



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG**  
**INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**



**EFEITOS DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARCIAL NO CULTIVO DO  
CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA  
SIMBIÓTICO**

Genes Fernando Gonçalves Junior

**RIO GRANDE-RS**  
**2023**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA

**EFEITOS DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARCIAL NO CULTIVO DO  
CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA  
SIMBIÓTICO**

Discente: Genes Fernando Gonçalves Junior

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Kipper Fóes

Co-Orientador: Prof. Dr. Dariano Krummenauer

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

**RIO GRANDE-RS**

**2023**

### Ficha Catalográfica

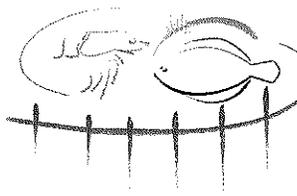
G635e Gonçalves Junior, Genes Fernando.  
Efeitos da restrição alimentar parcial no cultivo do camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei* em sistema simbiótico / Genes Fernando Gonçalves Junior. – 2023.  
45 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS, 2023.  
Orientador: Dr. Geraldo Kipper Fóes.  
Coorientador: Dr. Dariano Krummenauer.

1. Carcinocultura 2. Camarão marinho 3. Restrição alimentar  
4. Crescimento compensatório 5. Simbióticos I. Fóes, Geraldo Kipper  
II. Krummenauer, Dariano III. Título.

CDU 639.3

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Rúbia Gattelli CRB 10/1731

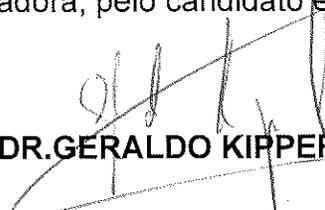


Pós Graduação em  
**AQUICULTURA**  
Universidade Federal do Rio Grande - FURG

ATA 01/2023

DE DEFESA DA 216ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA

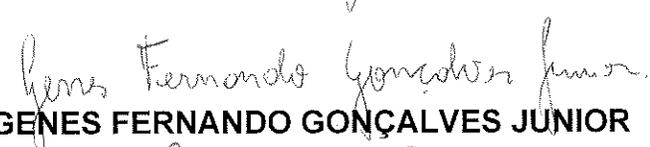
No dia dezessete e dois de fevereiro de dois mil e vinte e três, às oito horas e trinta minutos, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, do **GENES FERNANDO GONÇALVES JUNIOR**, orientada pelo Prof. Dr. Geraldo Kipper Fôes composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Geraldo Kipper Fôes (orientador – IO/FURG), Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior (IO/FURG) e o Prof. Dr. Luis Otávio Brito da Silva (UFRPE). Título da dissertação: **“EFEITOS DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARCIAL NO CULTIVO DO CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA SIMBIÓTICO.”** Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues, passou a presidência da sessão ao Prof. Dr. Geraldo Kipper Fôes, que na qualidade de orientador, passou a palavra para o candidato apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e o candidato, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador em Exercício. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. O candidato **GENES FERNANDO GONÇALVES JUNIOR** foi considerado **APROVADO**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador do PPGAq.

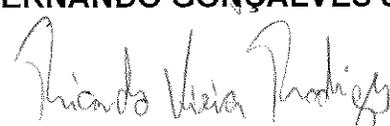
  
PROF. DR. GERALDO KIPPER FÔES (ORIENTADOR – IO/FURG)

PROF. DR. LUIS OTÁVIO BRITO DA SILVA (UFRPE)

Documento assinado digitalmente  
gov.br  
LUIS OTAVIO BRITO DA SILVA  
Data: 17/02/2023 11:35:01-0300  
Verifique em <https://verificador.itu.br>

  
PROF. DR. WILSON WASIELESKY JUNIOR (IO/FURG)

  
GENES FERNANDO GONÇALVES JUNIOR

  
PROF. DR. RICARDO VIEIRA RODRIGUES (Coordenador do PPGAq)

## SUMÁRIO

1.	<b>DEDICATÓRIA</b> .....	VI
2.	<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	VII
3.	<b>RESUMO</b> .....	VIII
4.	<b>ABSTRACT</b> .....	IX
5.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
6.	<b>OBJETIVOS</b> .....	11
6.1.	Objetivo Geral .....	11
6.2.	Objetivo Específico .....	11
7.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	12
8.	<b>RESULTADOS</b> .....	18
9.	<b>DISCUSSÃO</b> .....	27
10.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	35
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico aos meus pais Genes Gonçalves e Rawilsean Gonçalves.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por mais uma jornada concluída. Adiante, por entender que dessa vez eu estive totalmente fora da zona de conforto, longe da família, sob baixas temperaturas (sem menor afinidade) e com o desafio de produzir camarão no extremo sul do Brasil, reconheço com muita humildade meu empenho durante esse período de mestrado. Ademais, ao mesmo tempo que expresso essa gratidão, deixo aqui registrado um pedido de desculpa a toda minha família, uma vez que essa distância é compreensível, mas ao mesmo tempo repleta de saudades, em destaque os meus avós. Além deles, aos meus pais a qual dedico essa dissertação, Genes e Rawilsean, por sempre acreditar e apoiar minhas decisões, assim como minhas irmãs Daniella e Gabriella, e Josete “Rosinha” pelo carinho. Além deles, sou grato pela minha companheira Allana Dávila por toda paciência e dedicação.

Ao meu orientador prof. Dr. Geraldo Fóes pela oportunidade, amizade, orientações e conversas com alto conhecimento de campo, a qual também tenho total apreço. Ao co-orientador prof. Dr. Dariano Krummenauer. A pessoa extraordinária do “Mano” prof. Dr. Wilson Wasielesky, referência mundial na pesquisa de camarões marinhos, por todo apoio, o qual tive o privilégio de partilhar boas informações e fazer parte desse grandioso Projeto Camarão, fruto de sua excelente gestão como mentor do grupo. Agradecimentos aos demais professores do PPG e aos amigos Bruno e Fábio da AlgaSul.

É imprescindível para o desenvolvimento das atividades da pesquisa a cooperação dos amigos de mestrado e doutorado, estagiários e funcionários, dessa forma agradeço a todos que contribuíram em nome de: Otávio, Italo, Natália, Bianca, Missileny, Bruna, Lucas, Jade, Bruno, Weliton, Cynthia, Fellipy, Léo, Jorge, Francesca, Florencia, Wesley, Mariana, Aline, Lucélia, Alessandro, Okamoto, Lúcio, Anderson, Armando, Reis, Alex e outros.

À Universidade Federal de Rio Grande (FURG), a Estação Marinha de Aquicultura (EMA) “Prof. Marcos Marchiori” e ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura (PPGAq) por todo suporte durante o mestrado, assim como aos programas de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), onde tive oportunidade de participar de algumas disciplinas como aluno especial. Agradecimentos também as marcas parceiras do Projeto Camarão, que contribuíram para execução da presente pesquisa, são elas: Aquatec (RN), Guabi (SP), Kera (SP) e Trevisan (PR). Por fim, à CAPES pela bolsa concedida.

## RESUMO

Levando-se em consideração ao crescimento da Carcinicultura mundial, sua relação direta no aumento da demanda por ração, e conseqüentemente maior pressão sobre os estoques pesqueiros, tornam-se indispensáveis estratégias de manejo alimentar adequadas, como forma de promover o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva. A partir disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da restrição alimentar parcial no cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema simbiótico. Para isso, foram estabelecidos os seguintes tratamentos: Com restrição alimentar parcial (CR), até a estabilização da curva de crescimento e o controle, sem restrição alimentar (SR), ambos em triplicata em um delineamento inteiramente casualizado. O estudo foi realizado no Laboratório de Carcinicultura da Estação Marinha de Aquacultura (EMA/IO-FURG) em Rio Grande/RS, Brasil. As pós-larvas foram inicialmente cultivadas na fase de berçário em sistema de bioflocos na densidade de 1000 camarões m<sup>-2</sup> por 42 dias. Em seguida, os juvenis (1,67 g ± 0,15) foram transferidos para seis viveiros de 600 m<sup>-2</sup> revestidos, na densidade de 12 camarões m<sup>-2</sup>, cultivados em salinidade 20, durante 60 dias e foram alimentados com ração comercial contendo 35 % de proteína bruta. Ademais, é importante destacar que os viveiros receberam fertilização orgânica (simbiótico de farelo de arroz) e inorgânica (ureia) ao longo do ciclo. A partir disso foi possível avaliar os parâmetros de qualidade e consumo de água, analisar de forma quali-quantitativa a comunidade microbiana, avaliar o desempenho zootécnico e a viabilidade econômica. Ao fim, os dados foram submetidos a análise estatística com nível de significância de 5,0 %. Foi observada diferença significativa na taxa de renovação e reposição, com redução de 28,6 % no tratamento CR. Não houve diferença significativa na análise de fitoplâncton e zooplâncton. No desempenho zootécnico a diferença foi observada apenas na conversão alimentar aparente obtendo 0,30 e 0,59, em CR e SR, respectivamente, reduzindo 49,3 % no uso de ração do tratamento restrito. No levantamento econômico, o único item diferente foi a ração e implicou em diferença significativa nos custos operacionais efetivo e total, onde o tratamento CR reduziu 21,4 e 20,1 %, respectivamente. Assim como na produção de nivelamento com redução de 18,6 % no CR. Entretanto, ambos tratamentos tiveram indicadores de lucratividade positivos e sem diferença ( $p > 0,05$ ). Assim, é factível a restrição alimentar no cultivo de *L. vannamei* em sistema simbiótico com baixa densidade de estocagem, uma vez que os animais apresentaram crescimento compensatório total, reduzindo a conversão alimentar sem alterar os demais parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões. Além disso, contribuiu na redução da taxa de renovação de água e nos custos, sem impactar na lucratividade, apresentando-se economicamente viável.

**Palavras-chave:** restrição alimentar, crescimento compensatório, simbióticos, camarão marinho.

## ABSTRACT

Taking into account the growth of shrimp farming worldwide, its direct relationship with the increase in demand for feed and consequently greater pressure on fish stocks, appropriate food management strategies become indispensable, as a way to promote the sustainable development of the production sector. From this, the present study aimed to evaluate the effects of partial food restriction on the culture of shrimp *Litopenaeus vannamei* in synbiotic system. For this, the treatments were established: with partial food restriction (FR), until the growth curve stabilized and the control, without food restriction (WR), both in triplicate in a completely randomized design. The study was carried out at the Laboratory of Shrimp Culture at the Marine Station of Aquaculture (EMA/IO-FURG) in Rio Grande/RS, Brazil. The post-larvae were initially cultured on nursery phase in bioflocs system with density of 1000 shrimp m<sup>-2</sup> for 42 days. Then, the animals (1.67g ± 0.15) were transferred to six lined ponds of 600 m<sup>2</sup>, at a density of 12 shrimp m<sup>2</sup>, cultivated in salinity 20, during 60 days and were fed with commercial feed containing 35% of crude protein. Furthermore, it is important to highlight that the nurseries received organic (rice bran synbiotic) and inorganic (urea) fertilization throughout the cycle. From this, it was possible to evaluate the parameters of quality and water consumption, qualitatively and quantitatively analyze the microbial community, evaluate the zootechnical performance and economic viability. At the end, the data were submitted to statistical analysis, with a significance level of 5.0%. A significant difference was observed in the rate of renewal and replacement, with a reduction of 28.6% in the FR treatment. There was no significant difference in the analysis of microorganisms. In the zootechnical performance, the difference was observed only in the apparent feed conversion, obtaining 0.30 and 0.59, in FR and WR, respectively, reducing 49.3% in the use of restricted treatment ration. In the economic survey, the only different item was the ration and implied a significant difference at effective and total operating costs, where the FR treatment reduced 21.4 and 20.1%, respectively. As well as in the leveling production with a reduction of 18.6% in FR. However, both treatments had positive profitability indicators with no difference ( $p > 0.05$ ). Thus, food restriction on the culture of *L. vannamei* in a synbiotic system with low stocking density is possible, since the animals presented total compensatory growth, reducing feed conversion without altering the other zootechnical performance parameters of the shrimp. In addition, it contributed to the reduction of the water exchange rate and costs, without impacting on profitability, presenting itself as economically viable.

**Keywords:** feed restriction, compensatory growth, synbiotics, marine shrimp.

## 1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é um dos segmentos da produção de alimento que mais cresce no mundo. Nesses últimos 10 anos, a taxa média de crescimento anual foi de 4,6 % (FAO, 2022). A partir disso, a Carcinicultura tem se destacado no setor, e atualmente detém 16,4 % do valor das exportações de produtos aquáticos, o equivalente a US\$ 24,7 bilhões. O sucesso deve-se principalmente à criação do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, que representa 51,7 % da produção dos crustáceos cultivados, registrando mais de 5,8 milhões de toneladas no ano de 2020 (FAO, 2022). No Brasil, a produção acelerou rapidamente no início dos anos 2000, porém o crescimento desordenado somado à ausência das Boas Práticas de Manejo acarretou uma série de problemas sanitários e surtos de doenças que até hoje causam elevados impactos financeiros ao setor (VIDAL & XIMENES, 2016).

Diante disso, nos sistemas semi-intensivos e intensivos a densidade de estocagem é elevada, e conseqüentemente, além de amplificar os problemas com doenças, também aumenta a necessidade por alimento inerte. A ração é um dos itens mais onerosos na aquicultura, correspondendo entre 40 a 60 % dos custos de produção (SILVA & HASAN, 2007). O alto preço desse alimento deve-se principalmente aos ingredientes: farinha e óleo de peixe, cuja produção mundial se encontra estagnada (FAO, 2022). Sendo os camarões marinhos um dos maiores consumidores desses insumos (HUA et al. 2019). Mas além dos impactos financeiros, há outro grave problema, apenas 23 a 31 % do nitrogênio e 10 a 13 % do fósforo da ração são assimilados pelos camarões (THAKUR & LIN, 2003), podendo o restante ser liberado nos efluentes afetando os corpos hídricos receptores (BUI et al. 2012).

Ademais, até o ano de 2019, as doenças eram apontadas como principal problema à Carcinicultura observado pelas pesquisas da Rabobank em conjunto a *Global Seafood Alliance* (RABOBANK, 2022). Entretanto, é possível que os avanços no setor referente ao manejo biosseguro, concomitante a alta demanda por ração (FAO, 2022), crise mundial causada pela pandemia da COVID-19 e o aumento do custo da ração em função do *lockdown* (PAZIR & KHEZRI, 2022), possam ter contribuído para que a ração voltasse ao posto de principal preocupação da indústria do camarão marinho (RABOBANK, 2022).

Nessa perspectiva, uma das formas de minimizar os problemas mencionados acima, é melhorando a eficiência alimentar, através do manejo adequado (NAYLOR et al. 2009). Dessa forma, uma das estratégias a ser adotada é a restrição alimentar (LARA et al. 2017,

ROCHA et al. 2019). A técnica consiste em proporcionar um período de estresse alimentar aos animais e quando realimentados podem apresentar algum grau de crescimento compensatório (WU et al. 2001, PRATES et al. 2023). Os graus (parcial, total e sobre compensação) estão relacionados com a intensidade do estresse e o retorno às condições adequadas (ALI et al. 2003). Segundo ALI et al. (2003), o aumento na taxa de crescimento pode ser resultado da hiperfagia, redução dos custos metabólicos e/ou eficiência alimentar.

Aliado a isso, é fundamental o desenvolvimento de sistemas que promovam a disponibilidade de alimento vivo, uma vez que a restrição alimentar incentiva o consumo do alimento natural (VAN et al. 2017). Dessa forma, o sistema *aquamimicry*, também conhecido como simbiótico, pode ser utilizado tanto em produções intensivas quanto em modelos extensivos (DEEPAK et al. 2020). Esta biotecnologia surgiu com a finalidade de reduzir os custos de produção por meio da simulação do ambiente natural no cultivo, promovendo o bem-estar animal (PUJA et al., 2018, NISAR et al. 2022). Isso é possível em decorrência da utilização de uma fonte de carbono fermentada e cepas probióticas, combinando sinergicamente prebióticos e probióticos, que incentivam o equilíbrio de microrganismos benéficos e favorecem o crescimento do alimento vivo no sistema (ROMANO, 2017). Nesta perspectiva, o aquamimetismo tem sido visto como uma importante alternativa para atual conjuntura na busca por uma Carcinicultura sustentável (KHANJANI et al. 2022).

Dessa forma, é imprescindível buscar alternativas que visem conduzir o manejo alimentar de forma responsável. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da restrição alimentar parcial no cultivo do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* em sistema simbiótico.

## **2. OBJETIVOS**

### *2.1. Objetivo geral*

Avaliar os efeitos da restrição alimentar parcial no cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema simbiótico.

### *2.2. Objetivos específicos*

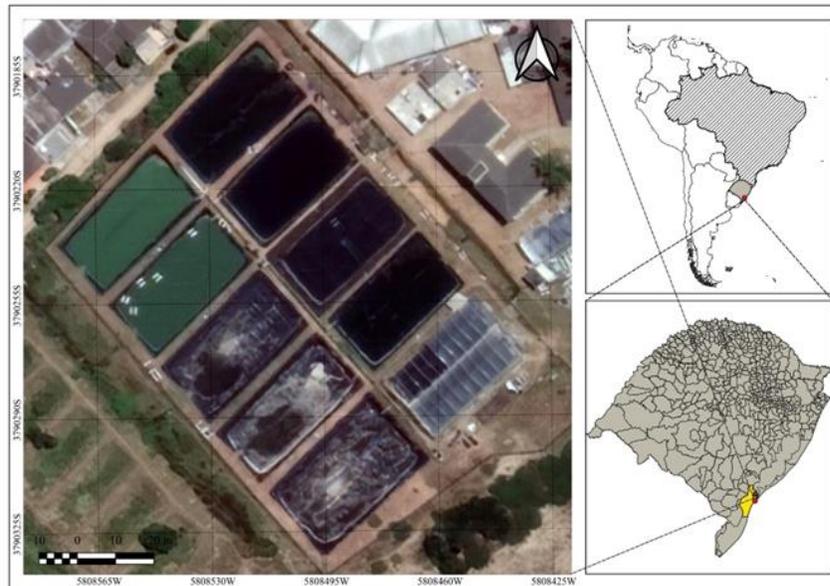
- Analisar a influência da restrição alimentar parcial no cultivo de *L. vannamei* em sistema simbiótico sob a composição da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica;

- Avaliar os parâmetros de qualidade da água, assim como o consumo d'água;
- Averiguar os efeitos no desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei*;
- Analisar a viabilidade econômica da restrição alimentar.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Local de realização dos experimentos

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de Aquacultura “Professor Marcos Alberto Marchiori” (EMA), pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO/FURG), localizado na praia do Cassino, Rio Grande – RS, Brasil (32° 12' 16" S, 52° 10' 38" W) (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo, viveiros do Projeto Camarão na Estação Marinha de Aquacultura (EMA) na praia do Cassino, Rio Grande/RS – Brasil. (Fonte: Google Satélite, Datum SIRGAS 2000 / UTM zona 22S).

#### 3.2. Delineamento Experimental

Os tratamentos estabelecidos foram: CR = Com restrição alimentar parcial, ou seja, sem adição da ração até a quinta semana de cultivo, quando houve diferença significativa no peso médio entre os tratamentos e SR (controle) = Sem restrição alimentar, sendo adicionado o alimento inerte desde a estocagem. Ambos os tratamentos em triplicata, com um delineamento inteiramente casualizado.

#### 3.3. Origem do camarão *Litopenaeus vannamei*

As pós-larvas de 10 dias (PL 10) do camarão *L. vannamei* foram adquiridas de

laboratório comercial (Aquatec<sup>®</sup>, RN) e transportadas para uma unidade berçário, onde foi realizado um cultivo em sistema de bioflocos na densidade de 1.000 PL m<sup>-2</sup>, na salinidade de 35, em temperatura média de 27 °C e alimentadas com ração comercial (Guabi<sup>®</sup>, SP) Potimar 40J com 40 % de proteína bruta. Após 42 dias, os camarões atingiram peso médio de 1,67 g ± 0,15 e foram transferidos para as unidades experimentais.

#### 3.4. Condições experimentais

A água do mar foi captada da Praia do Cassino por uma bomba centrífuga (7,5 CV), assim como a água subterrânea (poço), esta última passando por coluna de degaseificação. Esta estrutura tem como objetivo incorporar oxigênio na água subterrânea, removendo gases indesejáveis e promovendo a oxidação do ferro. Os viveiros foram cheios, em seguida adicionada a solução de hipoclorito de sódio na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup>, agindo por 24 horas e depois declorados naturalmente, com o auxílio dos aeradores de pás. O experimento foi realizado em seis viveiros com área de 600 m<sup>2</sup> cada, revestidos com mantas de polietileno de alta densidade (PEAD). Os camarões foram estocados na densidade de 12 indivíduos m<sup>-2</sup> e peso inicial de 1,67 g ± 0,15, durante 60 dias (povoamento – verão; despesca – outono). Todas as unidades experimentais foram equipadas com um aerador de pás tipo *paddle wheel* com potência de 1,0 HP (Trevisan<sup>®</sup>, PR), acionado seis horas por dia no período noturno.

#### 3.5. Protocolo de fertilização e manejo do simbiótico

Os viveiros receberam fertilização orgânica (simbiótico com farelo de arroz) e inorgânica (ureia, 45% de nitrogênio), protocolo adaptado de KUBITZA (2018). Na preparação do simbiótico para cada 1,0 kg do farelo de arroz foram utilizados 10 L de água do próprio viveiro e 5,0 g de probiótico (KeraAcqua<sup>®</sup>, SP) contendo *Bacillus subtilis* (1,7 x 10<sup>9</sup> UFC g<sup>-1</sup>), *B. licheniformis* (1,7 x 10<sup>9</sup> UFC g<sup>-1</sup>), *Lactobacillus plantarum* (1,2 x 10<sup>9</sup> UFC g<sup>-1</sup>) e *Pediococcus acidilactici* (1,2 x 10<sup>9</sup> UFC g<sup>-1</sup>).

O preparado foi misturado e mantido fechado (Figura 2A) por 24 horas para ocorrer o processo fermentativo anaeróbico, como forma de acelerar a hidrólise e dissolução dos nutrientes contidos no farelo. Após o preparo (Figura 2B), foram inoculados nos viveiros sob as aplicações descritas na tabela 1. Outra informação importante é que a ureia foi aplicada até a quarta semana quando a transparência média estava ≤ 25 cm (BOYD, 2001).

**Tabela 1.** Protocolo de fertilização do sistema simbiótico no cultivo de *L. vannamei*.

Dia	Farelo de Arroz (kg ha <sup>-1</sup> )	Probiótico (kg ha <sup>-1</sup> )	Ureia (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Pré-estocagem (preparação)</b>			
1º	100	0,50	30
2º ao 4º	50	0,25	15
5º ao 7º	30	0,15	10
<b>Pós-estocagem (fertilização)</b>			
8º ao 14º	30	0,15	10
<b>Pós-estocagem (manutenção)</b>			
3 dias semana <sup>-1</sup>	30	0,15	10

Observação: A cada 1 kg de farelo, 10 L de água e 5 g de probiótico; ureia não vai na fermentação.



**Figura 2.** (A) Fertilizante (simbiótico) de farelo de arroz sob fermentação anaeróbica, (B) após 24 horas, pronto para aplicação nos viveiros.

### 3.6. Análise e manejo da qualidade da água

A temperatura (°C), o oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>) e o pH foram mensuradas duas vezes por dia (manhã e tarde) com auxílio de um oxímetro (YSI® modelo 550A) e um medidor de pH (Mettler Toledo® modelo Seven2Go). A amônia total (N-AT) e o nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) foram quantificados três vezes por semana, enquanto nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e ortofosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) (mg L<sup>-1</sup>) apenas uma vez, cabe destacar que os nitrogenados e o fosfatado seguem as metodologias descritas em UNESCO (1983) e STRICKLAND & PARSONS (1972). Além disso, foi possível estimar a razão Nitrogênio: Fósforo (N: P) (atômica), onde o nitrogênio considerado para o NID (nitrogênio inorgânico dissolvido) é a soma dos nitrogenados e o PID (fósforo inorgânico dissolvido) é o ortofosfato (MEYBECK, 1982, SILVA, 2013). Já a alcalinidade foi mensurada duas vezes por semana seguindo a metodologia de APHA (1989). A salinidade (Hanna® modelo HI98194) e os sólidos suspensos totais (mg L<sup>-1</sup>) foram medidos a cada quinze dias, este último de acordo com STRICKLAND & PARSONS (1972). A transparência (cm) foi mensurada com o disco de Secchi e a turbidez (UTN) com um turbidímetro (Hach® modelo 2100P), ambos três vezes na semana.

### 3.6.1. Consumo de água e pegada hídrica

Uma vez que as áreas dos viveiros são conhecidas, foi possível estimar o volume de água total repostado a cada adição, através do ganho de altura mensurado por meio de uma régua. Cabe destacar que a saída e entrada de água não ocorreram de forma simultânea, primeiro a água era drenada, em seguida o nível completado. Com isso, foram quantificadas a taxa de renovação e reposição (TRR) (% dia<sup>-1</sup>):  $TRR = [(Volume\ de\ água\ total\ adicionado / volume\ do\ viveiro) / dias\ de\ cultivo] \times 100$  e o índice do uso de água (IUA) (m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>):  $IUA = (volume\ de\ água\ total / biomassa\ do\ camarão)$  (BOYD, 2005).

Além disso, sem a pegada hídrica (PHA) cinza, foi realizado o cálculo de PHA (m<sup>3</sup> kg de camarão<sup>-1</sup>). Por se tratar de uma Carcinicultura em água salgada, o consumo de água doce foi indireto e expresso pela soma da PHA dos ingredientes e da água utilizada na mistura da ração, além do farelo de arroz utilizado na fertilização, sendo ao final dividido pela biomassa do camarão (VERDEGEM & BOSMA, 2009, MEKONNEN & HOEKSTRA, 2010). Para ração foi considerado 32 % oriunda do trigo e 30 % da soja (NUNES et al. 2016). É importante destacar que a PHA do farelo de arroz, do trigo e da soja é de 2,2, 1,8 e 2,2 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>, de acordo com MEKONNEN & HOEKSTRA (2011).

## 3.7. Análise do fitoplâncton e zooplâncton

### 3.7.1. Coleta e fixação das amostras

As amostras foram coletadas próximo a comporta dos viveiros, de forma padronizada com auxílio de uma garrafa de Van Dorn, conforme PINTO-COELHO (2004). As coletas foram realizadas antes da fertilização (zero), no início do cultivo (1ª semana), na metade do ciclo (5ª semana) e ao fim do experimento (9ª semana). A partir disso, o material coletado em 500 mL de água foi filtrado em malha de 50 µm para análise do zooplâncton e posteriormente pela malha de 20 µm para o fitoplâncton. Em seguida, o conteúdo foi concentrado em 25 mL, quando foi retirado 1,5 mL da amostra, em triplicata, e fixada em formol 4,0 % (STEEDMAN, 1976).

### 3.7.2. Contagem e identificação dos microrganismos

Com auxílio do microscópio invertido (Axiovert A1 ZEISS®) acoplado a uma câmera (AxioCam MR ZEISS®) para obtenção das imagens magnificadas em 200 vezes, as amostras coletadas foram analisadas na câmara de sedimentação de Utermohl e quantificado os microrganismos em 30 campos de forma aleatória (UTERMÖHL, 1958).

Os microrganismos presentes nas amostras foram divididos em dois grupos: fitoplâncton e zooplâncton. A comunidade primária (cél L<sup>-1</sup>) foi subdividida em: chlorophyta, bacillariophyta e cyanophyta. Já a comunidade secundária (org L<sup>-1</sup>) foi subdividida em: protozoa, rotífera e copepoda. Quando necessário, foram utilizadas as chaves de identificação STAFFORD (1999) e BOLTOVSKOY (1999).

### 3.8. *Análise de desempenho zootécnico e manejo dos camarões*

Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia por lanço e o consumo monitorado com auxílio de uma bandeja por viveiro. A ração comercial (Guabi<sup>®</sup>, SP) utilizada neste experimento continha 35 % de proteína bruta. Como forma de acompanhar o crescimento e realizar ajustes no arraçoamento, de acordo com JORY et al. (2001), foram realizadas biometrias semanais de 50 indivíduos por viveiro capturados com auxílio de tarrafa utilizando uma balança digital com precisão de 0,01 g.

Com base nos dados coletados e as seguintes fórmulas foi possível avaliar: Ganho de biomassa (GB) (kg):  $GB = (\text{biomassa final} - \text{biomassa inicial})$ ; Ganho de peso semanal (GPS) (g semana<sup>-1</sup>):  $GPS = (\text{ganho de peso} / \text{n}^\circ \text{ de semanas})$ ; Sobrevivência (S) (%):  $S = ((\text{biomassa final} / \text{peso final}) / \text{n}^\circ \text{ de indivíduos inicial}) \times 100$ ; Taxa de crescimento específico (TCE) (% dia<sup>-1</sup>):  $TCE = ((\text{LnPeso final} - \text{LnPeso inicial}) / \text{dias de cultivo}) \times 100$ ; Conversão alimentar aparente (CAA):  $CAA = (\text{quantidade de ração} / \text{ganho de biomassa})$ ; Produtividade (PA) (kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>):  $PA = (\text{biomassa final} / \text{área} / \text{ciclo})$ .

### 3.9. *Levantamento econômico*

Os valores adotados são os reais utilizados em fazendas comerciais do camarão marinho localizadas na região Sul do Brasil (Laguna/SC). As informações foram baseadas nos dados disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) / Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola – (CEPA) no primeiro trimestre de 2022. É válido destacar que a análise foi realizada para apenas um ciclo de produção e os viveiros extrapolados para 1,0 ha. Com isso todos os insumos e gastos energéticos foram redimensionados proporcionalmente (Tabela 2), em destaque os aeradores tipo “*paddle wheel*”, sendo adotado 500 kg HP<sup>-1</sup> (BOYD & MCNEVIN. 2021), e a taxa de renovação e reposição de água fixada a 5,0 % (BOYD, 2007).

Com relação ao valor de venda, a despesca do estudo ocorreu em abril de 2022. Dessa forma, o preço kg<sup>-1</sup> do camarão no Brasil que é guiado pela Associação Brasileira dos

Criadores de Camarão (ABCC) era de R\$ 20,00 kg<sup>-1</sup> para o camarão de 10 g, e a partir desse valor, a cada acréscimo de um grama no peso médio é adicionado R\$ 1,00 kg<sup>-1</sup>. Ademais, foi retirado o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), já que normalmente o camarão é retirado na produção, sendo os impostos de responsabilidade do comprador.

**Tabela 2.** Valores adotados e observados na composição dos custos operacionais efetivos (sem a mão de obra) no cultivo de 60 dias do *L. vannamei* em sistema simbiótico para 1 ha.

Itens	Unidade	Valor unitário (R\$)	Tratamentos (R\$ ha <sup>-1</sup> )	
			CR	SR
<b>Ração</b>	kg	5,66	2.193,00 ± 243,34	5.822,52 ± 341,91
<b>PL + Berçário</b>	milheiro	40,52		4.862,37
<b>Farelo de Arroz</b>	kg	1,80		2.124,00
<b>Probiótico</b>	kg	100,00		590,00
<b>Ureia</b>	kg	5,00		1.325,00
<b>Energia (água) - 7,5 CV</b>	kWh <sup>-1</sup>	0,5386		1.473,32
<b>Energia (aeração) - 3 HP</b>				535,15

Com base nisso, utilizando a metodologia de análise econômica descrita por CAMPOS (2003), os custos foram avaliados utilizando as seguintes fórmulas: Custo variável total (CVT) ou custo operacional efetivo (COE) (R\$ ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>): COE = [(preço por quilowatt hora × consumo de energia em hora) + (preço da diária × quantidade de mão de obra temporária) + (preço por quilograma × quantidade do insumo em quilograma)]. O custo operacional total (COT) (R\$ ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>): COT = (COE + depreciação + manutenção + remuneração do aquicultor). A depreciação e manutenção são custos anuais, logo foram atribuídos valores correspondentes aos dois meses deste ciclo. Na taxa de depreciação foi utilizado 20 % para construções (e. g. viveiros, comportas e casa de apoio) e 5,0 a 10 % para equipamentos (e. g. aerador, bomba d'água, aparelhos de qualidade de água, balanças, redes, materiais elétricos e hidráulicos), de acordo com o tempo de vida útil dos fabricantes. Já na manutenção foram adicionados 3,0 % para construções e 5,0 % sobre os equipamentos (CAMPOS, 2006). Por fim, foram calculados o custo médio (CM) (R\$ kg<sup>-1</sup>): CM = COT / biomassa final, o ponto ou produção de nivelamento (PN) (kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>): PN = COT / preço de venda por quilograma de camarão (KAY, 1986) e a receita bruta (RB) (R\$ ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>): RB = preço de venda por quilograma × biomassa final).

A partir disso, foi possível analisar alguns indicadores econômicos de lucratividade,

são eles: Margem Bruta (MB) (R\$ ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>): MB = RB - COE; Margem Líquida em Percentagem (MLP) (%): MLP = [(RB - COT) / COT] × 100; Índice de Lucratividade (IL) (%): (ML / RB) × 100 e Lucro (L) (R\$ ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>): L = RB - COT.

### 3.10. Análise estatística

Utilizando o software Statistica<sup>®</sup> v.12, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene), quando atendidos a esses pressupostos, foi utilizado o teste *t* de Student (SOKAL & ROHLF, 1969). Os dados que não se ajustaram aos pressupostos, foram submetidos ao teste não-paramétrico, teste U de Mann-Whitney (ZAR, 1996). Todas as análises com nível de significância de 5,0 %.

## 4. RESULTADOS

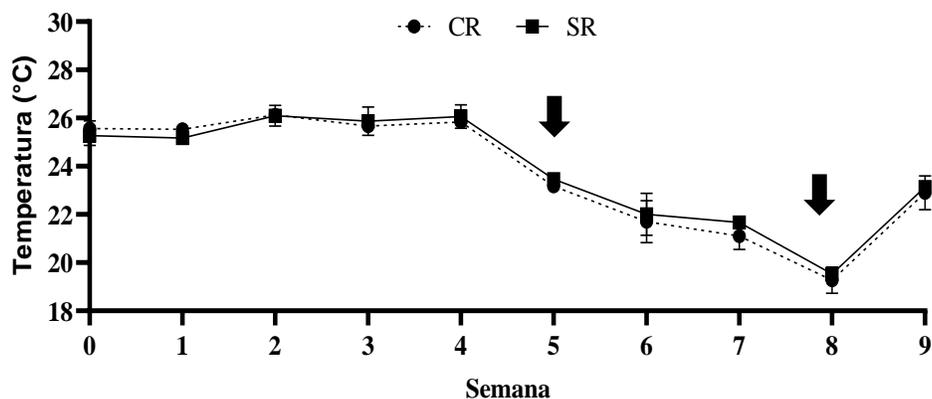
### 4.1. Análise de qualidade da água

Os resultados de qualidade água foram expressos e separados em três tabelas. Sendo assim, não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nos índices de qualidade de água da tabela 3.

**Tabela 3.** Qualidade de água no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

Índices	Tratamentos	
	CR	SR
Temperatura (°C)	23,8 ± 2,7	23,9 ± 2,6
pH	9,11 ± 0,37	9,00 ± 0,39
Oxigênio dissolvido - Manhã (mg L <sup>-1</sup> )	7,72 ± 1,44	7,63 ± 1,73
Oxigênio dissolvido - Tarde (mg L <sup>-1</sup> )	10,74 ± 3,75	10,56 ± 3,68
Salinidade	19,9 ± 3,5	20,9 ± 3,7
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	157,7 ± 30,9	179,3 ± 25,4
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	73,3 ± 44,9	78,9 ± 39,1
Transparência (cm)	31,6 ± 10,6	32,3 ± 11,4
Turbidez (UTN)	54,3 ± 37,3	38,9 ± 18,7

Através da figura 3, é possível observar a entrada das frentes frias destacadas com setas (Figura 3), que promoveram o declínio na temperatura média do presente estudo.



**Figura 3.** Variações da temperatura dos tratamentos com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição (SR) no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistema simbiótico. As setas indicam as entradas de frente frias em Rio Grande/RS, 1ª seta (11/03/22) e 2ª seta (31/03/22).

Em ambos tratamentos a temperatura média esteve próxima dos 23,9 °C. Contudo, nas primeiras quatro semanas, a média foi 25,8 °C. E a partir do gráfico abaixo, é possível evidenciar a entrada de uma frente fria na quinta semana de experimento (Figura 3), reduzindo 2,5 °C em relação à média encontrada até a chegada dessa massa de ar fria. Adiante, a temperatura continuou em declínio registrando uma média de 21,8 °C da quinta semana a despesca, sendo observada uma leve recuperação ao fim do experimento. A quinta e oitava semana foram destacadas com setas na Figura 3, por serem pontos de redução mais aguda, importantes informações para discussão dos resultados de desempenho zootécnico.

Com relação aos compostos nitrogenados: amônia total (N-AT), nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), o ortofosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) e a razão N: P, também não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Compostos nitrogenados e ortofosfato no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

Índices	Tratamentos					
	CR	Min	Max	SR	Min	Max
Amônia total (N-AT) (mg L <sup>-1</sup> )	0,50 ± 0,62	0,05	1,79	0,37 ± 0,47	0,04	1,35
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,06 ± 0,04	0,01	0,14	0,05 ± 0,04	0,01	0,15
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg L <sup>-1</sup> )	2,57 ± 2,37	0,27	6,14	2,14 ± 2,04	0,37	6,79
Ortofosfato (P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,21 ± 0,17	0,10	0,56	0,24 ± 0,16	0,11	0,60
Nitrogênio: Fósforo (N: P)	14,97 ± 4,77			11,52 ± 3,55		

Quanto a utilização de água, foi possível identificar diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na taxa de renovação e reposição de água, onde o tratamento CR reduziu 28,6 % em relação ao tratamento SR (Tabela 5). Entretanto, o índice de uso de água e a pegada hídrica não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Neste experimento, devido ao baixo aporte de ração em ambos os tratamentos, a fertilização correspondeu a 86 % e 69 % da pegada hídrica dos tratamentos CR e SR, respectivamente. Os resultados encontrados são promissores, com uma pegada média de  $2,2 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de camarão (Tabela 5).

**Tabela 5.** Uso de água no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

Índices	Tratamentos	
	CR	SR
Taxa de renovação e reposição (% dia <sup>-1</sup> )	$1,63 \pm 0,28^a$	$2,28 \pm 0,23^b$
Índice do uso de água (m <sup>3</sup> de água kg de camarão <sup>-1</sup> )	$16,57 \pm 5,69$	$14,02 \pm 1,67$
Pegada hídrica (m <sup>3</sup> kg de camarão <sup>-1</sup> )	$2,29 \pm 0,67$	$2,06 \pm 0,24$

### 1.1. Análise do fitoplâncton e zooplâncton

Abaixo é possível acompanhar o processo de fertilização. Na primeira imagem é possível observar os viveiros clorados (Figura 4A) e após a volatilização do produto foi iniciado o protocolo (Figura 4B), de acordo com a Tabela 1. Na 1ª semana de cultivo os viveiros apresentavam coloração esverdeada, indicando maior dominância de clorófitas (Figura 4C). No entanto, na maior parte do período apresentaram coloração marrom-parda (Figura 4D), aparentando um equilíbrio entre diatomáceas e clorófitas no sistema.

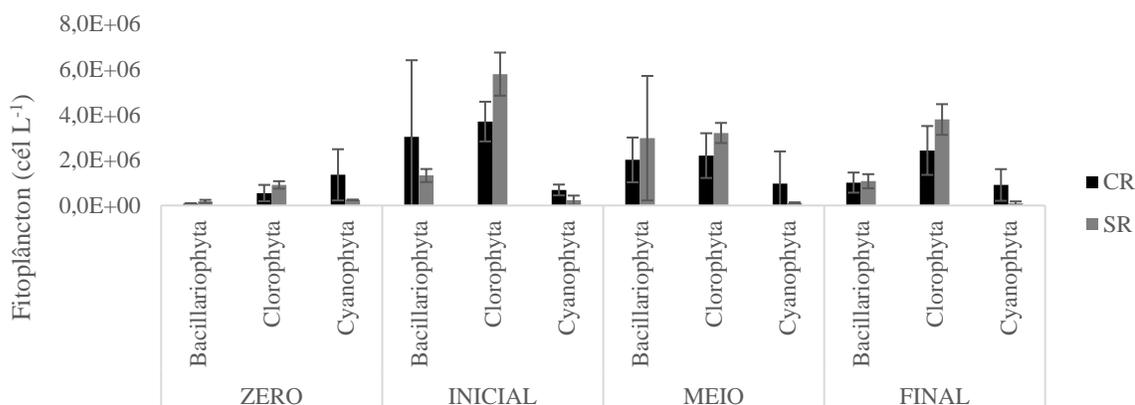


**Figura 4.** (A) Viveiro após cloração; (B) Aplicação do simbiótico; (C) Coloração predominante verde na 1ª semana; (D) Prevalência da cor marrom-parda durante o ciclo do *L. vannamei* em sistema simbiótico.

A partir da figura 5, é possível observar o desenvolvimento do fitoplâncton ao longo do cultivo. As clorofíceas não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos em nenhum dos períodos analisados ao decorrer do experimento (Figura 5). No início do ciclo, as clorofíceas tiveram maior destaque em ambos tratamentos com densidade média de  $3,7 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $5,8 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  no tratamento SR. Na metade do ciclo a densidade foi de  $2,2 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $3,2 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  no SR, e ao final do ciclo foi observado  $2,4 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $3,8 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  para SR.

As bacilariofíceas, mais conhecidas como diatomáceas, também não foram significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) nos períodos avaliados. Inicialmente, as concentrações encontradas foram de  $3,0 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $1,3 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  no tratamento SR. Em seguida, no meio do ciclo registraram  $2,0 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $3,0 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  para SR, por fim na última semana a densidade encontrada foi de  $1,0 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $1,1 \times 10^6$  cél  $L^{-1}$  para SR.

As cianobactérias também não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) e estiveram em concentrações baixas nos períodos analisados. No início, registraram  $6,8 \times 10^5$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $2,3 \times 10^5$  cél  $L^{-1}$  no tratamento SR, na metade do ciclo  $9,6 \times 10^5$  cél  $L^{-1}$  em CR e  $9,4 \times 10^4$  cél  $L^{-1}$  no SR.



**Figura 5.** Composição e densidade do fitoplâncton (cél  $L^{-1}$ ) em viveiros ao longo do cultivo de *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar.

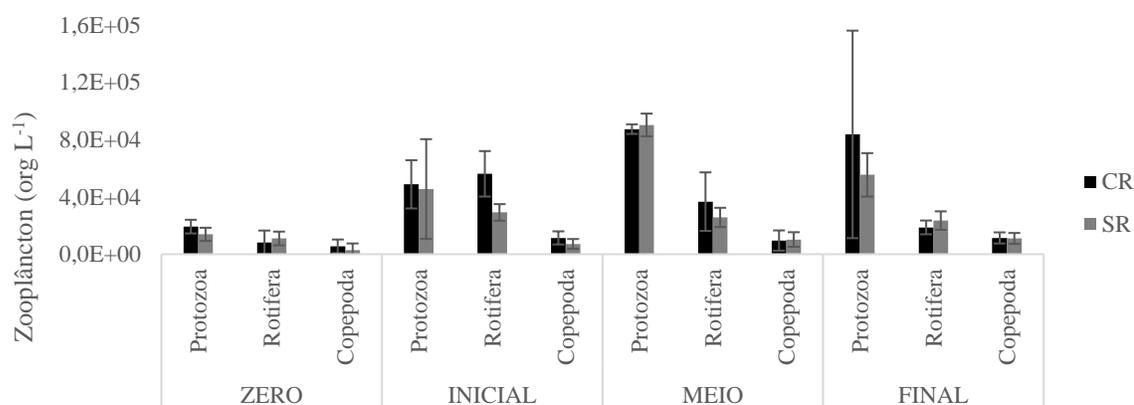
Na figura 7, é possível observar alguns organismos encontrados nas amostras. Mas, assim como no fitoplâncton, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na densidade dos grupos do zooplâncton entre os tratamentos nos períodos avaliados (Figura 6).

Os protozoários estiveram mais abundantes em ambos tratamentos em todos os

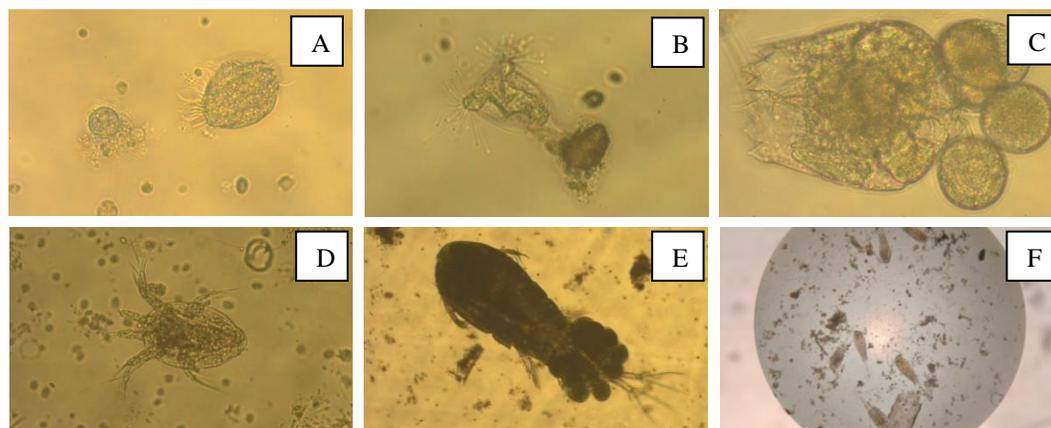
tempos analisados. Na amostra inicial, a densidade encontrada no CR foi de  $4,9 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> e para  $4,6 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> SR. Na metade do ciclo, a densidade desses organismos tiveram ainda mais alta com  $8,7 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> em CR e  $9,0 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> no SR e ao fim do experimento foi registrado  $8,4 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> para CR e  $5,5 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> no SR.

Os rotíferos no início do ciclo estiveram na densidade de  $5,6 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> para CR e  $2,9 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> para SR. No meio do experimento esteve com  $3,7 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> em CR e no SR  $2,6 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup>. Ao final, os rotíferos estavam na densidade média de  $1,9 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> em CR e no SR  $2,4 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup>

Os copépodes estiveram menos abundantes comparado aos demais grupos avaliados. No início a densidade foi de  $1,1 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> em CR e no SR  $7,2 \times 10^3$  org L<sup>-1</sup>. Em seguida, na metade do ciclo, foi observado  $9,5 \times 10^3$  org L<sup>-1</sup> no CR e  $1,0 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> em SR. Ao fim,  $1,1 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup> em CR e no SR  $1,2 \times 10^4$  org L<sup>-1</sup>.



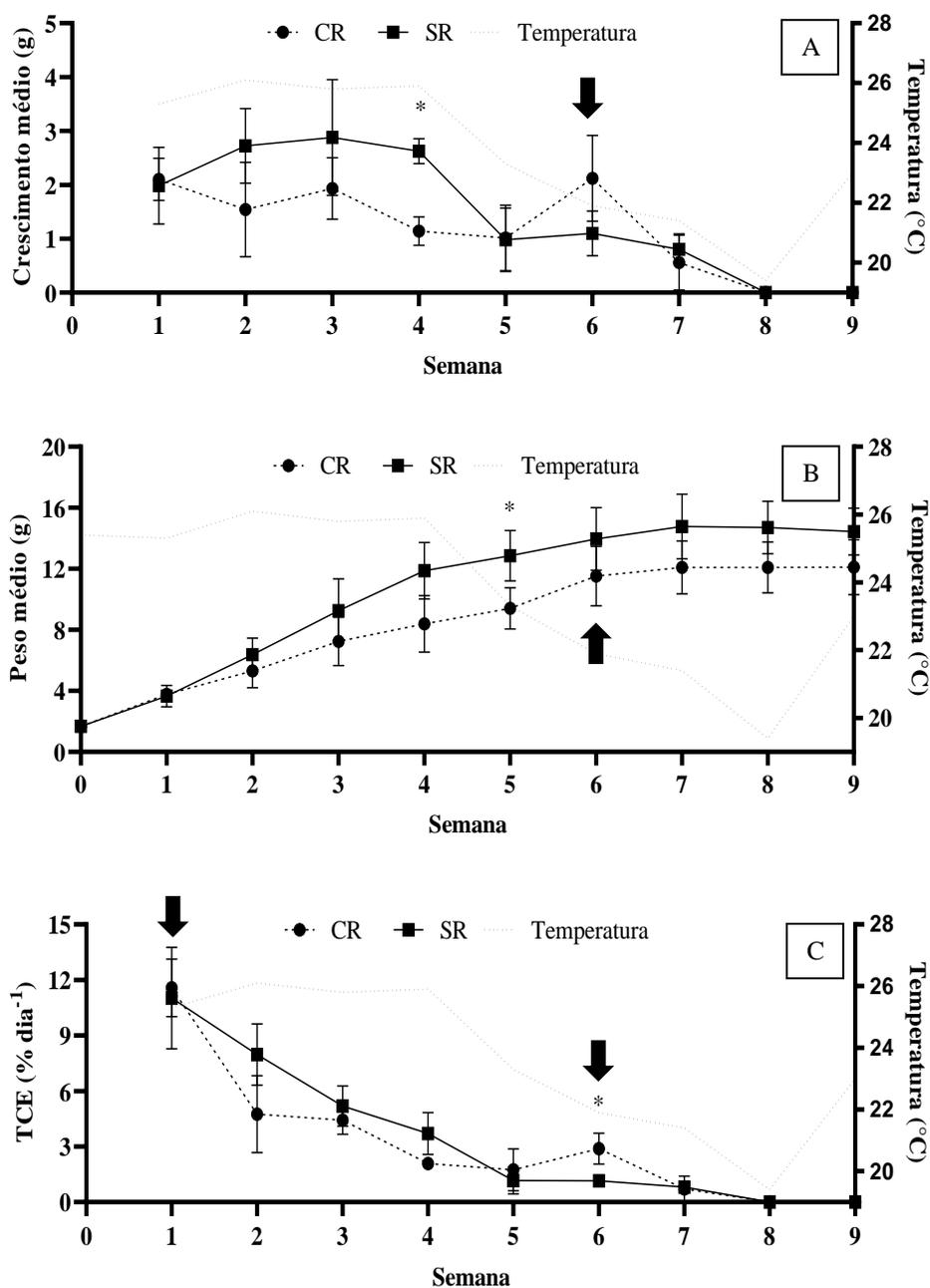
**Figura 6.** Composição e densidade do zooplâncton (org L<sup>-1</sup>) em viveiros ao longo do cultivo de *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar.



**Figura 7.** Diversidade de microrganismos do zooplâncton no cultivo de *L. vannamei* em sistema simbiótico. (A, B) Protozoários; (C) Rotífero; (D) Náuplio de copépode; (E) Copépode; (F) Elevada presença de copépode já na 1ª semana de cultivo capturado com rede.

### 1.1. Análise de desempenho zootécnico

Os índices de desempenho zootécnico estão expressos na figura 8 e na tabela 6, onde ao final do experimento foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas na conversão alimentar aparente (CAA) (Tabela 6). Com a restrição (CR) foi possível reduzir a CAA em 49,3 %, sem acarretar diferenças significativas nos demais indicadores de desempenho.



**Figura 8.** (A) Crescimento médio, (B) peso médio e (C) taxa de crescimento específico por

semana, e temperatura, nos viveiros de *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR) no Rio Grande do Sul.

**Tabela 6.** Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* cultivado durante 60 dias em sistema simbiótico com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

Índices	Tratamentos	
	CR	SR
<b>Ganho de Biomassa (kg)</b>	65,37 ± 20,59	90,48 ± 13,02
<b>Ganho de Peso Semanal (g semana<sup>-1</sup>)</b>	1,22 ± 0,21	1,49 ± 0,18
<b>Peso Final (g)</b>	12,11 ± 1,79	14,44 ± 1,54
<b>Sobrevivência (%)</b>	93,33 ± 7,59	99,79 ± 3,07
<b>Taxa de Crescimento Específico (TCE) (% dia<sup>-1</sup>)</b>	3,29 ± 0,25	3,59 ± 0,18
<b>Conversão Alimentar Aparente (CAA)</b>	0,30 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,05 <sup>b</sup>
<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>)</b>	1.336,0 ± 297,3	1.745,2 ± 229,6

Com base nos dados expostos na figura 8A, o crescimento semanal apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos na quarta semana de cultivo (Figura 8A), indicando a necessidade de introdução do alimento inerte. Até a quarta semana quando a temperatura média estava em 25,8 °C, o crescimento semanal médio foi de 1,68 g para o tratamento CR e 2,55 g para o SR. Mas, após a atenuação da temperatura à 22,2 °C (Figura 3) da 5<sup>a</sup> a 7<sup>a</sup> semana registraram redução nas médias à 1,23 g e 0,96 g, respectivamente. Na oitava semana a temperatura foi 19,4 °C não havendo mais crescimento (Figura 8A).

O peso dos animais apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na quinta semana indicado no gráfico (Figura 8B). Após a introdução da ração da 5<sup>a</sup> para 6<sup>a</sup> semana, não foram mais encontradas diferenças entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Ao fim, foram obtidos camarões com peso médio final de 12,11 g para o tratamento CR e 14,44 g para SR (Tabela 6). Embora não tenha tido diferença significativa ( $p > 0,05$ ), há uma divergência de 2,33 g na média entre os tratamentos, sendo essa informação crucial para discussão do levantamento econômico.

Neste experimento foi possível observar dois momentos de crescimento compensatório, identificados com setas na Figura 8C. Inicialmente, na 1<sup>a</sup> semana uma sobre compensação de ambos os tratamentos, após saída dos camarões dos berçários em regime intensivo para os viveiros com baixa densidade de estocagem. Já o segundo, o crescimento compensatório total no CR, após a entrada da ração da quinta para sexta semana (Figura 8A, B, C), onde observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Apesar das baixas temperaturas ao longo do ciclo, mencionado anteriormente (Figura

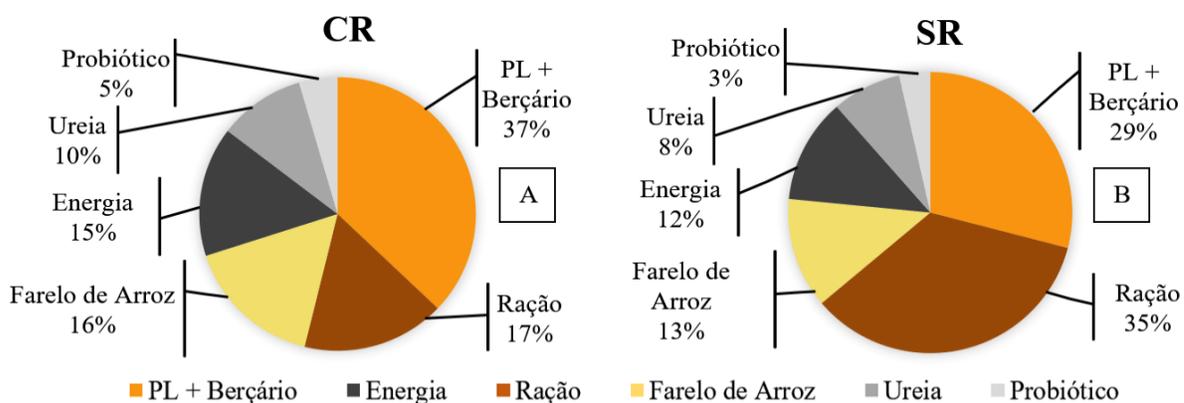
3), não parece ter sido suficiente para promover a instabilidade do sistema, já que os animais se demonstravam saudáveis nas biometrias (Figura 9A) e a sobrevivência de ambos tratamentos foram superiores a 90 % (Tabela 6). Com isso, foram obtidas produtividades de 1.336,0 kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> no tratamento CR e 1.745,2 kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> em SR (Figura 9B).



**Figura 9.** (A) Camarão *L. vannamei* em viveiros revestidos no Rio Grande do Sul/RS, Brasil. (B) Despesca de *L. vannamei* em sistema simbiótico com restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

### 1.1. Levantamento econômico

O alimento inerte contribuiu em 35 % dos custo operacional efetivo (COE) no tratamento sem restrição alimentar (SR), sendo esse o principal custo (Figura 10B). Já onde houve restrição alimentar (CR), a contribuição foi de 17 %, declinando a ração para segunda posição na composição do COE (Figura 10A).



**Figura 10.** (A) Gráfico do custo operacional efetivo (COE) (%) (sem mão de obra) do tratamento com restrição alimentar parcial (CR). (B) Gráfico do COE (%) do sem restrição alimentar (SR) no cultivo de *L. vannamei* em sistema simbiótico, ambos a partir da tabela 2.

A ração foi o único item diferente nos custos, refletindo em diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no COE e no custo operacional total (COT) (Tabela 7), reduzindo no tratamento

CR em 21,4 e 20,1 %, respectivamente. Embora o CR tenha menores custos operacionais e o custo médio de produção (CMP) não tenha apresentado diferença ( $p > 0,05$ ) (Tabela 7), o CMP foi ligeiramente superior quando comparado ao sem restrição. Ademais, também foi observada diferença ( $p < 0,05$ ) na produção de nivelamento, com isso o tratamento SR necessita produzir em média 743,3 kg ha<sup>-1</sup> para cobrir o COT, enquanto o CR apenas 610,9 kg ha<sup>-1</sup>, uma redução de 18,6 % (Tabela 7).

**Tabela 7.** Análise de custos e produção de nivelamento no cultivo do camarão *L. vannamei* para um ciclo em viveiro de 1 ha com sistema simbiótico sob restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

Especificação	Tratamentos	
	CR	SR
Preço de Venda (R\$ kg <sup>-1</sup> )	23,67 ± 1,15	24,33 ± 1,15
Receita Bruta (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	31.822,90 ± 8.573,50	42.643,80 ± 7.447,70
Custo Operacional Efetivo (COE) (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	13.342,80 ± 243,30 <sup>a</sup>	16.972,40 ± 341,90 <sup>b</sup>
Custo Operacional Total (COT) (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	14.458,10 ± 243,30 <sup>a</sup>	18.087,60 ± 341,90 <sup>b</sup>
Custo Médio de Produção (CMP) (R\$ kg <sup>-1</sup> )	11,20 ± 2,60	10,50 ± 1,30
Produção de Nivelamento (kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	610,90 ± 10,30 <sup>a</sup>	743,30 ± 14,10 <sup>b</sup>

Paralelo a isso, avaliando os indicadores de lucratividade não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nos índices avaliados (Tabela 8). Sendo observado resultados positivos na margem bruta e líquida e sem diferença ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. Embora também não tenha sido observada diferença ( $p > 0,05$ ) no lucro e no índice de lucratividade, a partir da média dos tratamentos é possível ampliar o lucro em 41,4 % utilizando a ração desde o início do ciclo, mas ambos apresentam lucratividade > 50 %.

**Tabela 8.** Indicadores de lucratividade no cultivo do camarão *L. vannamei* para um ciclo em viveiro de 1,0 ha com sistema simbiótico sob restrição alimentar parcial (CR) e sem restrição alimentar (SR).

Indicador	Tratamentos	
	CR	SR
Margem Bruta (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	18.480,00 ± 8.586,60	25.671,50 ± 7.145,40
Margem Líquida (%)	120,20 ± 59,00	135,40 ± 37,70
Índice de Lucratividade (%)	52,30 ± 12,7	56,70 ± 7,60
Lucro (R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	17.364,80 ± 8.586,60	24.556,20 ± 7.145,40

## 2. DISCUSSÃO

### 2.1. Qualidade da água

A qualidade de água é fundamental para o desenvolvimento do camarão, e consequentemente garantir o sucesso na produção. No entanto, sabe-se que no extremo Sul do país, ainda que no verão, há ocorrências de frentes frias verificados por ventos do quadrante sul e declínio significativo da temperatura (MOLLER, 2001). Dessa forma, no presente experimento houve interferência desse fenômeno. A temperatura média observada no estudo não esteve dentro do recomendado para o cultivo do *L. vannamei*, que deve ser entre 27 e 30 °C (WYBAN et al. 1995). Isso também ocorreu em COSTA et al. (2018), obtendo temperaturas média ~ 24 °C. No entanto, até a quarta semana, com a temperatura mais próxima a sugerida, os animais mantiveram o nível de consumo de ração e crescimento. De acordo com WYBAN et al. (1995), a redução no crescimento ocorre à temperaturas < 23 °C, o que também foi observado neste experimento quando houve a entrada da frente fria a partir da quinta semana. Mesmo com a atenuação do crescimento em função das baixas temperatura, é importante destacar que a recuperação do peso ocorreu da 5<sup>a</sup> para 6<sup>a</sup> semana após adição da ração. PRATES et al. 2023 restringiram a alimentação de juvenis do *L. vannamei* a 24 °C e também observaram o efeito compensatório no retorno a condição ideal.

Em sistemas abertos, normalmente as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) tende a apresentar variação entre o período diurno e noturno. Isso porque os organismos fotossintetizantes convertem a energia luminosa em energia química na fotossíntese, e embora na fase clara eles também respirem, a produção de oxigênio é superior ao consumo, diferente da escura (MASOJÍDEK et al. 2013). Com base nisso, as concentrações encontradas pela manhã e a tarde estiveram em níveis aceitáveis (5,0 – 9,0 mg L<sup>-1</sup>) (VAN WYK & SCARPA, 1999). É válido pontuar que as unidades experimentais tiveram suporte de aeradores todas as noite por seis horas. Normalmente, em fazendas comerciais com densidades menores a 15 camarões m<sup>2</sup>, os aeradores podem ser dispensados (NUNES, 2002) ou acionados mediante necessidade, já que o fitoplâncton consegue atender a demanda de oxigênio para este sistema. Além disso, as unidades podem realizar a renovação da água.

Paralelo a isso, devido a flutuação do CO<sub>2</sub> dissolvido causado principalmente pela respiração das algas, o pH também tende a oscilar. Entretanto, neste experimento a variação diária foi relativamente baixa, podendo ser explicado em decorrência da manutenção dos

níveis adequados de alcalinidade (superior a  $100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ), promovendo o efeito tampão no sistema (BOYD et al. 2016). Além disso, a baixa densidade de estocagem e as constantes fertilizações ao longo do ciclo, contribuíram para o elevado pH observado em ambos tratamentos, mas estiveram aceitável para a espécie que deve ser entre 7,0 a 9,0 (VAN WYK & SCARPA, 1999). A salinidade foi administrada por meio da entrada de água do mar e água subterrânea, com objetivo de fornecer a condição mais próxima possível do ponto isosmótico do *L. vannamei* (aproximadamente 25) (CASTILLE & LAWRENCE, 1981).

Visto isso, a toxicidade dos compostos nitrogenados varia de acordo com temperatura, pH e salinidade (VINATEA, 1997), além da fase de vida do animal e o tempo de exposição, mas de modo geral é aconselhável manter a amônia total (N-AT)  $\leq 2,0 \text{ mg L}^{-1}$ , nitrito (N- $\text{NO}_2^-$ )  $\leq 1,0 \text{ mg L}^{-1}$  e o nitrato (N- $\text{NO}_3^-$ )  $\leq 60 \text{ mg L}^{-1}$  (VAN WYK & SCARPA, 1999, BOYD, 2001). Já a concentração média do ortofosfato (P- $\text{PO}_4^{3-}$ ) deve ser mantido abaixo de  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  (NUNES et al. 2005). Portanto, os compostos nitrogenados e o ortofosfato estiveram em níveis aceitáveis. Isso geralmente ocorre em função da rápida assimilação desses compostos pelo fitoplâncton (EBELING et al. 2006). Nesta perspectiva, visto que esses compostos são nutrientes para o crescimento das algas, é importante estabelecer o aumento na relação nitrogênio: fósforo (entre 15 e 20: 1), como forma de promover o desenvolvimento das diatomáceas (BOYD, 2000). Sendo assim, a relação esteve próxima do recomendado, isso pode ter favorecido a não ocorrência dos “*blooms*” de cianobactérias no decorrer do experimento.

Neste experimento, a média dos sólidos suspensos totais (SST) esteve conforme o recomendado de 30 até  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (BOYD, 2001). Assim como a turbidez que deve ser entre 30 e 60 NTU, de acordo com KATHYAYANI et al. (2019). Embora essas análises anteriores sejam mais precisas, normalmente fazendas semi-intensivas utilizam a transparência por meio do disco de Secchi para as correções, por ser um método simples, sem custos e eficiente. Visto isso, a transparência também esteve adequada (25 a 40 cm) (BOYD, 2001).

O principal motivo pelas renovações de água foi o controle do fitoplâncton, e consequentemente, manter os níveis adequados de oxigênio. Entretanto, esta prática deve ser conduzida de forma responsável, devido aos gastos energéticos, estresse aos animais e riscos de entrada de organismos patogênicos (LIGHTNER, 2005). Além disso, atualmente o consumidor tem exigido formas de produção sustentável, principalmente o mercado europeu

(VAN LOO et al. 2014). De acordo com ZHU et al. (2016), a restrição alimentar pode diminuir o descarte de compostos tóxicos, melhorando a qualidade da água, que pode culminar no menor uso e descarte de água. No presente estudo, a restrição promoveu uma redução de 28,6 % na taxa de renovação e reposição de água em CR, comparado com o SR. Sabe-se que ração pode contribuir na degradação da qualidade de água (BUI et al. 2012), o que pode ter refletido na menor necessidade de trocas de água desse tratamento. No entanto, ambos os tratamentos tiveram a taxa de renovação e reposição menor do que o esperado, normalmente viveiros semi-intensivos possui taxa de 5,0 a 10 % (BOYD, 2007), isso pode ter ocorrido em função do revestimento dos viveiros (sem infiltração). Ademais, cabe destacar que o tratamento CR mesmo com uma taxa de renovação e adição menor, obteve uma média do índice de uso de água ligeiramente superior ao SR, devido a maior produtividade obtida no SR, diluindo o volume de água sobre a biomassa.

Por outro lado, a maior parte das fazendas de produção de camarões marinhos utilizam salobra ou água salgada, sendo este recurso abundante e de pouca utilidade para as demais culturas e/ou ao ser humano. Pensando nisso, a pegada hídrica (PHA) é uma análise referente ao consumo direto e indireto exclusivamente de água doce (HOEKSTRA et al. 2011). A partir disso, VERDEGEM & BOSMA (2009) avaliaram a PHA indireta na aquicultura com base no volume de água utilizado para produção dos insumos da ração e fertilização. Sendo assim, os resultados encontrados na presente pesquisa são próximos ao encontrado por PAHLOW et al. (2015) que estimaram a PHA por meio da ração para peixes e camarões marinhos em  $1,6 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  e MOHANTY et al. (2018) utilizando outra metodologia observaram a PHA de  $1,7 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  na densidade de 60 camarão  $\text{m}^{-2}$ . É importante evidenciar que o protocolo de fertilização pode ser aprimorado e reduzir ainda mais a pegada hídrica.

## *2.2. Análise do fitoplâncton e zooplâncton*

Além da qualidade da água, é imprescindível observar o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica, não só por serem um dos principais bioindicadores de qualidade ecológica (HEMRAJ et al. 2017), mas também em função da restrição alimentar, já que a redução ou ausência do alimento inerte faz com que o camarão seja induzido ao pastoreio (VAN et al. 2017), portanto o alimento vivo passa a ser item indispensável no cultivo. A partir disso, o protocolo de fertilização inorgânica (ureia) e orgânica (simbiótico de farelo de arroz) teve por objetivo favorecer o desenvolvimento

adequado da comunidade microbiana. É importante destacar que as unidades experimentais do presente estudos, é frequentemente acometida por “*blooms*” de cianobactérias sendo notificada pela primeira vez em 2011 (*Nodularia spumigena*) e desde então tem sido recorrente a floração deste grupo (PACHECO et al. 2016), refletindo no desempenho zootécnico dos animais. Sabe-se que as cianobactérias possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (ISSA et al. 2014), sendo esta a principal razão para adição da ureia no protocolo, e com isso disponibilizar o nitrogênio para as demais algas, principalmente as diatomáceas, cuja possui preferência por relação N: P mais alta (15 e 20:1) (BOYD, 2000).

As clorofíceas foram mais abundantes em todos os períodos avaliados, quando comparado aos demais grupos. Assim como observado na quinta semana, maior parte do ciclo havia um equilíbrio entre as algas verdes e marrom-pardas, dificultando o crescimento das cianobactérias. As algas verde-azuladas se apresentaram em níveis baixos por todo o ciclo, abaixo do máximo recomendado ( $4,0 \times 10^7$  cél L<sup>-1</sup>) (CLIFFORD, 1994, *apud* NUNES, 2001). Com isso, as cianobactérias contribuíram ao longo do cultivo em média 15 % na composição do fitoplâncton de CR e apenas 2,0 % em SR. Já as clorofíceas corresponderam a 49 % em CR e 69 % em SR, e as diatomáceas 36 % no CR e 29 % em SR.

Nessas mesmas unidades experimentais, CATALANI (2020) utilizou apenas o simbiótico para fertilização em um protocolo diferente do utilizado na presente pesquisa, como resultado também observou maior abundância das clorofíceas, todavia as cianobactérias ( $2,8 \times 10^7$  cél L<sup>-1</sup>) foram superiores as diatomáceas ( $4,3 \times 10^6$  cél L<sup>-1</sup>). Diferentemente do encontrado na presente pesquisa, onde as cianobactérias estiveram menor impacto sobre a comunidade fitoplanctônica. Isso pode ter ocorrido em função do uso da ureia, de acordo com BOYD (2000), fertilizantes inorgânicos fonte de nitrogênio são eficientes para promover o desenvolvimento de diatomáceas. ARGENTO NETTO (2008) utilizou a ureia na fertilização com relações N: P de 10 a 20: 1, e observou maior abundância de diatomáceas em comparação a cianobactérias. É importante ressaltar que a dominância das clorofíceas e diatomáceas é desejável, pois essas algas servem de alimentos para a maioria dos invertebrados aquáticos (YUSOFF et al. 2002).

Com base nisso, embora uma das principais características do sistema simbiótico seja a maior produtividade de copépodes (CHAKRAVARTY et al. 2018), neste estudo, ambos tratamentos tiveram maior abundância de protozoários e rotíferos nos períodos analisados.

De acordo com MARTÍNEZ-CÓRDOVA et al. (2004), a concentração de protozários, rotíferos e copépodes em viveiros de camarão deve estar entre  $1,0 \times 10^4 - 1,0 \times 10^5$  cél L<sup>-1</sup>,  $2,0 \times 10^3 - 5,0 \times 10^4$  cél L<sup>-1</sup> e  $2,0 \times 10^3 - 5,0 \times 10^4$  cél L<sup>-1</sup>, respectivamente. Visto isso, cabe frisar que os protozoários e os rotíferos são importantes intermediários tróficos fundamentais na teia alimentar facilitando o consumo do bacterioplâncton e fitoplâncton pelos copépodes (GIFFORD, 2018, HISATUGO et al. 2014). Sendo assim, os dados obtidos nesta pesquisa indicam que a alta produtividade desses organismos em sistema simbiótico pode ser a principal justificativa pelo aumento populacional de copépodes.

A partir disso, é possível que a forma de captura por meio da garrada de Van Dorn tenha dificultado a captura dos copépodes, devido a sua capacidade natatória vigorosa (PINTO-COELHO, 2004). Apesar de não ter sido utilizada a rede de plâncton para a presente análise foram realizadas coletas para acompanhar o desenvolvimento dos copépodes nos viveiros e ainda que não tenha sido estimada a sua abundância era possível observar alta presença desses organismos na amostra já na primeira semana de cultivo (Figura 7F). Este resultado corrobora com diversos autores, que embora não demonstrem de forma quantitativa a presença dos copépodes, notificam a importância do fermentado no estímulo ao desenvolvimento expressivo desses microcrustáceos no sistema (ROMANO, 2017, CHAKRAVARTY et al. 2018, KHANJANI et al. 2023).

Sendo assim, a fertilização é uma ferramenta essencial para o desenvolvimento da produção primária, sendo esta consumida pelo zooplâncton, que por sua vez são consumidos pelo organismo cultivado (MISCHKE, 2012). Como benefício, de acordo com MOSS et al. (2001), é possível observar maior atividade enzimática digestiva em camarões cultivados em viveiros eutrófico (presença de alimento vivo), comparado com cultivados em viveiros oligotróficos (praticamente ausente de alimento natural) ainda que com adição de ração, podendo este efeito contribuir no aumento do crescimento dos camarões.

### *2.3. Desempenho zootécnico*

Nessa perspectiva, embora o desempenho zootécnico tenha sido impactado pelas baixas temperaturas, o resultado encontrado até a metade do experimento, favoreceu dados importantes que devem nortear novas pesquisas no campo da restrição alimentar e o uso dos simbióticos, como forma de reduzir os custos e o desperdício de ração. Ademais, os percalços provocados pela frente fria, não foram suficientes para promover elevada mortalidade, uma

vez que o limite para a espécie é próximo dos 15 °C (VAN WYK & SCARPA, 1999). Em vista disso, é possível que a ação do sistema simbiótico contribuiu com o aumento da imunidade e resistência dos camarões (HUYNH et al. 2018), propiciando à alta sobrevivência observada no presente estudo. FRÓES et al. (2012) na densidade inicial de 85 camarões m<sup>-2</sup> utilizando fertilização orgânica, também observou sobrevivências média superior a 90 %.

Atrelado também a condição climática, o crescimento semanal foi um dos índices mais afetados neste experimento. Isso ocorre, pois as baixas temperaturas reduzem o metabolismo do camarão (PRATES et al. 2023). Mas até o declínio da temperatura, os camarões apresentavam crescimentos semanais acima da média notificada por KAWAHIGASHI (2019), cujo observou a partir de dados de 493 viveiros de produção de camarões no Brasil, que apenas 9,0 % atingem crescimento entre 1,5 e 2,0 g semana<sup>-1</sup>.

A partir disso, considerando-se que a taxa de crescimento específico (TCE) tende a diminuir ao longo das semanas no ciclo, quando há o crescimento compensatório é perceptível o aumento da TCE, sendo esta taxa apontada como adequada à detecção da compensação (WU et al. 2001). A primeira compensação observada neste estudo é comum e acontece em função da saída dos animais do regime intensivo no berçário para viveiros com baixa densidade de estocagem. Esse efeito em sistemas bifásicos também foi descrito por FÓES et al. (2016). Já o ocorrido da quinta para sexta semana, período onde houve a interrupção da restrição alimentar, o tratamento restrito que registrava valores mais baixo na TCE semanal, cresceu 2,5 vezes mais comparado ao SR. Sendo assim, o aumento observado, somado a ausência de diferença no peso médio entre os tratamentos após recuperação, de acordo com Ali et al (2003), evidenciam o crescimento compensatório total. A recuperação parcial e total, de acordo com a severidade da restrição alimentar, também foi observada por WU et al. (2001) no cultivo de juvenis do camarão *Fenneropenaeus chinensis*. O mesmo ocorreu com PRATES et al. (2023) para juvenis de *L. vannamei* em função da temperatura.

Com relação a conversão alimentar aparente (CAA), sabe-se que o alimento vivo é capaz de fornecer nutrição suplementar aos camarões (MOSS & PRUDER, 1995). Neste sentido, ANDERSON et al. (1987) observaram que cerca de 53 a 77 % do crescimento do *L. vannamei* (20 camarões L<sup>-1</sup>) foi atribuído ao pastoreio, enquanto o alimento inerte apenas 23 a 47 %. Baseado nisso, SOLLER et al. (2019) reduziram 50 % do arraçoamento do *L. vannamei* cultivado em “água verde” (sistema convencional) e observaram CAA de 0,69 (25

camarões m<sup>2</sup>). Já ROY et al. (2012), nesta mesma densidade com restrição de 40 % na ração diária, obtiveram CAA de 0,59, mesmo resultado encontrado no tratamento sem restrição na presente pesquisa. Essa redução na CAA observada no tratamento SR pode estar associada ao manejo adequado, evitando desperdício de ração (HASAN, 2010). Além disso, a estratégia de fertilização que propiciou o crescimento do alimento vivo, em destaque as diatomáceas. GODOY et al. (2012) inocularam *Thalassiosira weissflogii* e *Chaetoceros muelleri* no cultivo de juvenis do *L. vannamei* (300 camarões m<sup>2</sup>) e observaram redução da CAA à 0,47. Além disso, o uso do simbiótico também pode ter contribuído diretamente na dieta do camarão. YAO et al. (2021) testaram a adição de um produto simbiótico comercial (como ingrediente e pulverizado) na dieta e observaram melhora na utilização da ração, no crescimento, na saúde intestinal e na imunidade inespecífica do *L. vannamei*.

Posto isso, o presente estudo foi além e observou que a fertilização orgânica (simbiótico) e inorgânica (ureia), combinado com a restrição alimentar parcial pode ser uma alternativa eficiente e promover uma redução ainda maior na CAA. A redução de 49,3 % no CAA do tratamento restrito, quase metade quantidade de ração fornecida, também foi observada por ROCHA et al. (2019) em sistema de bioflocos. Entretanto, apesar dos benefícios, VAN et al. (2017) destacaram que é preciso tomar cuidado com a técnica de restrição alimentar, uma vez que pode culminar em redução do crescimento e refletir em menor retorno econômico. E embora o presente estudo tenha sido conduzido em baixas densidades, vários trabalhos têm demonstrado a possibilidade de realizar a restrição alimentar em sistemas intensivos, a fim de aumentar a eficiência alimentar, reduzir custos de produção (LARA et al. 2017, MACIEL et al. 2018, ROCHA et al. 2019) ou até mesmo visando aumentar o período produtivo em regiões temperadas e subtropicais (PRATES et al. 2023).

#### 2.4. Levantamento econômico

O preço de venda, o volume de produção e os custos são fatores que podem afetar a rentabilidade na Carcinicultura (SHANG, 1992). Com relação aos custos (operacional efetivo – COE e operacional total – COT), o menor uso de ração no tratamento CR contribuiu para redução destes custos em 21,4 e 20,1 %, respectivamente. Essa redução é proporcionada pela redução do impacto da ração nos custos operacionais. Segundo WYBAN et al. (1998), a ração participa em aproximadamente 40 % no custo total. POERSCH et al. (2021) observaram a representatividade do alimento inerte entre 32 a 42 % no custo operacional

efetivo (COE) e TAILLY et al. (2019) em sistema simbiótico observaram contribuição próxima dos 36 %. Neste experimento, a ração representou 35 % do COE do tratamento sem restrição, corroborando com as pesquisas mencionadas anteriormente. Todavia, o menor aporte do alimento inerte em CR promoveu uma redução expressiva na contribuição da ração no COE, representando apenas 17 %.

Visto isso, a junção de semelhantes preço de venda e o menor custo operacional pôde reduzir a produção de nivelamento do tratamento CR em 18,6 % comparado ao SR. Com isso, a restrição alimentar pode ser uma alternativa principalmente à produtores em dificuldade financeira. Por outro lado, também era possível que a redução do custo com ração diminuísse o custo médio de produção do camarão (DAVIS et al., 2006). No entanto, isto não foi observado neste experimento e a principal razão para isso, pode ter sido o fato do tratamento CR ter alcançado peso médio levemente inferior ao CR, e conseqüentemente menor produtividade. De toda forma, os custos médios de produção observados em ambos os tratamentos estão de acordo com os valores encontrados no último censo da Carcinicultura no Nordeste brasileiro que pode variar entre 9,20 e 12,50 R\$ kg<sup>-1</sup> (ABCC, 2022).

A partir disso, os indicadores de lucratividade acompanharam os resultados encontrados acima. Sendo assim, os dados positivos de margem bruta e líquida em ambos tratamentos indicam que a adoção de ambas estratégias (com ou sem restrição) permitem a permanência do produtor na atividade a curto e longo prazo na atividade (NOGUEIRA et al. 2001, apud CAMPOS, 2003) e, portanto, a restrição alimentar não causa impactos econômicos negativos. Para GITMAN (2010) quanto maior for essas margens, melhor, uma vez que os custos serão reduzidos. Ademais, os índices de lucratividade dos tratamentos foram superiores a 50 %, corroborando com os 52 % observados por POERSCH et al. (2021).

Ao fim, é importante ressaltar que a utilização da ração com responsabilidade, visando baixa conversão alimentar aparente, como observada no tratamento SR, também é uma técnica a ser adotada. Pois, embora não tenham sido observadas diferenças significativas, a ração permitiu ao SR um peso médio final com 2,33 g a mais comparado a média encontrada no CR. De acordo com SHANG & MEROLA, 1987, a comercialização do camarão com maior peso, é uma estratégia importante como forma de diminuir o impacto do custo de produção, sendo observada também no presente estudo. Dessa forma, o ligeiro aumento do peso médio do tratamento sem restrição, proporcionou um aumento de 30,6 %

na produtividade, acréscimo de R\$ 0,66 kg<sup>-1</sup> no preço de venda e queda de R\$ 0,72 kg<sup>-1</sup> no custo de produção, ampliando o lucro de SR em 41,4 % comparado com CR.

### **3. CONCLUSÃO**

A partir dos resultados encontrados, é possível utilizar a técnica de restrição alimentar parcial no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistema simbiótico de baixa densidade (12 camarões m<sup>2</sup>). Uma vez que após o período de restrição do arraçoamento foi possível observar crescimento compensatório total dos animais sem alterar nos demais parâmetros de desempenho zootécnico, exceto positivamente na conversão alimentar aparente, onde a restrição reduziu em 49,3 % na utilização da dieta inerte.

Essa redução da ração proporcionou a queda de aproximadamente 20 % nos custos operacionais e reduziu em 18,6 % na produção de nivelamento, sem alterar os indicadores de lucratividade. Assim, a restrição alimentar pode ser uma importante ferramenta a produção comercial, principalmente a produtores em recuperação financeira, baixo capital de giro ou até mesmo em locais com condições climáticas adversas ao cultivo. Mas além disso, é importante destacar que utilização de ração com baixa CAA (0,59), como observado no SR, pode promover o aumento da produtividade, a redução do impacto da ração nos custos e acréscimo no preço de venda, podendo ampliar o lucro em 41,4 %.

Por outra perspectiva, a restrição alimentar não influenciou sobre a comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica, bem como não alterou na qualidade de água do cultivo e reduziu a taxa de renovação e adição de água em 28,6 %.

Por fim, cabe destacar a importância de novos estudos nesta proposta, como forma de avaliar diferentes níveis de restrições alimentar, em diferentes densidades, assim como comparar essa proposta em tanques sem revestimento e com revestimento.

### **REFERÊNCIAS**

- ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. 2022. Censo da carcinicultura dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí 2021. Disponível em: <<https://abccam.com.br/2022/11/censo-da-carcinicultura-do-ceara-piaui-e-rio-grande-do-norte-ja-esta-disponivel/>>. Acesso em: 27 jan. 2023.
- ALI, M., NICIEZA, A., WOOTTON, R.J., 2003. Compensatory growth in fishes: A response to growth depression. *Fish Fish.* 4: 147–190.

- ANDERSON, R.K., P.L. PARKER, LAWRENCE, A. 1987. A 13C/12C tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system. *Journal of the World Aquaculture Society* 18: 148–155.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, sixteenth ed. American Public Health Association, AWWA, WPCF, New York.
- ARGENTO NETTO, J.R. 2008. Efeito da fertilização com nitrato de cálcio e uréia sobre a comunidade fitoplactônica no cultivo de camarões marinhos. Dissertação de Mestrado em Aquicultura Universidade Federal de Santa Catarina. 40P.
- BOLTOVSKOY, D. 1999. South atlantic zooplankton (No. C/592 S6).
- BOYD C.E. 2000. Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho. Recife: Associação Brasileira de Criadores de camarão (ABCC).
- BOYD, C.E. 2001. Prácticas de manejo para reducir el impacto ambiental del cultivo de camarón. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. MC, HAWS y CE, BOYD (eds), 267-295.
- BOYD, C. E. 2005. Water use in aquaculture. *World Aquaculture*, 36(3): 12–15.
- BOYD, C. E., TUCKER, C., MCNEVIN, A., BOSTICK, K., CLAY, J. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries science*, 15(4): 327-360.
- BOYD, C.E., TUCKER, C.S., SOMRIDHIVEJ, B. 2016. Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1): 6–41.
- BOYD, C. E., & MCNEVIN, A. A. 2021. Aerator energy use in shrimp farming and means for improvement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(1), 6-29.
- BUI, T.D., LUONG-VAN, J., AUSTIN, C.M. 2012. Impact of shrimp farm effluent on water quality in coastal areas of the world heritage-listed Há Long Bay. *American Journal of Environmental Sciences*, 8(2): 104–116.
- CAMPOS, R.T. 2003. Tipologia dos produtores de ovinos e caprinos no estado do Ceará.

- Revista Econômica do Nordeste, 34(1): 85-112.
- CAMPOS, C. 2006. Alternativa econômica para o novo rural do nordeste brasileiro: o cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em água doce. Revista Informe GEPEC, 10(31): 40–53.
- CASTILLE, F.L., LAWRENCE, A.L. 1981. The effect of salinity on the osmotic and chloride concentration in the haemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 68(A): 75-80.
- CATALANI, K.M. 2020. Sistema Aquamimicry: Alternativa Tecnológica para o Cultivo Intensivo do Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei*. Uma comparação com o sistema de bioflocos (BFT) Dissertação de Mestrado em Aquicultura Universidade Federal do Rio Grande. 58P.
- CHAKRAVARTY, S., PRAKASH, S., KUMAR, S. 2018. Back to basics: biomimicry in shrimp farming. International Journal Current Microbiology Applied Science. 7(5): 2172-2184.
- COSTA, C., FOES, G., WASIELESKY, W., POERSCH, L. 2018. Different densities in whiteleg shrimp culture using bioflocs and well water in subtropical climate. B. Inst. Pesca, e324-e324.
- DEEPAK, A.P., VASAVA, R.J., ELCHELWAR, V.R., TANDEL, D.H., VADHER, K.H., SHRIVASTAVA, V., PRABHAKAR, P. 2020. Aquamimicry: New an innovative approach for sustainable development of aquaculture. Journal of entomology and zoology studies, 8(2): 1029-1031.
- DAVIS, D.A., AMAYA, E., VENERO, J., ZELAYA, O., ROUSE, D.B. 2006. A case study on feed management to improve production and economic returns for the semi-intensive pond production of *Litopenaeus vannamei*. Pages 282-303. In: CRUZ SUAREZ, L.E., MARIA, D.R., SALAZAR, M.T., LOPEZ, M.G.N., CAVAZOS, D.A.V., CRUZ, A.C.P., ORTEGA, A.G. (Eds.), Avances en nutrición acuícola, VIII. Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. [Advances in aquaculture nutrition, VIII. International Symposium on Aquaculture Nutrition.] Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, Mexico.

- EBELING, J.M., TIMMONS, M.B., BISOGNI, J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.
- FÓES, G., KRUMMENAUER, D., LARA, G., POERSCH, L., WASIELESKY JR, W. 2016. Long term storage and the compensatory growth of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in aquaculture ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(3): 588-594.
- FRÓES, C. N., FÓES, G., KRUMMENAUER, D., BALLESTER, E., POERSCH, L. H., & JUNIOR, W. W. 2012. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica (Rio Grande)*, 34(1), 31-39.
- GAONA, C.A.P., SERRA, F.P., FURTADO, P.S., POERSCH, L.H., WASIELESKY JR, W. 2016. Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. *Aquaculture International*, 24: 1263–1275.
- GIFFORD, D.J. 2018. Consumption of protozoa by copepods feeding on natural microplankton assemblages. In *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*. CRC Press. pp. 723-729.
- GITMAN, L.J. 2010. *Princípios de administração financeira*. 12. ed. São Paulo: Pearson.
- GODOY, L. C., ODEBRECHT, C., BALLESTER, E., MARTINS, T. G., & WASIELESKY, W. 2012. Effect of diatom supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a heterotrophic culture system. *Aquaculture international*, 20, 559-569.
- HASAN, M.R. 2010. On-farm feeding and feed management in aquaculture. *FAO Aquaculture Newsletter*, (45), 48.
- HEMRAJ, D.A., HOSSAIN, M.A., YE, Q., QIN, J.G., LETERME, S.C. 2017. Plankton bioindicators of environmental conditions in coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 184: 102-114.

- HISATUGO, K.F., MANSANO, A.S., HAYASHI, L.H., REGALI-SELEGHIM, M.H. 2014. Ingestion of bacteria in a eutrophic subtropical reservoir pond with food web mainly controlled by zooplankton grazing. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 44: 98–106.
- HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M., MEKONNEN, M.M. 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Routledge.
- HUA, K., COBCROFT, J.M., COLE, A., CONDON, K., JERRY, D.R., MANGOTT, A., STRUGNELL, J.M. 2019. The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3), 316-329.
- HUYNH, T.G., CHENG, A.C., CHI, C.C., CHIU, K.H., LIU, C.H. 2018. A synbiotic improves the immunity of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Metabolomic analysis reveal compelling evidence. *Fish & Shellfish Immunology*, 79: 284–293.
- ISSA, A.A., ABD-ALLA, M.H., OHYAMA, T. 2014. Nitrogen fixing cyanobacteria: future prospect. *Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation*, 2: 24-48.
- JORY, E.D., CABRERA, T.R., DUGGER, D.M., et al. 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: BROWDY, C.L. & JORY, D.E. *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A., USA. 104–152.
- KATHYAYANI, S.A., MURALIDHAR, M., KUMAR, T.S., ALAVANDI, S.V. 2019. Stress quantification in *Penaeus vannamei* exposed to varying levels of turbidity. *Journal of Coastal Research*, 86(SI): 177-183.
- KAWAHIGASHI, D. 2019. Sistemas culturais intensivos, multifásicos e genéticos, o caminho do futuro. In. Feira Nacional do Camarão XVI. 2019, Natal – RN, Brasil.
- KHANJANI, M.H., MOZANZADEH, M.T., FÓES, G.K. 2022. Aquamimicry system: a suitable strategy for shrimp aquaculture—a review. *Annals of Animal Science*.
- KHANJANI, M.H., BRITO, L.O., FÓES, G.K., VIEIRA, F.N., POLI, M.A., SANTOS, M., EMERENCIANO, M.G.C. 2023. Synbiotics and aquamimicry as alternative microbial-based approaches in intensive shrimp farming and biofloc: Novel disruptive techniques or complementary management tools? A scientific-based overview. *Aquaculture*,

739273.

- KUBITZA, F. 2018. Adubação eficiente na produção de camarões marinhos. *Panorama da Aquicultura*, 28(166): 14-25.
- LARA, G., HOSTINS, B., BEZERRA, A., POERCH, L., WASIELESKY, W. JR. 2017. The effects of different feeding rates and re-feeding of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc culture system. *Aquacultural Engineering*: 20–26.
- LIGHTNER, D.V. 2005. Biosecurity in shrimp farming: pathogen exclusion through use of SPF stock and routine surveillance. *Journal of the World Aquacultural Society*, 36: 229-248.
- MACIEL, J.C., FRANCISCO, C.J., MIRANDA-FILHO, K.C. 2018. Compensatory growth and feed restriction in marine shrimp production, with emphasis on biofloc technology. *Aquaculture International*, 26, 203.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R., CAMPAÑA-TORRES, A., MARTÍNEZ-PORCHAS, M. 2004. Manejo de la Productividad Natural en el Cultivo del Camarón. In: Cruz-Suárez LE, Ricque-Marie D, Nieto-López MG, Villarreal D, Scholz U, González M. *Avances em Nutrición Acuicola. Sonora: Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, 2004, p.671-694.
- MASOJÍDEK, J., TORZILLO, G., KOBLÍŽEK, M. 2013. Photosynthesis in Microalgae. *Handbook of Microalgal Culture*, 21–36.
- MEKONNEN, M.M., HOEKSTRA, A.Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, *Value of Water Research Report Series No.48*, UNESCO-IHE.
- MEKONNEN, M.M., HOEKSTRA, A.Y. 2011 The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5): 1577-1600.
- MEYBECK, M. 1982. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, 282(4): 401-450.
- MISCHKE C.C. 2012. *Aquaculture Pond Fertilization: Impacts of Nutrient Input on*

Production.314.

- MOHANTY, R.K., AMBAST, S.K., PANIGRAHI, P., MANDAL, K.G. 2018. Water quality suitability and water use indices: Useful management tools in coastal aquaculture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 485: 210-219.
- MOLLER, O.O., CASTAING, P., SALOMON, J.C., LAZURE, P. 2001. The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. *Estuaries*, 24(2): 297-311.
- MOSS, S.M., PRUDER, G.D. 1995. Characterization of organic particles associated with rapid growth in juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone, reared under intensive culture conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 187:175–191.
- MOSS, S.M., DIVAKARAN, S., KIM, B.G. 2001. Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 32(2): 125-131.
- NAYLOR, R.L., HARDY, R.W., BUREAU, D.P., CHIU, A., ELLIOTT, M., FARRELL, A.P., FORSTER, I., GATLIN, D.M., GOLDBURG, R.J., HUA, K., NICHOLS, P.D. 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106, 15103–10.
- NISAR, U., PENG, D., MU, Y., SUN, Y. 2022. A Solution for Sustainable Utilization of Aquaculture Waste: A Comprehensive Review of Biofloc Technology and Aquamimicry. *Frontiers in Nutrition*, 8.
- NUNES, A.J.P. 2001. Alimentação para camarões marinhos, parte II, Rio de Janeiro. *Panorama da Aquicultura*, 11(63): 13-23.
- NUNES, A. J. P. 2002. Aeração mecânica na engorda de camarões marinhos. *Panorama da Aquicultura*, 12(70): 25-37.
- NUNES, A.J.P., GESTEIRA, T.C.V., OLIVEIRA, G.G., LIMA, R.C., MIRANDA, P.T.C., MADRID, R.M. 2005. Princípios para Boas Práticas de Manejo (BPM) na engorda de camarão marinhos no Estado do Ceará. Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). In: Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, Fortaleza, Ceará.

- NUNES, C.A.R., LUDKE, M., PEREIRA, C., LIMA, M.R.D., SANTOS, J.D. 2016. Nutritional assessment of ingredients used in pacific white shrimp feed. *Revista Caatinga*, 29: 716-724.
- PACHECO, L. A., KUNRATH, N., COSTA, C. M., COSTA, L. D. F., FOES, G. K., WASIELESKY, W., YUNES, J. S. 2016. Identification of the Toxic Pentapeptide Nodularin in a Cyanobacterial Bloom in a Shrimp Farm in South American Atlantic Coast. *Pharmaceutica Analytica Acta*, 07(05).
- PAHLOW, M., VAN OEL, P.R., MEKONNEN, M.M., HOEKSTRA, A.Y. 2015. Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Science of the Total Environment*, 536: 847–857.
- PAZIR, M.K., AHMADI, A., KHEZRI, P.H. 2022. The effect of COVID-19 pandemic on the shrimp industry of Iran. *Marine Policy*, 136, 104900.
- PINTO-COELHO, R.M. 2004. Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação de biomassa em zooplâncton de águas epicontinentais. Pp. 149-165. In: C.E.M. BICUDO & D.C. BICUDO (eds.). *Amostragem em limnologia*. RIMA, São Carlos, SP. 351p
- POERSCH, L.H., MAGALHÃES, V., LARA, G., CHAVES, F., WASIELESKY, W., FÓES, G.K. 2021. Comparative strategies for intensive shrimp production in ponds using biofloc technology system in Southern Brazil: Water quality, zootechnical performance and economic viability for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 52(8): 3713-3722.
- PRATES, E., HOLANDA, M., PEDROSA, V.F., MONSERRAT, J.M., WASIELESKY, W. 2023. Compensatory growth and energy reserves changes in the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in different temperatures and under feed restriction in biofloc technology system (BFT). *Aquaculture*, 738821.
- PUJA, C., ABHIJITH, M., MURALIDHAR, P.A.A., KARTHIREDDY, S. 2018. Aquamimicry; An innovative method for shrimp farming. *Aqua International*. 26(8): 48-50.
- RABOBANK. 2022. Farmed Shrimp Production Forecast by Gorjan Nikolik. In: *Global Outlook for Aquaculture – GOAL*. 21<sup>a</sup> ed, 2022. Seattle – DC, USA.

- ROCHA, J.V., SILVA, J.F., BARROS, C., PEIXOTO, S., SOARES, R. 2019. Compensatory growth and digestive enzyme activity of *Litopenaeus vannamei* submitted to feeding restriction in a biofloc system. *Aquaculture Research*, 50(12): 3653-3662.
- ROMANO, N. 2017. Aquamimicry: a revolutionary concept for shrimp farming. *The Global Aquaculture Advocate*. 1-6.
- ROY, L.A., DAVIS, D.A., WHITIS, G.N. 2012. Effect of Feeding Rate and Pond Primary Productivity on Growth of *Litopenaeus vannamei*. Reared in Inland Saline Waters of West Alabama. *North American Journal of Aquaculture*, 74(1): 20–26.
- SHANG, Y.C., MEROLA, N. 1987. Manual de economia de la acuicultura. FAO/Programa Cooperativo Gubernamental. Proyecto GCP/RLA/ 075/ ITA. Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para America Latina y el Caribe. Brasília.
- SHANG, Y.C. 1992. Penaeid markets and economics. In A.W. FAST & L.J. LESTER (Ed.), *Marine shrimp culture: Principles and practices* (pp. 589–604). Elsevier.
- SILVA, K.R., WASIELESKY JR, W., ABREU, P.C. 2013. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44(1): 30-41.
- SILVA, S.S., HASAN, M.R. 2007. Feeds and fertilizers: the key to long-term sustainability of Asian aquaculture. In M.R. HASAN, T. HECHT, S.S. De SILVA, A.G.J. TACON (eds). *Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable Aquaculture development*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 497. Rome, FAO. pp. 19–47.
- SOKAL, R.R., ROHLF, F.J. 1969. *Biometry principle and practices of statistics in biological research*. W. H. Freeman & Company: San Francisco, California, 776p.
- SOLLER, F., ROY, L.A., DAVIS, D.A. 2019. Replacement of fish oil in plant-based diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, by stearine fish oil and palm oil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 50(1): 186-203.
- STAFFORD, C. 1999. *Guide to phytoplankton of aquaculture ponds*. Dept. of Primary Industries, Queensland.
- STEEDMAN, H.R. 1976. *Zooplankton fixation and preservation*. UNESCO Monogr.

- Oceanogr. Methodol, 4: 350.
- STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis.
- TAILLY, J.B.D. 2019. Study of an economical shrimp farming protocol aiming at improving control over water quality (Doctoral dissertation, Nutreco International, Vietcombank Bdg, 8th floor, 13-13 bis Ky Dong, district 3, 700 000 Ho Chi Minh Ville, Vietnam).
- THAKUR, D.P., LIN, C.K. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural engineering*, 27(3): 159-176.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Int. Vereinigung für Theor. und Angew. Limnol. Kom. für Limnol. Methoden* 9: 1–39.
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France. 53p.
- VAN, T.P.T.H., RHODES, M.A., ZHOU, Y., DAVIS, D.A. 2017. Feed management for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* under semi-intensive conditions in tanks and ponds. *Aquaculture Research*, 48(10), 5346–5355. doi:10.1111/are.13348
- VAN WYK, P., SCARPA, J. 1999. Water Quality Requirements and Management. *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*, 141–161.
- VAN LOO, E.J., CAPUTO, V., NAYGA JR, R.M., & VERBEKE, W. 2014. Consumers' valuation of sustainability labels on meat. *Food Policy*, 49: 137-150.
- VERDEGEM, M.C.J., BOSMA, R.H. 2009. Water withdrawal for brackish and inland aquaculture, and options to produce more fish in ponds with present water use. *Water Policy*, 11(S1): 52-68.
- VIDAL, M.F., XIMENES, L.J.F. 2016. Carcinicultura no Nordeste: Velhos desafios para geração de emprego e de renda sustentáveis, até quando? *Caderno Setorial do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE*, 1: 41-45.
- VINATEA, L. 1997 *Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: Uma revisão para peixes e camarão*. Florianópolis: UFSC.
- WU, L., DONG, S., WANG, F., TIAN, X., MA, S. 2001. The effect of previous feeding regimes on the compensatory growth response in chinese shrimp, *Fenneropenaeus*

- chinensis*. Journal of Crustacean Biology, 21: 559–565.
- WYBAN, J.A., SWEENEY, J.N., KANNA, R.A. 1998. Shrimp Yields and Economic Potential of Intensive Round Pond Systems. Journal of the World Aquaculture Society, 19 (4): 210-217.
- WYBAN, J., WALSH, W.A., GODIN, D.M. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture, 138(1-4): 267-279.
- YAO, W., LI, X., ZHANG, C., WANG, J., CAI, Y., LENG, X. 2021. Effects of dietary synbiotics supplementation methods on growth, intestinal health, non-specific immunity and disease resistance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish & Shellfish Immunology, 112: 46–55.
- YUSOFF, F.M., ZUBAIDAH, M.S., MATIAS, H.B., KWAN, T.S. 2002. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. Aquaculture Research, 33(4): 269-278.
- ZAR, J.H. 1996. Biostatistical Analysis. Third Edit ed. New Jersey: Prentice Hall.
- ZHU, Z.M., LIN, X.T., PAN, J.X., XU, Z.N. 2016. Effect of cyclical feeding on compensatory growth, nitrogen and phosphorus budgets in juvenile *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research, 47: 283–289.