N = normalidade da solução-padrão de H₂SO₄

A determinação da dureza total da água é feita a partir da adição de solução-tampão (cloreto de amônio e hidróxido de amônio) e indicador perto de eriocromo-T na amostra. A titulação é realizada com uma solução de EDTA 0,01 M. O resultado é então calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Dureza total (mg/L CaCO}_3\text{)} = \text{Volume de EDTA gasto na titulação (mL)} \times \text{molaridade da solução de EDTA} \times 1001$$

Estas análises foram conduzidas conforme as diretrizes estabelecidas por Sá, 2015.

4.3.3 Análise de minerais da água

Para a determinação dos minerais magnésio (Mg) e potássio (K) na água, foi utilizado a espectrometria de absorção atômica de chama, onde a amostra é aspirada em uma chama e os metais são atomizados. Um feixe de luz é direcionado através da chama, para um monocromador e para um detector que mede a quantidade de luz absorvida pelo metal atomizado na chama. Cada metal tem seu próprio comprimento de onda de absorção característico, é utilizada uma lâmpada fonte composta por esse elemento. (APHA, 2023).

4.4 Análise da ração

Após as rações passarem pelo procedimento detalhado no item 4.2, foram acondicionados em sacos plásticos transparentes, nos quais foi realizado um pool das amostras de cada repetição dos tratamentos RC1, RC2, RC3 e RC4, incluindo os grupos controle e água

do viveiro. Os sacos plásticos foram lacrados com fita adesiva, devidamente etiquetados e transportados para o Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará - Nutec, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Embalagens ração após secagem



Fonte: o autor, 2024.

4.4.1 Análise de proteínas da ração

A determinação do teor de proteína na ração foi conduzida por meio do Método de Kjeldahl clássico, conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz, 2008. O princípio do Método Kjeldahl clássico baseia-se em pesar 1 g da amostra da ração em papel de seda. Transfere-se para o balão de Kjeldahl (papel+amostra). Adiciona-se 25 mL de ácido sulfúrico e 6 g da mistura catalítica. Leva-se ao aquecimento em chapa elétrica, na capela, até a solução ficar na cor azul-verdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Aquece-se por uma hora. Deixa-se esfriar. Transfere-se o material do balão para o frasco de destilação. Adiciona-se 10 gotas do indicador fenolftaleína e 1 g de zinco em pó. Liga-se o balão ao conjunto de destilação. Mergulha-se a extremidade afilada do refrigerante em 25 mL de ácido sulfúrico 0,05 M, contido em frasco Erlenmeyer de 500 mL com 3 gotas do indicador vermelho de metila. Adiciona-se ao frasco que contém a amostra digerida, por meio de um funil com torneira a solução de hidróxido de sódio a 30% até garantir um ligeiro excesso de base. Aquece-se até a ebulição e destila-se

até obter cerca de (250-300) mL do destilado. Titula-se o excesso de ácido sulfúrico 0,05 M com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, usando vermelho de metila.

4.4.2 Análise de minerais da ração

Para quantificação do Potássio (K) nas amostras de ração, foi adotado o método de Digestão da amostra, seguido de Determinação de sódio e potássio, conforme protocolo estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz, 2008. Para a determinação de potássio na amostra de ração foi utilizando fotometria de emissão de chama no comprimento de onda de 766,5 nm. A amostra é aspirada e dispersa numa chama de gás na forma de spray e a excitação é conduzida sob condições controladas e reproduzíveis. A linha espectral de interesse é isolada com o uso de filtros ou sistema óptico adequado. A intensidade da luz a 766,5 nm é proporcional à concentração de potássio na amostra. Ajusta-se o comprimento de onda até 766,5 nm para íons potássio, coloca-se os filtros adequados para a determinação de potássio. Zera-se a escala de medida com água destilada e deionizada. Agita-se bem a amostra e transfere-se cerca de 40 mL para um béquer seco e limpo. Com o fotômetro já calibrado e zerado, faz-se a leitura das amostras. Sempre se checa o zero da escala do aparelho com água bidestilada e deionizada, entre as medidas. Para a determinação da Curva-padrão, confirma-se o zero da escala do aparelho com água destilada e deionizada. Faz-se a leitura das soluções-padrão, iniciando com a solução mais diluída. Após a leitura de cada amostra, checa-se o zero da escala do aparelho com água destilada e deionizada. Repete-se a operação de leitura com os padrões de calibração, o número de vezes necessário para garantir que o valor médio obtido para a solução-padrão seja confiável e reproduzível. Constrói-se o gráfico de intensidade de emissão em função da concentração de íons potássio (mg K/L). Para o cálculo, a partir da curva-padrão e dos resultados obtidos para cada amostra, determina-se o valor da concentração de íons potássio (mg K/L) nas amostras analisadas.

No caso da quantificação do Magnésio (Mg), o método envolveu a Digestão da amostra, seguida pela Determinação de magnésio por titulação com EDTA, também descrito pelo Instituto Adolfo Lutz, 2008. Para o cálculo de magnésio na ração, transfere-se 10 mL da Solução-padrão de propionato de cálcio, para um frasco Erlenmeyer de 250 mL. Adiciona-se 25 mL de água e 10 mL de solução-tampão de pH=10. Adiciona-se 0,5 mL de solução alcoólica de negro de eriocromo T a 0,4%. Titula-se com EDTA 0,01 M até viragem do indicador, de vermelho para azul nítido.

Cálculo:

$$(v' - v) \times f \times 0,02431 = \text{magnésio por cento m/m}$$

v' = nº de mL de solução de EDTA 0,01 M gasto na titulação correspondente ao $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

f = fator da solução de EDTA

v = nº de mL de solução de EDTA 0,01 M.

4.5 Análise física das rações comerciais

As análises físicas realizadas com as rações comerciais envolveram o teor de umidade, índice de permeabilidade (absorção de água), taxa de lixiviação de matéria seca, flutuabilidade em água, diâmetro e o comprimento dos *pellets*.

A medição do teor de umidade foi realizada pesando 10 g da amostra de cada ração comercial, que foi posteriormente submetida a secagem em estufa a 105° C por 24 h (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Após atingirem a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente para o cálculo do teor de umidade, expresso pela fórmula:

Umidade (%) = $(100 \times N) / P$, onde:

N: nº de gramas de umidade (perda de massa em g)

P: nº de gramas da amostra

O cálculo do índice de permeabilidade da ração foi realizado através do peso úmido da ração após imersão em água durante o intervalo de tempo estabelecido, utilizando a seguinte fórmula (CARVALHO, 2006):

$W_{Ai} = ((W_{mi} - W_f) / W_f) \times 100$, onde:

W_{Ai} : percentual absorvido de água pela ração no tempo i (%);

W_{mi} : peso úmido da ração após imersão em água no tempo i (g);

W_f : peso seco da ração antes da imersão em água (g).

A determinação da taxa de lixiviação da matéria seca foi realizada com base no peso seco das rações comerciais, sendo calculada pela seguinte fórmula (CARVALHO, 2006):

$DM_i = (1 - (W_{di} / W_f)) \times 100$, onde:

DM_i : percentual lixiviado de matéria seca no tempo i (%);

W_i: peso seco da ração após imersão em água no tempo *i* (g);

W_f: peso seco da ração antes da imersão em água (g).

A flutuabilidade das rações foi avaliada empregando 100 *pellets* de cada formulação comercial, distribuídos em caixas de polipropileno contendo água do viveiro. O experimento foi realizado em triplicata. A flutuabilidade foi determinada pelo número de *pellets* que permaneceram na superfície da água nos intervalos de 1, 15 e 30 minutos.

O diâmetro, comprimento e peso de 150 *pellets* de cada ração comercial foram mensurados utilizando um paquímetro digital e uma balança analítica (Figura 5).

Para calcular a quantidade de *pellets* por kg de ração, foram contados e pesados 150 *pellets* de cada formulação (RC1, RC2, RC3 e RC4), utilizando uma balança analítica (Weblaborsp), com precisão de 3 casas decimais. O experimento foi realizado em triplicata. Para a determinação do número de *pellets* por kg de ração foi utilizada a seguinte equação:

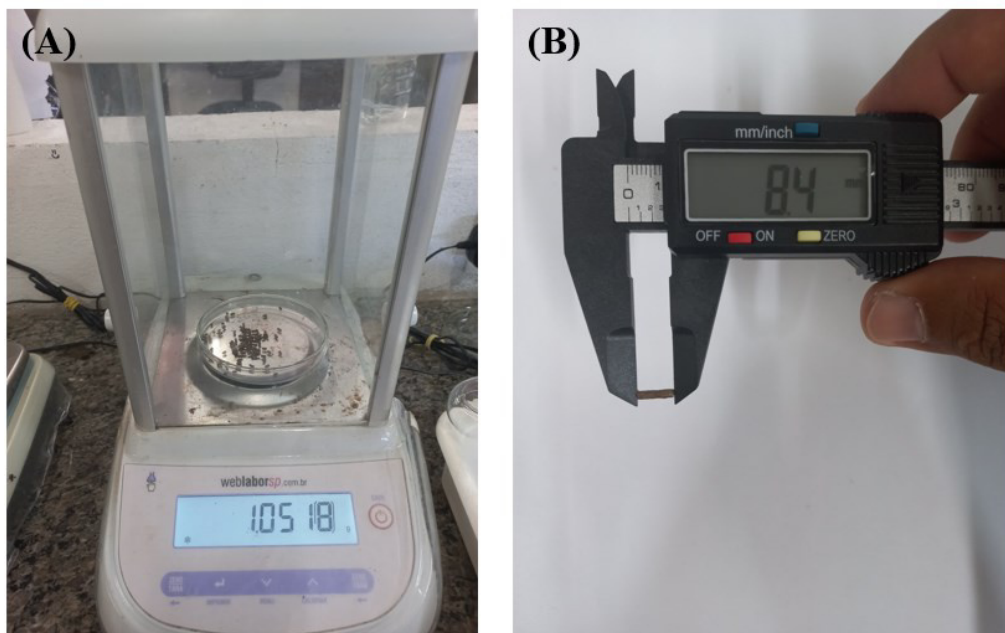
$NPE = (np/pp) * 1.000$, onde:

NPE= número de *pellets* em 1 kg

np= número de *pellets* contados (unidade)

pp= peso dos *pellets* contados (g)

Figura 5: Análise de peso e comprimento das rações comerciais.



(A): peso de 150 *pellets* de ração comercial; (B) comprimento de um *pellet* de ração comercial.

Fonte: o Autor, 2024.

4.6 Análise estatística

Inicialmente foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste de Levene foi utilizado para verificação da homogeneidade da variância dos dados. As amostras que foram assumidas como provenientes de uma população com distribuição gaussiana para as variáveis estudadas, foram analisadas por meio do teste *Two-way ANOVA* e *One-way ANOVA*, quando necessário, para comparar as variáveis independentes. Quando o resultado da estatística F foi menor que 0,05, foi utilizado o teste *post hoc* de Tukey. Quando não foi possível assumir a normalidade dos dados da amostra, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis e o teste de Dunn's. O nível de significância (alfa) foi de 5%. Dessa forma os resultados que apresentaram o valor de $p \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. Os programas GraphPad PRISM® (versão 8 GraphPad Software Inc.) e o IBM SPSS® statistics 20.0, foram utilizados para a análise estatística.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros físico-químicos da água pH, salinidade e condutividade elétrica

Foram empregadas quatro rações comerciais para alimentação de camarão, sendo que três são peletizadas e uma ração extrusada. Os dados referentes aos parâmetros físico-químicos de salinidade e condutividade elétrica da água dos grupos controles (C) e de água do viveiro (V), após a imersão das rações em intervalos de 1 hora, 3 horas e 12 horas, são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Resultados de salinidade (g/L) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.

Tratamentos	Salinidade (g/L)				Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	0	0,13	0,43 ^{a,b}	0,26 ^a	22	190	1203 ^{a,b}	764,3 ^{a,b}
RC2 C	0	0,16	0,30 ^a	0,23 ^a	22	277	708,7 ^a	561,3 ^a
RC3 C	0	0,33 ^a	0,56 ^{a,b}	0,23 ^{a,c}	22	965 ^a	1216 ^a	849,7 ^a
RC4 C	0	0,26 ^a	0,46 ^a	0,16 ^c	22	657,7 ^a	938,3 ^a	508
RC1 V	0,2	0,53 ^a	0,33	0,53 ^{a,c}	415	1254 ^a	1733 ^a	1117 ^{a,c}
RC2 V	0,2	0,46 ^a	0,56 ^a	0,30 ^c	415	1045 ^a	1145 ^a	723,7
RC3 V	0,2	0,56 ^a	0,63 ^a	0,43 ^{a,c}	415	1335 ^a	1388 ^a	901,3
RC4 V	0,2	0,43 ^a	0,46 ^a	0,30	415	960 ^a	938 ^a	603,7

Valores significativos, quando $p < 0,05$. Sem letra= não significativa. Sem letra= não significativa. a= hora 0; b=hora 1; c=hora 3. Letras minúsculas significa comparativo entre linhas. RC1 C= ração comercial 1 peletizada água controle; RC2 C= ração comercial 2 peletizada água controle; RC3 C= ração comercial 3 peletizada água controle; RC4 C= ração comercial 4 extrusada água controle; RC1 V= ração comercial 1 peletizada água viveiro; RC2 V= ração comercial 2 peletizada água viveiro; RC3 V= ração comercial 3 peletizada água viveiro; RC4 V= ração comercial 4 extrusada água viveiro.

No início do experimento, a salinidade da água no grupo controle foi de 0 g/L, enquanto na água do grupo foi viveiro 0,2 g/L. Foi verificado um aumento na salinidade para todos os tratamentos tanto na água controle quanto na água de viveiro, em comparação com o início do experimento. Com o aumento da salinidade na água foi observado diferença significativa nos tratamentos desde a hora 1 de exposição das rações na água em relação a hora inicial.

Mesmo ocorrendo o aumento da salinidade, esta salinidade é muito baixa para a criação de camarões, segundo Hurtado *et al.*, (2006) afirmam que o ponto isosmótico do camarão *P. vannamei* situa-se entre 25 e 26 g/L de salinidade. À medida que a salinidade se afasta do ponto isosmótico, o equilíbrio osmótico no camarão é alterado, resultado em um aumento no gasto de energia para a osmorregulação e uma redução no crescimento. Gong *et*

al., (2004) observaram que as diferenças nas concentrações de hemolinfa em baixas salinidades entre juvenis e adultos de *P. vannamei* indica que os juvenis são melhores reguladores hiperosmóticos e hiperiônicos do que os adultos.

O aumento da salinidade observado em todos os tratamentos do experimento deve-se ao fato da perda dos sais que compõem as rações comerciais para água, resultando também no aumento da condutividade elétrica da água.

A condutividade elétrica inicial da água controle foi de 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e para água do viveiro foi de 415 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Foi verificado que a condutividade elétrica de todos os tratamentos na água controle e água do viveiro, aumentaram em relação ao início do experimento em todos os períodos analisados hora 1, hora 3 e hora 12. Ocorreu diferença significativa a partir da hora 1 de contato das rações com a água em relação ao início do experimento.

Segundo Sá (2012), a condutividade elétrica (CE) da água refere-se à capacidade da água em permitir a passagem da corrente elétrica, sendo os íons inorgânicos ou a salinidade, os principais elementos responsáveis pela condutividade elétrica. O aumento da condutividade elétrica, conforme observado neste estudo, está em concordância com o aumento da salinidade verificado em todos os tratamentos após a imersão das rações comerciais na água.

Os resultados de pH para todos os tratamentos analisados, tanto na água do grupo controle como na água viveiro, no início do experimento e nos diferentes intervalos de tempos, estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultados de pH na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.

Tratamentos	pH			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	7,5	6,99 ^a	6,93 ^a	6,57 ^{a, b, c}
RC2 C	7,5	7,17 ^a	7,44	6,66 ^{a, b, c}
RC3 C	7,5	6,5 ^a	6,31 ^a	6,36 ^a
RC4 C	7,5	6,44 ^a	6,49 ^a	6,35 ^a
RC1 V	7,85	7,29 ^a	7,28 ^a	6,49 ^{a, b, c}
RC2 V	7,85	7,51 ^a	7,46 ^a	6,9 ^{a, b, c}
RC3 V	7,85	6,85 ^a	6,78 ^a	6,89 ^a
RC4 V	7,85	7,06 ^a	6,96 ^a	6,93 ^a

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = início (hora 0), "b" = hora 1, "c" = hora 3. sem letra= não significativa. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

O pH inicial da água no grupo controle e no viveiro foi, respectivamente, 7,5 e 7,85 no início do experimento. Foi evidenciada uma redução no pH tanto na água do grupo controle quanto na água do viveiro, ao compararmos com o início do experimento, nos períodos de

exposição da ração às horas 1, 3 e 12, onde evidenciou-se diferença significativa para todos os tratamentos entre a partir da hora 1 em relação ao início do experimento.

Em todos os tratamentos e em todos os horários, foi observada uma diminuição no pH da água, atribuída à lixiviação da ração na água, resultando na liberação de compostos nitrogenados e minerais, provocando acidificação da água. Conforme afirmado por Sá em 2012, a redução no pH da água é esperada quando as rações não são consumidas, levando à decomposição da matéria orgânica e à liberação de CO₂ na água pelas bactérias.

Kathyayani *et al.*, (2019), afirmam em seu estudo que o pH baixo da água pode prejudicar a sobrevivência, o transporte de íons, as atividades enzimáticas, reduzir a imunidade, enfraquecer a capacidade antioxidante e causar danos ao DNA em *P. vannamei*. Chen *et al.*, (2015) concluíram que camarões *P. vannamei* cultivados em pH 8,1 tiveram melhores resultados imunes do que camarões cultivados em pH 6,8 por longos prazos tiveram reduções na ativação da imunidade e parâmetros imunológicos.

5.2 Compostos nitrogenados, alcalinidade total e dureza total

Os parâmetros de amônia e nitrito para a água controle e água do viveiro no início do experimento foi não detectável, por esse motivo foi considerado 0 mg/L. Para amônia e nitrito foi observado que ocorreu aumento nas concentrações em todos os tratamentos das rações comerciais e na água controle e água do viveiro, quando comparado com o início do experimento.

Analisando o parâmetro amônia e nitrito, foi observado diferença significativa, de todos os tratamentos a partir da hora 1 em relação a hora 0. Os resultados das concentrações de amônia e nitrito da água controle e água do viveiro para todos os tratamentos após a imersão das rações são apresentados na tabela 3.

A maior concentração de amônia dentre todos os tratamentos foi de 0,014 mg/L no tratamento RC2 V hora 1. Para o nitrito a maior concentração foi observado no tratamento RC4 C hora 12 que foi de 18,25 mg/L.

As menores concentrações de amônia e nitrito foi registrada na hora 3, explicado pelo fato que a temperatura da água nesse momento estava inferior a hora 1 e hora 12, isso foi observado também por Rigos *et al.*, (1999), no qual afirmam que o aumento da temperatura da água influencia no processo de lixiviação das rações para robalo da espécie *Dicentrarchus labrax L.*

Tabela 3. Resultados da concentração de amônia e nitrito na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.

Tratamentos	Início	Amônia (mg/L)			Nitrito (mg/L)		
		Hora 1	Hora 3	Hora 12	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	0	0,005 ^a	0,003 ^a	0,007 ^a	13,35 ^a	7,15 ^{a,b}	17,60 ^{a,c}
RC2 C	0	0,006 ^a	0,009 ^a	0,003 ^a	8,60 ^a	3,45 ^{a,b}	12,20 ^{a,c}
RC3 C	0	0,007 ^a	0,004 ^a	0,008 ^a	7,05 ^a	1,26 ^{a,b}	10,20 ^{a,c}
RC4 C	0	0,004 ^a	0,001 ^a	0,006 ^a	11,00 ^a	5,75 ^{a,b}	18,25 ^{a,c}
RC1 V	0	0,007 ^a	0,008 ^a	0,005 ^a	15,55 ^a	6,95 ^{a,b}	14,75 ^{a,c}
RC2 V	0	0,014 ^a	0,004 ^a	0,002 ^a	12,00 ^a	5,00 ^{a,b}	9,95 ^{a,c}
RC3 V	0	0,004 ^a	0,001 ^a	0,006 ^a	11,70 ^a	3,30 ^{a,b}	8,55 ^{a,c}
RC4 V	0	0,005 ^a	0,001 ^a	0,005 ^a	14,40 ^a	7,40 ^{a,b}	11,35 ^{a,c}

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = hora 0, "b" = hora 1, "c" = hora 3. Letras minúsculas significam comparativo na mesma linha.

Burford & Williams (2001), observaram que rações para a alimentação do camarão *P. monodon*, tiveram as maiores lixiviação de nitrogênio na água na primeira hora e seguindo até 8 horas após exposição na água onde cessou a lixiviação de nitrogênio.

Todos os níveis de amônia encontrados neste trabalho, estão dentro de níveis aceitáveis para criação de camarão, conforme os trabalhos realizados por Espinoza-Ortega *et al.*, (2024) para alimentação de *P. vannamei*, no qual observaram concentrações médias de amônia total variaram de 0,43 a 0,68 mg/L em ração extrusada e 0,59 a 0,73 mg/L em ração peletizada.

Os níveis de nitrito deste experimento, foram todos superiores ao encontrado no trabalho de Espinoza-Ortega *et al.*, 2024, em que encontraram variações entre 0,29 e 1,75 mg/L em ração extrusada, enquanto para ração peletizada os valores variaram entre 0,25 e 0,46 mg/L. Sá (2023), relata que 16% da proteína das rações é Nitrogênio (N), dos quais 20% a 40% é absorvidos pelos peixes e camarões, ou seja, 60% a 80% do N da ração é perdida para o meio de cultivo, sendo em sua grande parte transformada em amônia.

Os resultados de Alcalinidade e Dureza total (mg/L CaCO₃), de todos os tratamentos na água controle e água do viveiro nos intervalos de 1 hora, 3 horas e 12 horas são apresentados na tabela 4. Foi observado que ocorreu aumento das concentrações da Alcalinidade total para todos os tratamentos e em todos os intervalos de tempo e na água controle e água viveiro, quando comparado com o valor inicial. Para o parâmetro Dureza total foi observado a mesma relação que aconteceu para Alcalinidade total, no qual todos os tratamentos aumentaram suas concentrações em relação ao início do experimento.

Não foi observado diferença significativa entre todos os tratamentos para todos os intervalos de tempo para o parâmetro Alcalinidade.

Tabela 4. Resultados da concentração de Alcalinidade total e Dureza total (mg/L CaCO₃), na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.

Tratamentos	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)				Dureza total (mg/L CaCO ₃)			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	0	120	100	145	0	270 ^a	150 ^a	300 ^a
RC2 C	0	120	100	90	0	160 ^a	180 ^a	180 ^a
RC3 C	0	50	35	100	0	200 ^a	180 ^a	280 ^a
RC4 C	0	35	150	35	0	150 ^a	250 ^a	170 ^a
RC1 V	80,75	185	0	185	102,1	200 ^a	190 ^a	250 ^a
RC2 V	80,75	195	200	150	102,1	220 ^a	300 ^a	250 ^a
RC3 V	80,75	75	45	125	102,1	180 ^a	230 ^a	270 ^a
RC4 V	80,75	100	35	30	102,1	220 ^a	230 ^a	150 ^a

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = hora 0. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

Fonseca & Mendonça (2021) indicam que os níveis ideais de alcalinidade total devem exceder 120 mg/L. Este estudo revela que, em certos tratamentos, as concentrações de alcalinidade ficaram aquém do ideal para a criação de *P. vannamei*. Segundo o estudo de Duan *et al.*, (2023), o estresse causado pela alcalinidade em *P. vannamei* resultou em redução da sobrevivência e do crescimento do camarão, além de causar danos na estrutura histológica do hepatopâncreas. Isso afetou os padrões de transcrição de genes relacionados ao sistema imunológico e ao transporte de substâncias no hepatopâncreas, com perturbações significativas em metabólitos, especialmente aminoácidos, vitamina B e digestão de proteínas.

Song *et al.*, (2024), observaram que a alcalinidade em *P. vannamei* exerce uma influência significativa na abundância relativa e conectividade das bactérias intestinais. Isso resultou na diminuição da concentração da comunidade bacteriana. A análise do transcriptoma destacou alterações notáveis no hepatopâncreas, evidenciando pontos em comum nas vias relacionadas ao metabolismo de macromoléculas, transdução de sinal e transporte/catabolismo através dos tecidos.

Para a dureza total da água foi observado diferença significativa para todos os tratamentos nas horas 1, hora 3 e hora 12 em relação a hora 0.

Sá (2012), afirma que a dureza total da água é a soma das concentrações de cálcio e magnésio solúveis na água e expresso em mg/L de CaCO₃. Fonseca & Mendonça (2021), indicam que os níveis ideais de dureza total devem ser superiores a 1000 mg/L, para que o *P. vannamei* consiga ter os melhores resultados de crescimento e sobrevivência. Este estudo revela que, em todos os tratamentos, as concentrações de alcalinidade ficaram aquém do ideal para a criação de *P. vannamei*.

5.3 Análise de minerais na água

Os resultados referentes às concentrações dos minerais magnésio e potássio em mg/L, tanto na água controle quanto na água do viveiro, para todos os tratamentos, nos intervalos de 1 hora, 3 horas e 12 horas, estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Resultados da concentração dos minerais magnésio e potássio expressos mg/L, na água controle e água de viveiro, no início, hora 1, hora 3 e hora 12 nos tratamentos.

Tratamentos	Magnésio (mg/L)				Potássio (mg/L)			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	0	56 ^a	27 ^a	62 ^a	0	16 ^a	17 ^a	18 ^a
RC2 C	0	29 ^a	34 ^a	33 ^a	0	27 ^a	29 ^a	15 ^a
RC3 C	0	40 ^a	35 ^a	56 ^a	0	17 ^a	19 ^a	22 ^a
RC4 C	0	28 ^a	53 ^a	32 ^a	0	17 ^a	15 ^a	14 ^a
RC1 V	11,91	40 ^a	34 ^a	46 ^a	17,46	12 ^a	22 ^a	23 ^a
RC2 V	11,91	39 ^a	61 ^a	51 ^a	17,46	25 ^a	31 ^a	27 ^a
RC3 V	11,91	35 ^a	46 ^a	56 ^a	17,46	19 ^a	21 ^a	20 ^a
RC4 V	11,91	27 ^a	46 ^a	33 ^a	17,46	35 ^a	19 ^a	19 ^a

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = hora 0. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

Para o parâmetro magnésio na água foi possível observar que aconteceu diferença significativa para todos os tratamentos entre as horas 1, hora 3 e hora 12 em relação ao início do experimento.

No início do experimento, as concentrações de magnésio foram de 0 mg/L para a água controle e 11,91 mg/L para a água do viveiro. Foi constatada, em todos os tratamentos e em todos os horários, a incorporação do mineral magnésio na água, em comparação com os níveis encontrados antes do contato da ração com o meio aquático.

Galkanda-Arachchige *et al.*, (2021) realizaram um estudo com juvenis de *P. vannamei* cultivados em água com uma salinidade de 3 g/L. Os autores observaram que as águas contendo níveis de magnésio de 129 mg/L e 100 mg/L resultaram em um peso final, ganho de peso e ganho percentual de peso significativamente superior em comparação com o desempenho de crescimento de camarões criados em níveis de magnésio de 55 mg/L ou inferiores. Mesmo após a lixiviação de magnésio para a água neste experimento, as concentrações permaneceram abaixo dos níveis nos quais os camarões apresentaram os melhores resultados de crescimento, conforme relatado por Galkanda-Arachchige *et al.*, (2021). A redução na concentração de magnésio no meio pode interromper a atividade de $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ nas brânquias, potencialmente resultando em disfunção na osmorregulação dos camarões (PAN *et al.*, 2006; ROY *et al.*, 2010).

Para o parâmetro potássio na água foi possível observar que aconteceu diferença significativa para todos os tratamentos a partir da hora 1, em relação a hora 0 do experimento.

No início do experimento, a concentração de potássio na água controle era de 0 mg/L, enquanto na água do viveiro era de 17,46 mg/L. No presente estudo verificou-se um aumento nas concentrações de potássio na água, semelhante ao observado para o magnésio. Todos os tratamentos e tempos analisados demonstraram a incorporação do mineral na água, indicando a lixiviação dos minerais presentes na ração para o meio aquático utilizado no experimento. De acordo com Shiau & Hsieh *et al.*, (2001), a exigência mínima de potássio para o cultivo de *P. monodon* em água salobra é de 360 mg de K/L na água. Entretanto, com base nos resultados obtidos para o potássio na água após a lixiviação das rações comerciais em todos os tratamentos, os níveis ficaram abaixo do sugerido por Shiau & Hsieh *et al.*, (2001).

5.4 Análise física das rações comerciais

São apresentados na tabela 6 os resultados do peso inicial antes de ter contato com água, peso úmido e peso seco após os intervalos da hora 1, hora 3 e hora 12.

Tabela 6. Resultados do peso das rações comerciais antes de serem imersas na água, peso úmido e peso seco em cada intervalo de tempo hora 1, hora 3 e hora 12.

Tratamentos	Início (g)	Úmido (g)			Seca (g)		
		Hora 1	Hora 3	Hora 12	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	100	203,97 ^a	211,27 ^{a, b}	221,43 ^{a, b, c}	86,03 ^A	76,80 ^A	77,00 ^A
RC2 C	100	219,33 ^a	231,47 ^{a, b}	246,60 ^{a, b, c}	84,67 ^A	81,00 ^A	80,33 ^A
RC3 C	100	219,00 ^a	229,77 ^{a, b}	235,60 ^{a, b, c}	75,50 ^A	81,47 ^A	81,47 ^A
RC4 C	100	180,30 ^a	188,40 ^{a, b}	189,93 ^{a, b}	89,53	78,23 ^{A, B}	77,90 ^{A, B}
RC1 V	100	200,30 ^a	204,70 ^{a, b}	211,20 ^{a, b, c}	72,43 ^A	77,4 ^A	76,83 ^A
RC2 V	100	227,70 ^a	226,13 ^a	239,43 ^{a, b, c}	83,10 ^A	81,10 ^A	80,27 ^A
RC3 V	100	227,40 ^a	230,47 ^a	238,27 ^{a, b, c}	83,40 ^A	81,53 ^A	81,40 ^A
RC4 V	100	183,97 ^a	183,13 ^a	187,83 ^{a, c}	80,43 ^A	78,4 ^A	77,63 ^A

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = hora 0, "b" = hora 1, "c" = hora 3. sem letra = não significativa. Letras minúsculas significa comparativo entre linhas dos parâmetros início e úmido. Letras maiúsculas significa comparativo entre as linhas dos parâmetros início e seca.

O peso inicial das quatro rações nos tratamentos de água controle e água do viveiro foi de 100 g. Após uma hora de contato com a água, os tratamentos RC1 C, RC1 V, RC2 C, RC2 V, RC3 C e RC3 V, compostos por rações peletizadas, apresentaram mais que o dobro de seu peso úmido. Nas horas 3 e 12, as rações continuaram a aumentar seu peso em relação ao valor inicial, atingindo o maior peso úmido de 246,60 g no tratamento RC2 C na hora 12. Por outro lado, as rações RC 4 C e RC 4 V, do tipo extrusada, registraram os menores valores de

peso úmido em todos os horários analisados. Ao comparar o peso inicial das rações com o peso final úmido em todos os tratamentos e horários, foi observada uma diferença significativa.

Após o processo de secagem, os tratamentos RC1 C e V, RC2 C e V, e RC3 C e V foram os que registraram a maior perda de peso, enquanto os tratamentos RC4 C e V foram os que apresentaram a menor redução de peso entre os tratamentos investigados.

Analisando o peso úmido da ração com o início do experimento foi observado diferença significativa em todos os tratamentos a partir da hora 1 em relação a hora 0.

Avaliando o peso seco da ração em relação ao início do experimento foi observado diferença significativa em todos os tratamentos para as horas 1, hora 3 e hora 12 em relação a hora 0, com exceção do tratamento RC4 C hora 1, que não apresentou diferença significativa.

Segundo Ali *et al.*, (2005), é essencial que os *pellets* das rações sejam suficientemente estáveis na água, uma vez que os camarões se alimentam submersos. Adicionalmente, devido à alimentação lenta dos camarões e à prática de carregar os *pellets* consigo, a estabilidade adequada é crucial. Caso os *pellets* não apresentem boa estabilidade, eles se desintegram mais rapidamente, resultando na deterioração da qualidade da água. Portanto, a estabilidade dos *pellets* na água é considerada um critério de qualidade fundamental para as rações de camarão, sendo desejável que permaneçam estáveis por 4-6 horas.

Argüello-Guevara & Molina-Poveda (2013) afirmam que a estabilidade da alimentação do camarão na água pode ser obtida por meio dos processos de extrusão ou peletização, desencadeando a atividade de gelatinização do amido, especialmente o de origem vegetal. Entretanto, caso a estabilidade na água seja inadequada, torna-se necessário incluir um agente ligante durante o processo de fabricação para reduzir a perda de matéria seca.

Farmanfarmaian *et al.*, (1982) conduziram um estudo que demonstrou de maneira conclusiva a elevada instabilidade e suscetibilidade à lixiviação do *pellet* de ração comercial. Em tanques simulando as condições de cultivo de *Macrobrachium*, mas sem a presença de animais, a perda de peso do *pellet* foi de aproximadamente 25% em 6 horas e 60% após 24 horas de imersão.

Os resultados expressos em percentuais do índice de permeabilidade e da taxa de lixiviação dos tratamentos na água controle e água do viveiro, nos intervalos de imersão de 1 hora, 3 horas e 12 horas, estão apresentados na Tabela 7. Ao analisar o índice de permeabilidade, observou-se que o tratamento com o menor índice foi o RC4 V na hora 1, registrando 80,3%, enquanto o tratamento com o maior índice foi o RC2 C na hora 12, com 146,6%.

Tabela 7. Resultados em percentual do índice de permeabilidade e taxa de lixiviação dos tratamentos após ficarem imersas na água nos intervalos de tempo hora 1, hora 3 e hora 12.

Tratamentos	Índice de permeabilidade (%)			Taxa de lixiviação (%)		
	Hora 1	Hora 3	Hora 12	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	103,97	111,27 ^a	121,43 ^{a,b}	13,97	23,20	23,00
RC2 C	119,33	131,47 ^a	146,60 ^{a,b}	15,33	19,00	19,67
RC3 C	119,00	129,77 ^a	135,60 ^{a,b}	24,50	18,53	18,53
RC4 C	80,30	88,40 ^a	89,93 ^{a,b}	10,47	21,77	22,10
RC1 V	100,30	104,70 ^a	111,20 ^{a,b}	27,57	22,60	23,17
RC2 V	127,70	126,13 ^a	139,43 ^{a,b}	16,90	18,90	19,73
RC3 V	127,40	130,47 ^a	138,27 ^{a,b}	16,60	18,47	18,60
RC4 V	83,970	83,13 ^a	87,83 ^{a,b}	19,57	21,60	22,37

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = hora1. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

Analisando os resultados de índice de permeabilidade (%), foi possível observar que ocorreu diferença significativa para todos os tratamentos entre a hora 3 e hora 12 em relação a hora 1.

Ao analisar o índice de permeabilidade entre as rações utilizadas no experimento, a ração RC4 que é uma ração extrusada, mostrou os menores percentuais nos horários analisados, tanto na água controle quanto na água do viveiro. Por outro lado, a ração RC2 que é uma ração peletizada, exibiu o maior índice de permeabilidade para ambos os tipos de água testados. Ao contrário da peletização, o processo de extrusão inclui um processo de cozimento em alta temperatura e pressão, em pouco tempo (5-10 segundos), este processo de cozimento em alta temperatura e curto tempo aumenta a resistência da ração e à sua degradação em água, ou seja, sua hidroestabilidade (Bortone, 2002).

Para taxa de lixiviação não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Quanto à taxa de lixiviação, o tratamento RC4 C hora 1 apresentou o menor percentual, registrando 10,47%, enquanto o tratamento RC3 C hora 1 mostrou a maior taxa de lixiviação, atingindo 24,5%. Obaldo *et al.*, (2002) destacam que a estabilidade dos *pellets* na água é um parâmetro crucial na fabricação de dietas para aquicultura, especialmente para rações de camarão. Essa estabilidade é definida como a capacidade de manter a integridade física do *pellet*, minimizando a desintegração e a lixiviação de nutrientes enquanto a ração está na água, até ser consumida pelo animal.

Carvalho & Nunes (2006), observaram que as menores taxas de lixiviação foram na primeira hora de imersão da ração na água e seus valores foram inferiores aos encontrados neste trabalho.

Gadiant & Schai (1994) observam que, apesar da maior estabilidade física dos alimentos extrusados, a lixiviação dos micronutrientes examinados tende a ser maior do que na ração peletizada. Isso pode ser atribuído ao fato de que a extrusão resulta em uma alimentação que absorve quantidades relativamente grandes de umidade quando imersa em água.

Os resultados referentes ao diâmetro em milímetros, comprimento em milímetros, peso em gramas de 150 *pellets* e umidade em percentual das rações utilizadas no experimento estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Resultados do diâmetro em milímetro, comprimento em milímetro, peso em g de 150 *pellets* e umidade em (%) das rações utilizadas no experimento.

Rações	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Peso (g) (150 <i>pellets</i>)	Umidade (%)
RC1	1,85	5,29	2,90	5,67
RC2	1,96 ^a	4,89	3,10	5,25
RC3	1,64 ^{ab}	4,40 ^{a,b}	2,24	5,39
RC4	1,81 ^{a,b,c}	3,32 ^{a,b,c}	1,62	6,37

Valores significativos, quando $p < 0,05$. a=RC1; b=RC2, c=RC3, d=RC4. RC1= ração comercial 1 peletizada; RC2= ração comercial 2 peletizada; RC3= ração comercial 3 peletizada; RC4= ração comercial 4 extrusada. Letras minúsculas significa comparativo na mesma coluna.

Ao analisar o parâmetro de diâmetro nos tratamentos, foi identificada diferença significativa entre os tratamentos RC2, RC3 e RC4 em relação ao tratamento RC1. Além disso, observou-se diferença significativa entre os tratamentos RC3 e RC4 em relação ao tratamento RC2. Uma diferença significativa também foi verificada entre o tratamento RC4 e o tratamento RC3. Analisando a forma física das rações utilizadas no experimento, observou-se que a ração RC3 apresentou o menor diâmetro, enquanto a ração RC2 apresentou o maior diâmetro.

Quanto ao comprimento dos tratamentos, não foi identificada diferença significativa entre os tratamentos RC1 e RC2. No entanto, foi verificada diferença entre os tratamentos RC3 e RC4 em relação aos tratamentos RC1 e RC2. Além disso, o tratamento RC4 e o tratamento RC3 se mostraram diferença significativa. Para o parâmetro de comprimento, a ração que apresentou o maior comprimento foi a RC1, enquanto a ração RC4 teve o menor comprimento.

Em relação ao peso (g) por *pellet*, foi observado que o tratamento RC4, uma ração extrusada, apresentou o menor peso em gramas por *pellet*. Isso sugere que essa característica pode diminuir a competição por alimentos entre os camarões, resultando em uma maior uniformidade durante a despesca. Por outro lado, o tratamento RC2, uma ração peletizada, apresentou o maior peso e, conseqüentemente, o menor número de *pellets*.

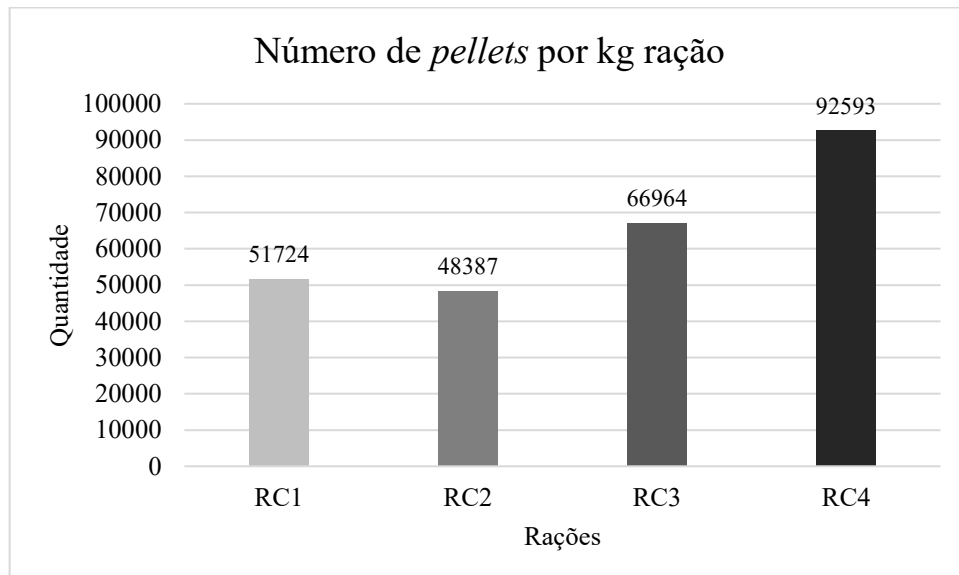
Na análise de umidade dos tratamentos não foi observado diferença significativa

em nenhum dos grupos analisados.

A umidade variou entre as rações, sendo a RC4 a que apresentou a maior umidade (6,37%) e a RC2 a que apresentou a menor (5,25%). Comparando com estudos anteriores, a umidade média encontrada neste trabalho foi inferior ao valor médio de 8,27% relatado por Silva (2016) em rações extrusadas. No entanto, os níveis de umidade observados neste estudo estão de acordo com as recomendações de Dirican (2015), que sugere que o nível de umidade em rações para organismos aquáticos deve ser inferior a 14% para evitar o risco de contaminação por aflatoxinas.

O gráfico 1 apresenta o número de *pellets* por quilograma de ração utilizado no experimento.

Gráfico 1. Número de *pellets* por kg de ração utilizados no experimento.

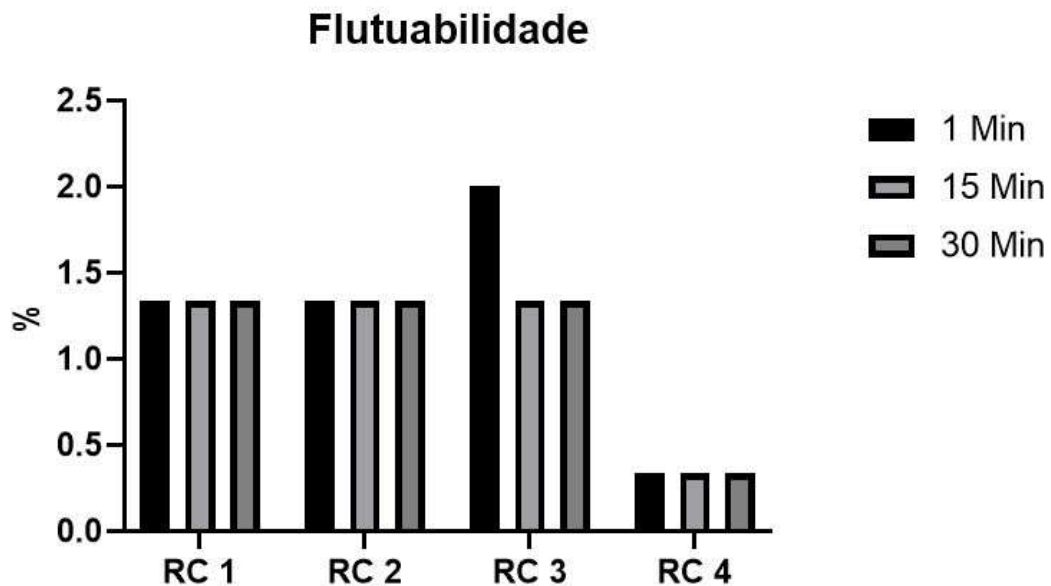


Ao examinar o número de *pellets* por quilograma de ração, observa-se que o tratamento RC4 registra o maior número, com uma média de 92.593 *pellets* por quilograma de ração. Em contraste, o tratamento RC2 apresenta o menor número de *pellets*, totalizando 48.387.

Pesquisas realizadas por Epa *et al.*, (2007) indicam que o desperdício de ração pode ser reduzido em até 19% ao fornecer o tamanho ideal de *pellets* adequado para um tamanho específico de camarão. Yuan *et al.*, (2021) sugerem que as rações destinadas a camarões devem ter comprimentos e diâmetros menores para otimizar o aproveitamento da ração.

O gráfico 2 apresenta a taxa de flutuabilidade das rações utilizadas no experimento.

Gráfico 2. Taxa de fluutuabilidade das rações utilizadas no experimento.



Não foram identificadas diferenças significativas entre as rações em relação ao parâmetro de fluutuabilidade. Ao analisar a taxa de fluutuabilidade das rações nos intervalos de 1, 15 e 30 minutos, observou-se que a ração RC4 apresentou consistentemente a menor fluutuabilidade em comparação com as demais rações utilizadas no experimento. Mesmo sendo uma ração extrusada, o que normalmente resulta em uma densidade que tende a proporcionar maior fluutuabilidade em comparação com rações peletizadas, o processo de fabricação não parece interferir na fluutuabilidade da ração RC4. Isso sugere que outros fatores podem influenciar mais significativamente a fluutuabilidade, independentemente do método de processamento.

Espinoza-Ortega *et al.*, (2024) destacam que o uso de rações extrusadas pode contribuir para a melhoria da qualidade da água, potencialmente reduzindo o impacto da poluição e aprimorando a sustentabilidade na carcinicultura. Gao *et al.*, (2019) relatam que o processo de extrusão, quando comparado à peletização, melhora a qualidade da ração devido a características como menor dureza, maior grau de gelatinização do amido, maior taxa de expansão, poros maiores dentro dos grânulos, melhor capacidade de digestão e absorção indicada por maior atividade enzimática digestiva e maior concentração total de aminoácidos livres no plasma. Além disso, esse estudo observou uma maior taxa de crescimento específico e eficiência alimentar para a carpa da espécie *Carassius gibelio*.

5.5 Análise de proteína e minerais das rações comerciais

As quantidades de proteínas nas rações empregadas no experimento estão detalhadas na Tabela 9. As concentrações de proteínas, expressas em g/100 g (%), para as frações RC1, RC2, RC3 e RC4 foram, respectivamente, 33,42 g/100 g (%), 31,29 g/100 g (%), 31,67 g/100 g (%) e 36,11 g/100 g (%).

Tabela 9. Resultados dos níveis de proteína em g/100 g (%) das rações, nos tratamentos antes e após imersão em água controle e água viveiro nos tempos 1 hora, 3 horas e 12 horas.

Tratamentos	Proteína g/100 g (%)			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	33,42	39,73 ^a	39,61 ^a	38,66 ^a
RC2 C	31,29	36,55 ^a	36,47 ^a	35,23 ^a
RC3 C	31,67	33,12 ^a	33,81 ^a	34,94 ^a
RC4 C	36,11	39,38 ^a	40,41 ^a	39,67 ^a
RC1 V	33,42	39,37 ^a	39,91 ^a	40,46 ^a
RC2 V	31,29	36,32 ^a	36,62 ^a	36,12 ^a
RC3 V	31,67	31,50 ^a	33,79 ^a	35,83 ^a
RC4 V	36,11	40,31 ^a	40,26 ^a	39,85 ^a

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a" = hora 0. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

Foi constatado que somente a ração RC4, no início do teste, apresentou níveis de proteína iguais ou superiores aos indicados no rótulo. Ao avaliar os níveis de proteína ao final da primeira hora de imersão da ração em água de baixa salinidade e água controle, notou-se que todas as rações aumentaram os níveis de proteína. No entanto, ao final das 12 horas de contato da ração com a água, os níveis estavam inferiores aos registrados na hora 1.

Para os níveis de proteína neste estudo, foi observada uma diferença significativa para todos os tratamentos entre as horas 1, 3 e 12 em relação ao início do experimento (hora 0). Ullman *et al.* (2019), ao utilizar rações extrusadas para camarão *P. vannamei*, também observaram aumento nos níveis de proteína bruta e lipídios brutos em todos os tratamentos lixiviados. Essa elevação pode ser atribuída à lixiviação de carboidratos solúveis da dieta. Em contraste, Carvalho e Nunes (2006), ao empregar rações peletizadas, observaram reduções de 5,51% e 1,37% para proteína bruta e lipídio bruto, respectivamente, após 8 horas de lixiviação.

Epa *et al.*, (2007) destacam que a maior perda de proteína ocorre na primeira hora de imersão, variando de 15,6% a 28,7%. A significativa lixiviação de proteínas pode ser atribuída à maior solubilidade de aminoácidos nos alimentos. Argüello-Guevara & Molina-

Poveda (2013) indicam que a perda de proteína é menor quando a fórmula inclui 50 g/kg de glúten de trigo e 50 g/kg de alginato de sódio, resultando em uma melhoria de aproximadamente 14% na estabilidade da ração.

Prado *et al.*, (2016), ao analisarem a lixiviação de aminoácidos em rações para camarão, observaram que esse processo reduz significativamente o conteúdo de aminoácidos na ração, independente da estrutura física da ração. Fox *et al.*, (2006) mostraram taxas de lixiviação de aminoácidos mais altas em água com salinidade de 0 g/L em comparação com água com 15 g/L ou 30 g/L. Obaldo *et al.* (2002) afirmam que temperaturas elevadas e baixas salinidades influenciam na lixiviação de ração para camarão, devido à menor concentração iônica que resulta em uma dissolução mais rápida dos nutrientes.

Os níveis de magnésio das rações, no início do experimento e após a imersão em água controle e água do viveiro nos períodos de 1 hora, 3 horas e 12 horas, são apresentados na Tabela 10. As concentrações iniciais de magnésio foram de 236,67 mg/100 g para a ração RC1, 555,06 mg/100 g para a ração RC2, 329,78 mg/100 g para a ração RC3 e 235,39 mg/100 g para a ração RC4. Não foi observada uma diminuição gradativa nas concentrações de magnésio entre o início do experimento e os horários de exposição das rações à água, contrariando a expectativa de uma redução gradual. Essa observação também foi compartilhada por Ullman *et al.* (2019) ao analisarem a lixiviação do mineral, não identificando um padrão consistente correspondente aos tempos de lixiviação. Uma diferença significativa foi verificada em todos os tratamentos apenas na hora 12 em relação à hora 1.

Tabela 10. Resultados do percentual de magnésio em mg/100 g nas rações, nos tratamentos antes e após imersão em água controle e água viveiro nos tempos 1 hora, 3 horas e 12 horas.

Tratamentos	Magnésio (mg/100 g)			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	236,67	280,15	276,28	119,71 ^b
RC2 C	555,06	398,75	424,65	531,60 ^b
RC3 C	329,78	349,79	271,35	341,10 ^b
RC4 C	235,39	552,04	235,92	117,90 ^b
RC1 V	236,67	224,17	276,05	238,90 ^b
RC2 V	555,06	612,46	486,91	417,83 ^b
RC3 V	329,78	386,95	356,95	149,67 ^b
RC4 V	235,39	364,84	347,58	228,22 ^b

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "b" = hora 1. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

Analisando os níveis de magnésio nas rações utilizadas no experimento, foi observado que teve diferença significativa apenas entre a hora 12 e hora 1, para todos os outros tratamentos não foi observado diferença significativa.

Panmei *et al.*, (2023) demonstraram que a suplementação dietética com quelato de aminoácidos de magnésio e citrato de magnésio em níveis de 2,38 g/Kg e 4,25 g/Kg, respectivamente, pode melhorar o desempenho de crescimento e mitigar o estresse de juvenis do camarão branco, *P. vannamei*. Jahan *et al.*, (2018) em seu trabalho afirma que a suplementação na ração de 150 mg/Kg de cloreto de magnésio (MgCl₂) melhora o crescimento de *P. vannamei*. Davis *et al.*, (2005) em seu trabalho observaram que a suplementação de magnésio na ração influencia principalmente na sobrevivência de pós-larvas de *P. vannamei* criados em água de baixa salinidade.

As quantidades de potássio nos tratamentos, tanto no início do experimento quanto após a imersão na água controle e na água do viveiro nos intervalos de 1 hora, 3 horas e 12 horas, estão apresentadas na Tabela 11. No início do experimento, as concentrações de potássio em mg/100 g nas rações RC1, RC2, RC3 e RC4 foram, respectivamente, 667,87; 645,59; 604 e 546,39. Observou-se uma diminuição nas concentrações de potássio ao longo do tempo, indicando que, à medida que as rações foram expostas à água, houve uma lixiviação do potássio para a água. Esse fenômeno resultou em concentrações menores de potássio nas rações, evidenciando o processo de lixiviação. O aumento das concentrações na água pode ser observado na Tabela 4 deste trabalho.

Tabela 11. Resultados do percentual de potássio em mg/100 g nas rações, nos tratamentos antes e após imersão em água controle e água viveiro nos tempos 1 hora, 3 horas e 12 horas.

Tratamentos	Potássio (mg/100 g)			
	Início	Hora 1	Hora 3	Hora 12
RC1 C	667,87	410,17 ^a	276,15 ^{a,b}	209,11 ^{a,b}
RC2 C	645,59	285,14 ^a	187,42 ^{a,b}	171,25 ^{a,b}
RC3 C	604,00	248,48 ^a	127,69 ^{a,b}	74,04 ^{a,b}
RC4 C	546,39	149,19 ^a	116,06 ^{a,b}	70,73 ^{a,b}
RC1 V	667,87	366,44 ^a	230,86 ^{a,b}	138,66 ^{a,b}
RC2 V	645,59	226,68 ^a	142,34 ^{a,b}	164,30 ^{a,b}
RC3 V	604,00	184,47 ^a	106,45 ^{a,b}	96,46 ^{a,b}
RC4 V	546,39	131,57 ^a	94,83 ^{a,b}	63,62 ^{a,b}

Valores significativos, quando $p < 0,05$. "a"= hora 0, "b" = hora 1. Letras minúsculas significa comparativo na mesma linha.

Foi identificada uma diferença significativa em todos os tratamentos a partir da hora

1 em comparação com a hora 0. Também foi observado diferença significativa entre as horas 3 e 12 em relação a hora 1.

Os resultados de potássio nos tratamentos, após a imersão em água, revelaram uma diminuição gradual nos níveis das rações desde o início até a hora 12, corroborando com os achados de Truong *et al.*, (2020). Neste estudo, foi observado que o potássio (K) foi o único mineral que teve uma redução significativa na estabilidade da água, diminuindo em 30% após 5 horas de imersão da ração em água. A dieta utilizada continha cloreto de potássio (KCl), que possui uma alta solubilidade de 272,6 g/L em água deionizada a 30 °C, superior à solubilidade do cloreto de sódio (NaCl), que foi de 265,5 g/L. A alta solubilidade e inclusão de KCl podem resultar em sua perda e desintegração do *pellet*, levando a uma baixa estabilidade da dieta.

Shiau & Hsieh *et al.*, (2001) destacam que a exigência mínima de potássio na dieta para o cultivo de *P. monodon* em água salobra deve ser de aproximadamente 1,2 mg/100 g de dieta. No experimento realizado, todos os tratamentos, desde o início até a hora 12, apresentaram níveis de potássio na ração acima desse valor.

Davis *et al.*, (2005), ao utilizar suplementação de potássio nas dietas de pós-larvas de *P. vannamei*, observaram impactos positivos, melhorando tanto a sobrevivência quanto o crescimento.

6 CONCLUSÃO

As concentrações de salinidade e condutividade elétrica registraram aumento durante a imersão em água das rações extrusadas e peletizadas, confirmando a ocorrência do processo de lixiviação das rações para a água. Esse fenômeno de lixiviação resultou na diminuição do pH da água e no aumento das concentrações de amônia e nitrito.

Apesar das rações utilizadas nesse experimento serem rações formuladas para ambientes de baixa salinidade, foi observada lixiviação dos minerais Potássio e Magnésio da ração para a água.

Os níveis de proteína ao término da primeira hora em comparação com o início do experimento apresentaram um aumento, possivelmente devido à maior solubilidade dos carboidratos presentes nas rações.

A ração extrusada demonstra benefícios em comparação com a ração peletizada. Isso se deve ao fato de que a ração extrusada possui um maior número de *pellets* por kg de ração, menor flutuabilidade, bem como apresentou índices reduzidos de permeabilidade e lixiviação.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; SVIHUS, B. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. **Animal Feed Science and Technology**. v. 179 p. 1–23, 2013.
- ABEROUMAND, A.; BAESI, F. Effects of vacuum packaging in freezer on oxidative spoilage indexes of fish *Lethrinus atkinsoni*. **Food Science Nutrition**. n. 8, p. 4145–4150, 2020.
- ACHUPALLAS, J. M., ZHOU, Y.; DAVIS, D. A. Pond production of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed grain distillers dried yeast. **Aquacult Nutr**, v. 22: p. 1222-1229, 2016. <https://doi.org/10.1111/anu.12359>
- ALI, S. A.; GOPAL, C.; RAMANA, J. V.; NAZER, A. R. Effect of different sources of starch and guar gum on aqua stability of shrimp feed pellets. **Indian J. Fish**. v. 52 (3). p. 301-305, July-Sep., 2005.
- ALVES NETO, Inácio. **Efeito do uso de diferentes concentrações de magnésio na água do cultivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em baixa salinidade com tecnologia de bioflocos**. 2018. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia. Rio Grande, RS. 2018. Disponível em: https://ppgaquicultura.furg.br/images/Dissertacoes/2018/Dissertacao_Inacio_Neto_2018.pdf. Acesso em: 24 jan. 2024.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. LIPPS, W. C.; BRAUN-HOWLAND, E. B.; BAXTER, T. E. Washington. 24th edition. 2023. p. 1624.
- AQUAFEED. **Nutrición y Rentabilidad del Alimento para Camarones: Comprenda la comparación**. 06 de Septiembre de 2019. Disponível em: <https://aquafeed.co/entrada/nutricion-y-rentabilidad-del-alimento-para-camarones--comprenda-la-comparacion-21083/>. Acesso em 23 jan 2024.
- ARGÜELLO-GUEVARA, W.; MOLINA-POVEDA, C. Effect of binder type and concentration on prepared feed stability, feed ingestion and digestibility of *Litopenaeus vannamei* broodstock diets. **Aquacult. Nutr**. v. 19. p. 515-522, 2013. <https://doi.org/10.1111/anu.12003>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO – ABCC. **Censo da Carcinicultura da região leste do Estado do Ceará 2020/2021**. Natal-RN, 2022. 110 p.
- ATWOOD, H. L.; YOUNG, S.; TOMAS, J. R. Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low-salinity and mixed-salt environments. **J. World Aquac. Soc**. v. 34, p. 518-523, 2003.
- AYISI, C. L.; HUA, X.; APRAKU, A.; AFRIYIE, G.; KYEI, B. A. Recent Studies Toward the Development of Practical Diets for Shrimp and Their Nutritional Requirements. **HAYATI**

Journal of Biosciences. v. 24. p. 109-117, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.09.004>

BORTONE, E. **Considerations for Pelleting for Aquaculture. Feed Pelleting Reference Guide Section 4: Ingredient Considerations Chapter 18: Considerations for Aquaculture.**

Disponível em:

https://img.feedstrategy.com/files/base/wattglobalmedia/all/image/static/feedstrategy/feed-pelleting-reference-guide/4-18_Considerations_for_aquaculture.pdf. Acesso em: 29 jan. 2024.

BORTONE, E. **Interacción de ingredientes y procesos em la producción de alimentos hidroestables para camarones.** In: CRUZ-SUAREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIASALAZAR, M.; GAXIOLA-CORTES, M. G.; SIMOES, N. Avances em Nutrição Aquícola VI. Memórias Del VI Simposium Internacional de Nutrição Aquícola. 3 al 6 de Septiembre Del 2002. Cancún, Quintana Roo, México. P. 407-437. 2002.

BOYD, C. E. Inland shrimp farming and the environment. **World Aquaculture**. v. 32(1). p. 10-12, 2001.

BRAY, W. A.; LAWRENCE, A. L.; LEUNG-TRUJILLO, J. R. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHNV virus and salinity. **Aquaculture** 122, 133 – 146. 1994.

BURFORD. M. A.; WILLIAMS, K. C. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. **Aquaculture**. v. 198. p. 79–93, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00589-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00589-5)

CARMEN, PÉREZ-CERVERA; MARLON, ALEÁN-TUIRÁN; LUZ, MARTÍNEZ-NAVARRO; MARÍA, TAVERA-QUIROZ; RICARDO, ANDRADE-PIZARRO. Influence of pre-treatment and drying process of the shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exoskeleton for balanced feed production. **Heliyon**. v. 9, 2023. e16712. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16712>.

CARVALHO, E. A.; NUNES, A. J. P. Effects of feeding frequency on feed leaching loss and grow-out patterns of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed under a diurnal feeding regime in pond enclosures. **Aquaculture**. v. 252. p. 494 – 502, 2006.

CARVALHO, R. A. P. L. F.; OTA, R. H.; KADRY, V. O.; TACON, A. G. J.; LEMOS, D. Apparent digestibility of protein, energy and amino acids of six protein sources included at three levels in diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in high performance conditions. **Aquaculture**. v. 465. p. 223–234, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.010>

CHAN, H. L.; CAI, J.; LEUNG, P. Aquaculture production and diversification: What causes what?. **Aquaculture**. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740626>.

CHEN, Y.; MITRA, A.; RAHIMNEJAD, S.; CHI, S.; KUMAR, V.; TAN, B.; NIU, J.; XIE, S. Retrospect of fish meal substitution in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feed: Alternatives, limitations and future prospects. **Rev. Aquac.** v.16(1): p.382-409, 2024. doi:10.1111/raq.12843

CHEN, YU-YUAN; CHEN, JIANN-CHU; TSENG, KUEI-CHI; LIN, YONG-CHIN; HUANG, CHIEN-LUN. Activation of immunity, immune response, antioxidant ability, and

- resistance against *Vibrio alginolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei* decrease under long-term culture at low pH. **Fish & Shellfish Immunology**. v. 46. p. 192-199, 2015.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.055>
- CHENG, K. M.; HU, C. Q.; LIU, Y. N.; ZHENG, S. X.; QI, X. J. Dietary magnesium requirement and physiological responses of mar-ine shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. **Aquaculture Nutrition**, v.11: p. 385–393, 2005.
- CIAN, R. E.; BACCHETTA, C.; CAZENAVE, J.; DRAGO, S. R. Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. **Animal Feed Science and Technology**. v. 240. p. 78–87. 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.016>
- COSTELLO, C.; CAO, L.; GELCICH, S.; CISNEROS-MATA, M. Á.; FREE, C. M.; FROEHLICH, H. E.; GOLDEN, C. D.; ISHIMURA, G.; MAIER, J.; MACADAM-SOMER, I.; MANGIN, T.; MELNYCHUK, M. C.; MIYAHARA, M.; MOOR, C. L.; NAYLOR, R.; NØSTBAKKEN, L.; OJEA, E.; O'REILLY, E.; PARMA, A. M.; PLANTINGA, A. J.; THILSTED, S. H.; LUBCHENCO, J. The future of food from the sea. **Nature**. v. 588, p. 95–100 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>
- CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**. v. 235 p.513 – 551, 2004.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.022>
- DAVIS, D. A., SAOUD, I. P., MCGRAW, W. J., ROUSE, D. B. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: CRUZ-SUÁREZ, L. E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; GAXIOLA-CORTÉS, M. G.; SIMOES, N. (EDS.). **Avances en Nutrición Acuícola**. VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México. 2002.
- DAVIS, D. A.; BOYD, C. E.; ROUSE, D. B. Effects of Potassium, Magnesium and Age on Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* Post-Larvae Reared in Inland Low Salinity Well Waters in West Alabama. **JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY**. v. 36, No. 3 September 2005.
- DIRICAN, S. A review of effects of aflatoxins in aquaculture. **Applied Research Journal**, v. 1, p. 192-196, 2015.
- DUAN, Y.; XING, Y.; ZHU, X.; LI, H.; WANG, Y.; NAN, Y. Integration of transcriptomic and metabolomic reveals carbonate alkalinity stress responses in the hepatopancreas of *Litopenaeus vannamei*. **Aquatic Toxicology**. v. 260. 106569. 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106569>
- DUAN, Y.; NAN, Y.; ZHU, X.; YANG, Y.; XING, Y. The adverse impacts of ammonia stress on the homeostasis of intestinal health in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Environmental Pollution**, v. 340, artigo 122762. 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122762>
- EL-NABYA, A. S. A.; KHATTABYB, A. EL-R. A.; SAMIRA, F.; AWADC, S. M. M.; ABDEL-TAWWABD, M. Stimulatory effect of dietary butyrate on growth, imune response,

and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* against *Aeromonas hydrophila* infection. **Animal Feed Science and Technology**. n. 254, 2019.

ENCARNAÇÃO, P. Functional feed additives in aquaculture feeds. **Aquafeed Formulation**. p. 217–237, 2016. doi:10.1016/B978-0-12-800873-7.00005-1

EPA, U. P. K.; WIJEYARATNE, M. J. S.; DE SILVA, S. S. A Comparison of Proximate Composition and Water Stability of Three Selected Shrimp Feeds Used in Sri Lanka. **Asian Fisheries Science**. v. 20. p. 7-22, 2007.

ESPINOZA-ORTEGA, M.; MOLINA-POVEDA, C.; JOVER-CERDÁ, M.; CIVERA-CERECEDO, R. Effect of feeding frequency on water quality and growth of *Litopenaeus vannamei* fed extruded and pelleted diets. **Aquaculture International**. v. 32. p. 413–429, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01166-9>

FALK, D. Pelleting cost centre. In: Mcellhiney, R.R. (Ed.), **Feed Manufacturing Technology III**. American Feed Manufacturers Association, Arlington, pp. 167–190., 1985.

FAO. 2022. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

FARFANTE, I. P. Illustrated Key to Penaeoid Shrimps of Commerce in the Americas. **NOAA/National Marine Fisheries Service**. 1988. 64: p. 1–32. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1834/20545>. Acesso em: 29 jan. 2024.

FARMANFARMAIAN, A.; LAUTERIO, T.; IBE, M. Improvement Of The Stability Of Commercial Feed Pellets For The Giant Shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*). **Aquaculture**. v. 27 p. 29-41, 1982.

FONSECA, C. S.; MENDONÇA, C. **Manual de Boas Práticas de Manejo e de Biossegurança para a Carcinicultura Brasileira**. Natal, 2021. 127. Disponível em: <https://abccam.com.br/2021/09/manual-de-boas-praticas-de-manejo-e-de-biosseguranca-para-a-carcinicultura-brasileira-junho-2021/> acesso em 29 jan. 2024

FOX, J. M.; DAVIS, D. A.; WILSON, M.; LAWRENCE, A. L. 2006. **Current Status of Amino Acid Requirement Research with Marine Penaeid Shrimp**. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII .VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15-17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. ISBN 970-694-333-5.

FRANCALOSSO, Deborah Machado.; CYRINO, José Eurico Possebon. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1ª edição ampliada – Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. xxiii, 375p.

FRIEDEN, EARL. **Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements**. Earl Frieden. V. 3. Florida: Springer, 1984. 433 p.

GADIANT, M.; SCHAI, E. Leaching of various vitamins from shrimp feed. **Aquaculture**. v.

124 p. 201-205, 1994.

GALKANDA-ARACHCHIGE H. S. C.; ROY, L. A.; DAVIS, D. A. The effects of magnesium concentration in low-salinity water on growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquac Res.** v. 52. p. 589–597, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.14916>

GAO, S.; JIN, J.; LIU, H.; HAN, D.; ZHU, X.; YANG, Y.; XIE, S. Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. CAS V). **Aquaculture.** v. 511. 2019. 734236. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734236>

GARLOCK, T.; ASCHE, F.; ANDERSON, J.; BJØRNDAL, T.; KUMAR, G.; LORENZEN, K.; ROPICKI, A.; SMITH, M. D.; TVETERÅS, R. A Global Blue Revolution: Aquaculture Growth Across Regions, Species, and Countries. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture.** p. 1-10, 2019. DOI: 10.1080/23308249.2019.1678111

GARLOCK, T.; ASCHE, F.; ANDERSON, J.; CEBALLOS-CONCHA, A.; LOVE, D. C.; OSMUNDTSEN, T. C.; PINCINATO, R. B. M. Aquaculture: The missing contributor in the food security agenda. **Global Food Security.** v.32 100620. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100620>

GEPHART, J. A.; GOLDEN, C. D.; ASCHE, F.; BELTON, B.; BRUGERE, C.; FROEHLICH, H. E.; FRY, J. P.; HALPERN, B. S.; HICKS, CH. C.; JONES, R. C.; KLINGER, D. H.; LITTLE, D. C.; MCCAULEY, D. J.; THILSTED, S. H.; TROELL, M.; ALLISON, E. H. Scenarios for Global Aquaculture and Its Role in Human Nutrition. **Reviews In Fisheries Science & Aquaculture.** V. 29, NO. 1, p. 122–138, 2021. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1782342>

GONG, H.; JIANG, D.H.; LIGHTNER, D. V.; COLLINS, C.; BROCK, D. A dietary modification approach to improve the osmoregulatory capacity of *Litopenaeus vannamei* cultured in the Arizona desert. **Aquaculture Nutrition.** v. 10. p. 227–236. 2004. doi:10.1111/j.1365-2095.2004.00294.x

HAAGEN, I.; BLACKBURN, H. Efforts to cryopreserve shrimp (Penaeid) genetic resources and the potential for a shrimp germplasm bank in the United States. **Aquaculture,** v. 580, artigo 740298, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740298>

HELUY, G. M.; SOUZA, D. L.; SILVA, M. A.; FONTE, D. R. S.; LUDKE, M. C. M. M.; SANTOS, J. F. Avaliação da Qualidade Física e Bromatológica de uma Ração para Camarões, Repeletizada e com a Inclusão de Aditivos. **Revista da ABCC Associação Brasileira de Criadores de Camarão.** Ano XXIV N° 3, p.81 novembro 2022

HIBBELN, J. R.; SPILLER, P.; BRENNAN, J. T.; GOLDING, J.; HOLUB, B. J.; HARRIS, W. S.; KRIS-ETHERTON, P.; LANDS, B.; CONNOR, S. L.; MYERS, G.; STRAIN, J. J. Relationships between seafood consumption during pregnancy and childhood and neurocognitive development: two systematic reviews. **Prostagl. Leukot. Essent. Fat. Acids.** v.151. pp. 14-36, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2019.10.002>

HUAI, M. -Y.; TIAN, L. -X.; LIU, Y. -J.; XU, A. -L.; LIANG, G. -Y.; YANG, H. -J. Quantitative dietary threonine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus*

vannamei (Boone) reared in low-salinity water. **Aquaculture Research**, v.40: p. 904-914, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02181.x>

HUANG, F.; WANG, L.; ZHANG, C.; SONG, K. Replacement of fishmeal with soybean meal and mineral supplements in diets of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. **Aquaculture**. v. 473. p. 172–180, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.02.011>

HURTADO, M. A.; RACOTTA, I. S.; ARJONA, O.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; GOYTORTÚA, E.; CIVERA, R.; PALACIOS, E. Effect of hypo- and hyper-saline conditions on osmolarity and fatty acid composition of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) fed low- and high-HUFA diets. **Aquaculture Research**, 37: 1316-1326. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01568.x>

IBGE (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção da Pecuária Municipal 2022**. Rio de Janeiro, v. 50, p.1-12, 2022. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2022_v50_br_informativo.pdf. Acesso em: 28 jan. 2024

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

JAHAN, I.; REDDY, A. K.; SUDHAGAR, S. A.; HARIKRISHNA, V.; SINGH, S.; VARGHESE, T.; SRIVASTAVA, P. P. The effect of fortification of potassium and magnesium in the diet and culture water on growth, survival and osmoregulation of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in inland ground saline water. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v.18. p. 1235-1243. 2018. ISSN: 1303-2712. DOI: 10.4194/1303-2712-v18_10_10.

JANA, P.; SAHU, N. P.; SARDAR, P.; SHAMNA, N.; VARGHESE, T.; DEO, A. D.; HARIKRISHNA, V.; PAUL, M.; PANMEI, H.; GUPTA, G.; NANDA, C.; KRISHNA, G. Dietary protein requirement of white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) juveniles, reared in inland ground water of medium salinity. **Aquaculture Research**. v.52: p.2501-2517, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.15100>

KATHYAYANI, S. A.; POORNIMA, M.; SUKUMARAN, S.; NAGAVEL, A.; MURALIDHAR, M. Effect of ammonia stress on immune variables of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* under varying levels of pH and susceptibility to white spot. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v. 184 109626. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109626>

KOBAYASHI, M.; MSANGI, S.; BATKA, M.; VANNUCCINI, S.; DEY, M. M.; ANDERSON, J. L. Fish to 2030: The Role and Opportunity for Aquaculture. **Aquaculture Economics & Management**. v. 19:3, p. 282-300, 2015. DOI: 10.1080/13657305.2015.994240

LEKANG, O. I. Feeding equipment. **Feed and Feeding Practices in Aquaculture**. p. 349–368, 2015. doi:10.1016/B978-0-08-100506-4.00014-3

LI, E.; WANG, X.; CHEN, K.; XU, C.; QIN, J.G.; CHEN, L. Physiological change and

nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. **Reviews in Aquaculture**, v. 9: p. 57-75, 2017. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>

LIU, H.; ZHANG, X.; TAN, B.; LIN, Y.; CHI, S.; DONG, X.; YANG, Q. Effect of dietary potassium on growth, nitrogen metabolism, osmoregulation and immunity of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in low salinity seawater. **J. Ocean Univ. China**, v.13, pp. 311-320, 2014. DOI 10.1007/s11802-014-2118-3

LIMA, J. C.; NERY, I. B. Q.; NUNES, C. A. R.; PEREIRA, C. M.; SANTOS, J.; TAVECHIO, W. L. G.; MACEDO, C. F. Desempenho do camarão *litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) cultivado em diferentes densidades em água oligohalina. **Rev. Bras. Eng. Pesca** 9(2): 19-29, 2016.

LOBATO, R. de O.; CRUZ, L. C.; TAVARES, P. B.; WASIELESKY, W.; MACIEL, F. E.; VENTURA-LIMA, JULIANE. Influence of physicochemical parameters on *Litopenaeus vannamei* survival. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. v.15(2): p. 74-80. 2020.

MACIEL, Júlio Cesar. **Restrição alimentar na criação do *Litopenaeus vannamei* em sistemas de recirculação e de bioflocos**. 2018. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Belo Horizonte/MG, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BC2GBN/1/tese_julio_vers_o_final_impress_o.pdf. Acesso em: 27 jan. 2014.

MAGALHÃES, G. Peletização x Extrusão. Disponível em: <https://www.editorastilo.com.br/artigos-colunistas/peletizacao-x-extrusao-2/>. Acesso em: 27 jan. 2024

MASAGOUNDER, K.; RAMOS, S.; REIMANN, I.; CHANNARAYAPATNA, G. Optimizing nutritional quality of aquafeeds. **Aquafeed Formulation**. p. 239-264, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800873-7.00006-3>

MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; GUCIĆ, M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; CIVERA-CERECEDO, R.; RICQUE-MARIE, D.; CORTÉS-JACINTO, E. Dry matter, protein, and energy digestibility of diets for juvenile Pacific white leg shrimps (*Litopenaeus vannamei*) reared at different salinity levels. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51:8, e20190636, 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190636>

MOHAN, D.; MENTE, A.; DEHGHAN, M.; RANGARAJAN, S.; O'DONNELL, M.; HU, W.; DAGENAIS, G.; WIELGOSZ, A.; LEAR, S.; WEI, L.; DIAZ, R.; AVEZUM, A.; LOPEZ-JARAMILLO, P.; LANAS, F.; SWAMINATHAN, S.; KAUR, M.; VIJAYAKUMAR, K.; MOHAN, V.; GUPTA, R.; SZUBA, A.; IQBAL, R.; YUSUF, R.; MOHAMMADIFARD, N.; KHATIB, R.; YUSOFF, K.; GULEC, S.; ROSENGREN, A.; YUSUFALI, A.; WENTZEL-VILJOEN, E.; CHIFAMBA, J.; DANS, A.; ALHABIB, K.F.; YEATES, K.; TEO, K.; GERSTEIN, H. C.; YUSUF, S.; PURE; ONTARGET; TRANSCEND; ORIGIN. Associations of Fish Consumption With Risk of Cardiovascular Disease and Mortality Among Individuals With or Without Vascular Disease From 58 Countries. **JAMA Intern Med**. May 1; v. 181(5): p. 631-649. 2021. doi: 10.1001/jamainternmed.2021.0036. Erratum in: *JAMA Intern Med*. 2021 May 1;181(5):727. PMID: 33683310; PMCID: PMC7941252.

MORO, GIOVANNI VITTI. **Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de**

processamento/ Giovanni Vitti Moro - Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura. 32 p. 2015.

MOTIKAWA, Sandra. **Digestibilidade proteica de rações comerciais para o camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (1967): avaliação por métodos *in vivo* e *in vitro*.** 2006. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo/SP, 2006. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21131/tde-30102006-171913/publico/dissert_sandra_motikawa.pdf. Acesso em: 27 jan. 2024.

MOURA, Plácido Soares de. **Aprimoramento do cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em águas oligohalinas dominadas por bioflocos.** 2020. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Rio Grande/RS, 2020. Disponível em: <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/3baffa4c29b41a6a065ffc40042cf7f8.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024

NISSA, M. U.; PINTO, N.; PARKAR, H.; GOSWAMI, M.; SRIVASTAVA, S. Proteomics in fisheries and aquaculture: An approach for food security. **Food Control.** v.127. 108125. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108125>

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; BROWDY, C. L.; VAZQUEZ-ANON, M. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture.** v. 431. p. 20 - 27, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.003>

NUNES, A. J. P.; DALEN, L. L.; LEONARDI, G.; BURRI, L. Developing sustainable, cost-effective and high-performance shrimp feed formulations containing low fish meal levels. **Aquaculture Reports.** v. 27. 101422. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101422>

OBALDO, L. G.; S. DIVAKARAN; A. G. TACON. Method for determinating the physical stability of shrimp feeds in water. **Aquaculture Research.** v. 33. p. 369-377, 2002.

PAN, LU-QING; LUAN, ZHI-HUA; JIN, CAI-XIA. Effects of Na⁺/K⁺ and Mg²⁺/Ca²⁺ ratios in saline groundwaters on Na⁺-K⁺-ATPase activity, survival and growth of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae. **Aquaculture.** v. 261. p. 1396 – 1402, 2006. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.09.031

PANMEI, H.; JANA, P.; VARGHESE, T.; NATHANIEL, P. T.; CHADHA, N. K.; KRISHNA, G.; PAILAN, G. H.; DASGUPTA, S. Dietary magnesium chelate alleviates oxidative stress and improves growth in white-leg shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone, 1931), reared in inland saline water. **Animal Feed Science and Technology.** v. 303. 115692. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115692>

PANTE, J. R. **Influence of Environmental Stress on the Heri-tability of Molting Frequency and Growth Rate of the Penaeid Shrimp, *Penaeus Vannamei*.** University of Houston-ClearLake, Houston, TX. 95p. 1990.

PASTORE, S. C. G.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. Formulação de Rações e Boas Práticas de Fabricação. In: FRACALOSSO, D.M. e CYRINO, J.E.P. (Eds.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.** 1ª ed. ampliada. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. cap.16, p. 295-345.

PESSÔA, M. N. C.; VIDAL, J. M. A.; SILVA, U. L.; MENDES, P. P. Marine shrimp cultivated at different densities and feeding regimens in oligohaline waters. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 700 –708, jul. –set., 2016.

PIMENTEL, Otávio Augusto Lacerda Ferreira. **Efeito do ajuste iônico em água oligohalina sobre o desempenho zootécnico do *Litopenaeus vannamei* e razões estequiométricas (c:n:p) do séston na fase de berçário**. 2021. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, 2021. Disponível em:
http://www.pgpa.ufrpe.br/sites/ww2.pgpa.ufrpe.br/files/documentos/otavio_augusto_-_dissertacao_versao_final.pdf. Acesso em: 27 jan. 2024.

POTRICH, F. R.; SIGNOR, A. A.; DIETERICH, T. G.; NEU, D. H.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. Estabilidade e lixiviação de nutrientes com rações de diferentes níveis protéicos. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v.4, n.3, p.77-87, 2011.

PRADO, J. P. S.; CAVALHEIRO, J. M. O.; CAVALHEIRO, T. B.; DA SILVA, F. V. G. Degradation of amino acids by leaching in feeds for shrimp. **Gaia Scientia**. v. 10(4). p. 361-371, 2016. <http://dx.doi.org/10.21707/gaia.v10.n04a29>

RAMESH, P.; JASMIN, A.; TANVEER, M.; GANESHAN. P.; RAJENDRAN, K.; KAMILYA, D.; BRINDHADEVI, K. Environmental impacts and effects on greenhouse gas emissions in shrimp feed production system for aquaculture – A case study in India. **Environmental Research**. V. 241, artigo 117348, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117348>

RIGOS, G.; ALEXIS. M.; NENGAS, I. Leaching, palatability and digestibility of oxytetracycline and oxolinic acid included in diets fed to seabass *Dicentrarchus labrax* L. **Aquaculture Research**. v. 30. p. 841–847. 1999.

ROY, L. A.; DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; HENRY, R. P. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. **Aquaculture**. v. 262, p. 461 – 469, 2007. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.10.011

ROY, L. A.; BORDINHON, A.; SOOKYING, D.; DAVIS, D. A.; BROWN, T. W.; WHITIS, G.N. Demonstration of alternative feeds for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters of west Alabama. **Aquaculture Research**. v.40, p. 496-503, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02124.x>

ROY, L. A.; DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; BOYD, C. A.; PINE, H. J.; BOYD, C. E. Shrimp culture in inland low salinity waters. **Reviews in Aquaculture**, v. 2, p. 191-208, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>

SÁ, Marcelo. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**/ Marcelo Sá. – 2. Ed. Ver. E ampl. – São Paulo: Blucher, 2023. 346 p.

SÁ, Marcelo Vinicius Do Carmo E. **Manual de práticas laboratoriais em limnocultura (água e Solo)**/ Marcelo Vinicius do Carmo e Sá. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. 56 p.

SÁ, Marcelo V. C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**/ Marcelo V. C. Sá. – Fortaleza: Edições UFC, 2012. 218 p.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; RENTERIA, P.; VIZCAINO, A.; BARROSO, F. G. Innovative protein sources in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feeding. **Reviews in Aquaculture**. v.12: p.186-203, 2020. <https://doi.org/10.1111/raq.12312>

SAOUD, I. P.; DAVIS, D. A.; ROUSE, D. B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture**. v.217 p.373 – 383. 2003.

SHIAU, SHI-YEN; HSIEH, JIA-FEN. Dietary potassium requirement of juvenile grass shrimp *Penaeus monodon*. **FISHERIES SCIENCE**. v. 67. p. 592–595, 2001.

SILVA, Raimundo Nonato Gomes Da. **Avaliação da farinha de glúten de trigo como aglutinante natural em dietas para alimentação de juvenis do camarão branco *Litopenaeus vannamei* cultivados em água verde**. 2016. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/27071/1/2016_dis_rngdasilva.pdf. Acesso em: 20 jan. 2024.

SIMON, C. J.; TRUONG, H.; HABILAY, N.; HINES, B. Feeding Behaviour and Bioavailability of Essential Amino Acids in Shrimp *Penaeus monodon* Fed Fresh and Leached Fishmeal and Fishmeal-Free Diets. **Animals**. 11, 847. 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11030847>

SOARES, R.; PEIXOTO, S.; DAVIS, R. P.; DAVIS, D. A. Feeding behavior and growth of *Litopenaeus vannamei* fed soybean-based diets with added feeding effectors. **Aquaculture**. v. 536. 736487. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736487>

SOARES SOARES JÚNIOR, M.; CALIARI, M.; KIL CHANG, Y. Substituição de farelo de soja por soja integral em rações extrusadas para aquicultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos Goiânia, Brasil. vol. 34, núm. 1, pp. 29-37, 2004.

SOBRINHO, David Capistrano. **Estudo do crescimento, estabilidade física, química e termogravimétrica com rações para camarão marinho *Litopenaeus Vannamei***. 2011. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. João Pessoa/ PB, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/4011/1/arquivototal.pdf>. Acesso em 27 jan. 2024.

SONG, Z.; LI, K.; LI, K. Integrated characterizations of intestinal bacteria and transcriptomics revealed the acute stress response to carbonate alkalinity in white shrimp *Penaeus vannamei*. **Fish and Shellfish Immunology**. Fev. 109420. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109420>.

SORENSEN, M; STJEPANOVIC, N.; ROMARHEIM, O. H.; KREKLING, T.; STOREBAKKEN, T. Soybean meal improves the physical quality of extruded fish feed.

Animal Feed Science and Technology. v. 149, Issues 1–2, 2 March, p. 149-161, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.016>

TACON, A. G. J. Trends in Global Aquaculture and Aquafeed Production: 2000–2017. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture.** p.1–14, 2019. doi:10.1080/23308249.2019.1649634

TALUKDAR, A.; DHARMENDRA DEO, A.; PRASAD SAHU, N.; SARDAR, P.; AKLAKUR, M.; HARIKRISHNA, V.; PRAKASH, S.; SHAMNA, N.; JANA, P. Effects of different levels of dietary protein on the growth performance, nutrient utilization, digestive enzymes and physiological status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* juveniles reared in inland saline water. **Aquacult. Nutr.** v.27: p.77–90, 2021. <https://doi.org/10.1111/anu.13166>.

TRUONG, H. H.; MOSS, A. F.; BOURNE, N. A.; SIMON, C. J. Determining the Importance of Macro and Trace Dietary Minerals on Growth and Nutrient Retention in Juvenile *Penaeus monodon*. **Animals.** v.10. 2086. 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10112086>.

TRUONG, H. H.; HINES, B. M.; EMERENCIANO, M. G.; BLYTH, D.; BERRY, S.; NOBLE, T. H.; BOURNE, N. A.; WADE, N.; ROMBENSO, A. N.; SIMON, C. J. Mineral nutrition in penaeid shrimp. **Reviews in Aquaculture.** v. 15(4): p. 1355-1373, 2023. doi:10.1111/raq.12780

ULLMAN, C.; RHODES, M. A.; DAVIS, D. A. The effects of feed leaching on the growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a green-water tank system. **Aquac Res.** v. 50. p. 3074–3077, 2019. <https://doi.org/10.1111/are.14237>

VALENÇA, A. R.; MENDES, G. N. Cultivo de *Litopenaeus vannamei*: Água doce ou oligohalina? **Panorama da Aquicultura**, Edição 78, Agosto 2003. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/Cultivo-de-litopenaeus-vannamei-agua-doce-ou-oligohalina>. Acesso em: 26 jan. 2003.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports.** v.19, 2021. 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>

WATSON, A. M.; BARROWS, F. T.; PLACE, A. R. Leaching of taurine from commercial type aquaculture feeds. **Aquaculture Research.** v. 46. p. 1510–1517. 2015. doi:10.1111/are.12309.

YUAN, Y.; LAWRENCE, A. L.; CHEHADE, S. B.; JENSEN, K. E.; BARRY, R. J.; FOWLER, L. A.; MAKOWSKY, R.; POWELL, M. L.; WATTS, S. A. Feed intake as an estimation of attractability in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture.** v. 532. 2021. 736041. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736041>