



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



**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNAS E LIPÍDEOS EM
DIETAS DE CAMARÕES *Litopenaeus vannamei* CULTIVADOS EM SISTEMA
DE BIOFLOCOS SUPERINTENSIVOS**

Ítalo Felipe Mascena Braga

Rio Grande - RS, Brasil

Julho, 2023

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

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNAS E LIPÍDEOS EM
DIETAS DE CAMARÕES *Litopenaeus vannamei* CULTIVADOS EM SISTEMA
DE BIOFLOCOS SUPERINTENSIVOS**

Ítalo Felipe Mascena Braga

Tese apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do grau de **Doutor em Aquicultura** no
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Dr. Geraldo Kipper Fóes

Co-orientador: Dr. Victor Torres Rosas

Rio Grande- RS, Brasil

Julho, 2023

Índice

Sumário

Resumo geral	x
General Abstract.....	xii
Introdução geral.....	14
Objetivos	18
Objetivo Geral	18
Objetivo Específico	18
Estrutura da Tese	18
Referências	19
CAPITULO I – Diferentes níveis proteicos no berçário do camarão branco do Pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) cultivados em sistemas superintensivos com bioflocos.....	26
Resumo	27
1. Introdução	28
2. Materiais e métodos	29
3. Resultados.....	33
4. Discussão	35
5. Conclusão	40
6. Agradecimentos	40
8. Referências	41
CAPITULO II - Diferentes níveis lipídicos no berçário do camarão branco do Pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) em sistema cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos.	57
RESUMO.....	58
INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAIS E METÓDOS.....	61
RESULTADOS	67
DISCUSSÃO	75
CONCLUSÕES	81
AGRADECIMENTOS	81
REFERÊNCIAS	81
CAPITULO III – Diferentes níveis proteicos no cultivo superintensivo de juvenis do camarão branco do Pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) em sistemas de bioflocos.....	91
RESUMO.....	92

INTRODUÇÃO	93
MATERIAS E METODOS	95
RESULTADOS	101
DISCUSSÃO	108
AGRADECIMENTOS	116
REFERÊNCIAS	116
CAPÍTULO IV - Influência de diferentes níveis lipídicos nas dietas de juvenis do camarão branco do pacífico cultivados em sistemas intensivos de bioflocos sobre: o crescimento, sobrevivência e conservação do músculo.....	129
Resumo	130
1. Introdução.....	131
2. Metodologia.....	133
3. Resultados	139
4. Discussão.....	146
5. Conclusões.....	149
6. Agradecimentos.....	149
7. Referências	149
Considerações gerais	160
Perspectivas futuras	162
Anexos.....	163

Agradecimentos

Primeiramente a Deus!

À Universidade Federal de Rio Grande-FURG e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, especialmente em nome de todos os professores e colaboradores do programa pelos ensinamentos e vivências trocadas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado e apoio financeiro para a execução do projeto de pesquisa. À FAPERGS e parceiros do Projeto Camarão pelo financiamento da pesquisa e parcerias que permitem o funcionamento da pesquisa no estado e país.

Ao Projeto Camarão, representado na figura do Professor Dr. Geraldo Fóes pela orientação, confiança, tempo e ensinamentos e pela oportunidade de vivenciar o funcionamento de um grande grupo de trabalho.

Ao meu co-orientador, Dr. Victor Torres pela vivência acadêmica, paciência, amizade, conversas e principalmente por ter me estendido a mão quando eu mais precisei.

À Empresa Guabi Nutrição e Saúde Animal S.A., na figura de João Manoel Cordeiro Alves, pelo fornecimento da farinha de peixe utilizada no processo de fabricação das dietas experimentais.

Aos amigos e colegas de trabalho, em especial ao Fellipy Holanda, Jun Koiike, Luciana Kelly, Everardo Silva, Alan Carvalho, Rafael Buitrago, pela amizade, troca de conhecimentos, conversas, jogos e principalmente por compartilhar as felicidades e frustrações da pós-graduação.

Agradeço a meus amigos João Victor, Maria Carolina, Marcele Trajano e Suelder Oliveira pelos diversos anos amizade e suporte mesmo à distância.

Agradecimento especiais à minha Maria de Lourdes, minha irmã Laís Lucedi, pelo apoio, dedicação e incentivo por todos esses anos na academia.

Assim como um agradecimento especial à Andrezza Carvalho e “Pipa Alessandra”, por dividirem os melhores momentos vividos nos últimos quatro anos, por me darem apoio e suporte incondicional nos momentos que achei que não iria ter forças para continuar na pós-graduação, e por todo amor trocado.

Lista de tabelas

Capítulo I	Pág.
Tabela 1 – Formulação das dietas experimentais e composição centesimal das rações de camarões de camarões	50
Tabela 2 - Variáveis da qualidade de água (média $\pm$ desvio padrão) durante berçário superintensivo de <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas.	51
Tabela 3 - Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) durante o período de berçário superintensivo de <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas.	52
Tabela 4 - Efeito de diferentes níveis proteicos na alimentação de <i>L. vannamei</i> durante berçários superintensivos em sistema BFT na composição centesimal (média $\pm$ desvio padrão) dos bioflocos e do biofilme.	53
Tabela 5 - Variáveis econômicas (média $\pm$ desvio padrão) durante o berçário superintensivos em BFT de <i>L. vannamei</i> alimentados com diferentes níveis proteicos.	54
Capítulo II	
Tabela 1 - Formulações das dietas experimentais e composição centesimal das rações para berçários superintensivos de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema de bioflocos	62
Tabela 2 - Variáveis de qualidade de água (média $\pm$ desvio padrão) no cultivo berçário de <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas.	69
Tabela 3 - Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) durante berçário superintensivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivados com diferentes níveis de lipídeos nas dietas.	70
Tabela 4 - Efeito de diferentes níveis lipídicos na alimentação de <i>L. vannamei</i> durante berçários superintensivos na composição centesimal (média $\pm$ desvio padrão) dos bioflocos e do biofilme.	71
Tabela 5 - Variáveis econômicas (média $\pm$ desvio padrão) durante o berçário superintensivos em bioflocos de <i>L. vannamei</i> alimentados com diferentes níveis lipídicos.	72
Capítulo III	
Tabela 1 - Formulações e composição das dietas experimentais para engorda de <i>L. vannamei</i> cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos	97
Tabela 2 - Variáveis da qualidade de água (média $\pm$ desvio padrão) durante engorda de <i>L. vannamei</i> em sistema superintensivo de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas	102
Tabela 3 – Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) durante a engorda de <i>L. vannamei</i> cultivados em sistema superintensivos de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas	104

Tabela 4- Efeito de diferentes níveis proteicos na alimentação de *L. vannamei* durante cultivos superintensivos em sistema de bioflocos na composição centesimal (média $\pm$ desvio padrão) dos bioflocos e camarões. 105

Tabela 5- Variáveis econômicas (média $\pm$ desvio padrão) durante o cultivo superintensivos em bioflocos de *L. vannamei* alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas. 108

Capítulo IV

Tabela 1- Formulações das dietas experimentais e composição centesimal das rações para engordas de *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivo de bioflocos 134

Tabela 2- Variáveis da qualidade de água (média $\pm$ desvio padrão) durante engorda em sistema superintensivo de *L. vannamei* em bioflocos alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas. 140

Tabela 31- Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) durante o período de berçário superintensivo de *L. vannamei* em sistema BFT alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas. 142

Tabela 4- Efeito de diferentes níveis lipídicos na alimentação de *L. vannamei* durante cultivos superintensivos em sistema BFT na composição centesimal (média $\pm$ desvio padrão) dos bioflocos e camarões. 144

Lista de figuras

Capítulo I	Pág.
Figura 1 – Efeito dos diferentes níveis proteicos nas dietas de <i>Litopenaeus vannamei</i> sobre os compostos nitrogenados (A- Nitrogênio da amônia total, B-Nitrogênio do nitrito e C- Nitrogênio do nitrato) cultivados em berçário superintensivos de BFT. B2- Concentrações de Nitrogênio do nitrito entre os dias 5 e 8.	55
Figura 2 – Efeito dos diferentes níveis proteicos nas dietas de <i>Litopenaeus vannamei</i> sobre a capacidade antioxidante total- ACAP (A) e peroxidação lipídica- TBARS (B) dos animais cultivados em berçário superintensivos em bioflocos	56
Capítulo II	
Figura 1- Efeito dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de <i>Litopenaeus vannamei</i> sobre os compostos nitrogenados (A- Nitrogênio da amônia total, B-Nitrogênio do nitrito e C- Nitrogênio do nitrato) cultivados em berçário superintensivos em bioflocos	72
Figura 2- Análise de regressão da produtividade (kg/m ³) de acordo com os níveis de lipídeos nas dietas de juvenis de <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivados em berçários superintensivos de Bioflocos. Pontos representam valores médios ± erro padrão.	73
Figura 3 – Efeito dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de <i>Litopenaeus vannamei</i> sobre a capacidade antioxidante total – ACAP (A) e peroxidação lipídica – TBARS (B) dos animais cultivados em berçário superintensivos de bioflocos.	74
Capítulo III	
Figura 1- Influência de diferentes níveis proteicos sobre o peso médio de juvenis de <i>L. vannamei</i> cultivados em sistemas intensivos de bioflocos. BK-P ponto de quebra do modelo Broken-line, PBm= ponto de máximo peso médio pelo modelo de regressão, Intercept- ponto de máxima eficiência sugerido por Baker et al. (2002).	106
Figura 2- Valores de capacidade antioxidante total contra radicais peróxil (expressa em área relativa) no músculo (2A) e hepatopâncreas (2C) e concentração de substâncias reativas aos ácidos tiobarbitúricos no músculo (2B) e hepatopâncreas (2D) de juvenis de <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivados em sistemas intensivos de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos.	107
Capítulo IV	
Figura 1- Análise de regressão polinomial da produtividade no cultivo intensivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistemas de bioflocos alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas.	141
Figura 2 - Influência dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivados em sistemas intensivos de bioflocos nos valores de capacidade antioxidante total contra radicais peróxil (expressa em área relativa) no músculo (2A) e hepatopâncreas (2B)	145
Figura 3- Influência dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivados em sistemas intensivos de bioflocos nos valores de pH (3A) e concentração de substâncias reativas aos ácidos tiobarbitúricos- TBARs no músculo (3B) congelados ao longo do tempo.	145

1 **Resumo geral**

2 O aumento da demanda por proteínas de qualidade, associadas à necessidade da redução
3 do uso de área e água faz com que cresça o interesse na intensificação do cultivo de
4 organismos aquáticos. Neste sentido, o camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, é um
5 excelente candidato, seu conjunto de características biológicas permite adaptação às
6 diversas condições e sistemas de cultivos, tal como sua alta tolerância a sistemas
7 superintensivo em bioflocos. Entretanto, o aumento da densidade de estocagem pode
8 afetar o crescimento, a eficiência alimentar, além de aumentar a competição
9 intraespecífica e prejudicar o sistema imune e capacidade antioxidante dos animais. A
10 nutrição pode atuar como uma ferramenta que consiga mitigar os problemas associados à
11 alta densidade mais especificamente o uso de dietas específicas para cultivos
12 superintensivos (nutricionalmente e energeticamente) pode melhorar o crescimento e a
13 rentabilidade. A tese é composta por quatro capítulos que abordam a criação de camarões
14 em sistemas superintensivos de bioflocos sobre influência de diferentes níveis proteicos
15 e lipídicos para as fases de berçário e engorda. Os estudos experimentais foram
16 conduzidos em sistemas de bioflocos (50 L volume útil) a fim de avaliar a influência das
17 diferentes dietas sobre as variáveis de qualidade de água, desempenho zootécnico,
18 capacidade antioxidante dos animais, qualidade nutricional dos bioflocos e animais. Para
19 o Capítulo I, foram testados diferentes níveis proteicos (32, 36, 40, 44 e 48%) durante o
20 berçário de *L. vannamei*. A utilização de dietas ricas em proteína bruta (44 e 48 % PB)
21 aumentaram o consumo de alcalinidade e por consequência reduzindo o pH nos
22 tratamentos ($p<0,05$), assim como no tratamento 48 % PB foi registrado um aumento dos
23 níveis de nitrito e consumo de água. Contudo, o sistema de bioflocos foi eficaz na redução
24 dos níveis proteicos nas dietas dos camarões cultivados até 32 % PB sem afetar o
25 crescimento, sobrevivência e sistema antioxidante dos animais ($p>0,05$). No capítulo II,
26 foram testados diferentes níveis lipídicos nas dietas (5,0; 7,0; 9,0; 11 e 13 %) de *L.*
27 *vannamei* para a fase de berçário, os resultados mostram que o uso de dietas com teores
28 de lipídicos superiores a 9,0 % afetaram bruscamente a sobrevivência e produtividade dos
29 animais, além de aumentar os custos com alimentação para essa fase ($p<0,05$). O aumento
30 do teor lipídico na composição nutricional do bioflocos foi diretamente proporcional aos
31 níveis lipídicos nas dietas ($p<0,05$). O capítulo III avaliou os diferentes níveis proteicos
32 durante a engorda dos animais. É possível reduzir os teores proteicos nas dietas em até

36 % PB, sem afetar o desempenho zootécnico dos animais ($p>0,05$), os modelos de regressão e broken-line aplicados demonstram que os níveis proteicos das dietas são de 46,3% e 38,2 % PB, respectivamente. Além disso, os custos com alimentação foram maiores no tratamento 32% PB ($p<0,05$). No Capítulo IV, houve o teste de diferentes lipídicos nas dietas durante a engorda dos camarões *L. vannamei*. O uso de dietas com 5,0 e 7,0 % de lipídeos, proporcionaram melhores taxas de sobrevivência, aproveitamento das rações e retenção dos nutrientes ($p<0,05$). Além disso, os maiores níveis lipídicos testados (9,0, 11 e 13% EE) influenciaram negativamente o pH e oxidação lipídica ao longo do tempo de armazenamento. Nossos resultados permitem concluir que o uso de dietas específicas para cultivos superintensivos em sistema de bioflocos permite maximizar o desempenho zootécnico, sem afetar a qualidade de água e o sistema antioxidante dos animais, além de reduzir os custos com alimentação.

Palavras-chave: Bioflocos, sistema superintensivo, alimentação, diferentes níveis proteicos e lipídicos

48 **General Abstract**

49 The increased demand for quality proteins, associated with the need to reduce the use of
50 land and water, increases the interest in intensifying the cultivation of aquatic organisms.
51 In this sense, the marine shrimp, *Litopenaeus vannamei*, is an excellent candidate, its set
52 of biological characteristics allows adaptation to different conditions and cultivation
53 systems, such as super-intensive culture in a biofloc system. However, the increase in
54 stocking density can affect growth, feed efficiency, in addition to increasing intraspecific
55 competition and impairing the immune system and antioxidant capacity of animals.
56 Nutrition can act as a tool that can mitigate the problems associated with high density,
57 more specifically the use of specific diets for super-intensive crops (nutritionally and
58 energetically) can improve growth and profitability. The thesis consists of four chapters
59 that address the rearing of shrimp in super-intensive systems of biofloc under the
60 influence of different protein and lipid levels for the nursery and growth-out phases. The
61 experimental studies were carried out in biofloc systems (50 L useful volume) in order to
62 evaluate the influence of different diets on the water quality, zootechnical performance,
63 antioxidant capacity of the animals, nutritional quality of the biofloc and shrimps. For
64 Chapter I, different protein levels (32, 36, 40, 44 e 48%) were tested during the *L.*
65 *vannamei* nursery. The use of diets rich in crude protein (44 and 48% CP) increased the
66 consumption of alkalinity and consequently reduced the pH in the treatments ($p<0.05$),
67 as well as in the treatment 48% CP an increase in the levels of nitrite and water
68 consumption. However, the biofloc system was effective in reducing protein levels in the
69 diets of shrimp cultured up to 32% CP without affecting the growth, survival and
70 antioxidant system of the animals ($p>0.05$). In chapter II, different lipid levels were tested
71 in the diets of *L. vannamei* for the nursery phase, the results show that the use of diets
72 with lipid contents greater than 9.0% abruptly affected the survival and productivity of
73 the animals, in addition to increase food costs for this phase ($p<0.05$). The increase in
74 lipid content in the nutritional composition of the biofloc was directly proportional to the
75 lipid levels in the diets ($p<0.05$). Chapter III evaluated the different protein levels during
76 the growt-out phase of the shrimps, the applied regression and broken-line models
77 demonstrate that the protein levels of the diets are 46.3% and 38.2% CP, respectively.
78 Furthermore, food costs were higher in the 32% CP treatment ($p<0.05$). In Chapter IV,
79 there was the test of different lipids in the diets during the growth-out of shrimp *L.*

vannamei. The use of diets with 5.0 and 7.0% of lipids provided better survival rates, use of the feeding and retention of nutrients ($p<0.05$). Furthermore, the highest lipid levels tested (9.0, 11 and 13% EE) negatively influenced pH and lipid oxidation over time of storage. Our results allow us to conclude that the use of specific diets for super-intensive cultures in a biofloc system allows maximizing the zootechnical performance, without affecting the water quality and the antioxidant system of the animals, in addition to reducing feed costs.

Keywords: Biofloc, super-intensive system, feeding cost, different protein and lipid levels

89 **Introdução geral**

90 Com o aumento demanda por alimentos, principalmente fontes de proteínas de
91 qualidade, tais como peixes e camarões, existe um interesse na expansão da produção
92 aquícola. A produção de camarões marinhos cresceu aproximadamente 86 % na última
93 década atingindo 6,5 milhões de toneladas em 2020 (FAO, 2022). O camarão branco do
94 Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, é a principal espécie de crustáceo cultivada no mundo,
95 produzindo 5,63 milhões de toneladas, representando cerca de 61 % do volume produtivo
96 do cultivo de camarões (FAO, 2022; Liddel and Yencho, 2020). Entretanto a expansão
97 desta indústria, ocorreu sumariamente de maneira horizontal, ou seja, através do
98 crescimento das áreas produtivas e uso de água, empregando principalmente cultivos
99 extensivos e semi-intensivos (Avnimelech, 2015).

100 Por outro lado, para a manutenção do crescimento desse setor, outras estratégias
101 ambientalmente mais amigáveis devem ser avaliadas (FAO, 2022). Uma destas
102 abordagens é a expansão vertical da produção, através do aumento das densidades de
103 estocagem empregadas durante o cultivo (Emerenciano et al., 2022). A intensificação
104 sustentável é uma abordagem promissora para aumentar a produção de camarões, com
105 redução do uso de recursos finitos (por exemplo, terra e água) os quais podem ser
106 aproveitados por outras atividades. Também a criação de ambientes controlados,
107 aumentando a biossegurança dos cultivos, semelhante ao que acontece em outras áreas da
108 produção animal tais como aves e suínos (Alday-Sanz et al., 2020). O camarão *L.*
109 *vannamei* é um excelente candidato a cultivos intensivos devido suas características
110 biológicas, tais como menor requerimento proteico, comportamento gregário, alta
111 tolerância a variações das condições ambientais, facilidade de reprodução, obtenção de
112 pós-larvas e domesticação dos animais (Emerenciano et al., 2017; Kim et al., 2015).

113 Dentre os sistemas intensivos de cultivo, o sistema de bioflocos (*biofloc*
114 *technology- BFT*) tem ganhado destaque por ter uma abordagem ambientalmente mais
115 amigável e biossegura, podendo ser classificado como participante da revolução azul da
116 aquicultura (*Blue-Revolution*) (Emerenciano et al., 2017; FAO, 2022). Isto se deve pela
117 capacidade do sistema de se manter estável através do controle da qualidade de água
118 realizado por agregados de microrganismos capazes de absorver ou oxidar compostos
119 nitrogenados tóxicos dissolvidos (amônia e nitrito principalmente) em formas menos
120 prejudiciais aos organismos (nitrato), por meio das bactérias heterotróficas e nitrificantes,

respectivamente (Ebeling et al., 2006). Entretanto, para bom funcionamento do sistema de bioflocos é necessário ter maior tecnificação, controle dos *inputs* (alimentação, tratamento de água, animais, sanitização) e proficiência de manejo por parte dos operadores quando comparado a cultivos menos intensivos (Emerenciano et al., 2022).

Estudos relacionados à determinação/otimização das densidades de estocagem de camarões em sistemas de bioflocos têm sido realizados nos últimos anos (Anand et al., 2021; da Silveira et al., 2022; Krummenauer et al., 2011; Silva et al., 2015), para diferentes estágios de vida dos animais. Durante o berçário, as densidades de estocagem normalmente variam entre 1.500 a 11.250 camarões/m³ sem afetar a sobrevivência dos animais (da Silveira et al., 2022; Silva et al., 2015; Wasielesky et al., 2013) enquanto que na fase de engorda/crescimento (*grow-out*) os valores variam entre 150 até 750 camarões/m³ (da Silveira et al., 2022). Entretanto, mesmo na presença de bioflocos, o aumento demasiado na densidade de estocagem empregada pode causar um efeito “lotação” (*crowding effect*) pelo aumento da competição intraespecífica dos animais, prejudicando assim o aproveitamento das dietas e por consequência resultando na redução no crescimento dos animais (Fleckenstein et al., 2020; Liu et al., 2017; Wasielesky et al., 2013). Além disso, este efeito pode afetar os sistemas antioxidante e imune dos camarões e também causar a deterioração da qualidade de água (Lin et al., 2015; Liu et al., 2017; Prangnell et al., 2016).

Liu et al. (2017) sugerem que a redução no crescimento pode ser um indicativo de estresses crônicos. Estresses ambientais podem afetar o balanço energético dos organismos devido à energia necessária para recuperar e/ou manter a homeostase (Sokolova et al., 2012). Por exemplo, animais cultivados em baixa salinidade necessitam de energia adicional para realização dos processos de osmorregulação (Tseng and Hwang, 2008). Entretanto, há pouca bibliografia sobre o efeito no aumento das densidades de estocagem no balanço energético de camarões.

A nutrição tem um papel primordial frente a fatores estressores por ser a principal ferramenta de obtenção de nutrientes e energia aos organismos cultivados (Oliva-Teles, 2012), como pode ser observado para compensar o crescimento de animais em baixas salinidades (Chen et al., 2014; Ouraji et al., 2011) ou para estimular o sistema imune e antioxidante (Aguilar et al., 2012). Sistemas de cultivos intensivos dependem quase que exclusivamente do fornecimento de alimentos nutricionalmente completos e de manejo

153 alimentar adequado para uma produção eficiente e bem-sucedida (Emerenciano et al.,
154 2022; Strebel et al., 2023). Entretanto, o uso de dietas formuladas é descrito como o
155 principal custo operacional efetivo (COE) durante o cultivo de organismos aquáticos,
156 podendo representar entre 40 até 60% do COE (de Almeida et al., 2021; Rego et al.,
157 2017). A utilização de dietas específicas para cada condição, além de diminuir os custos,
158 pode encurtar o tempo de cultivo e reduzir os impactos ambientais (Braga et al., 2016;
159 Chatvijitkul et al., 2017; Naylor et al., 2009; Xu et al., 2018).

160 De maneira geral, o nível proteico nas dietas é o fator que mais influencia no
161 cultivo de camarões (Mansour et al., 2022). As proteínas (fontes de aminoácidos
162 essenciais) têm um importante papel na construção e reparo de tecidos, manutenção de
163 funções vitais, resposta imune e servem como fonte de energia para o metabolismo animal
164 (Dumas et al., 2007; Wang et al., 2015). A farinha de peixe, é tradicionalmente a fonte
165 principal de proteína nas dietas de camarões, devido sua elevada digestibilidade, conteúdo
166 nutricional e palatabilidade (Miles and Chapman, 2006). Entretanto, a farinha de peixe
167 tem disponibilidade limitada e um elevado preço de mercado (FAO, 2022; Katya et al.,
168 2016; Naylor et al., 2009).

169 É sabido que fatores extrínsecos e intrínsecos dos organismos podem afetar as
170 necessidades nutricionais dos organismos aquáticos, especialmente em termos de
171 utilização das proteínas (Halver, 2013). Diversos experimentos demonstram que a
172 necessidade nutricional para *L. vannamei* pode variar amplamente desde 30 até 48% de
173 proteína bruta. Isso tem sido relacionado às condições de cultivo, tipo de sistema adotado
174 e fase de vida dos animais (Hu et al., 2008; Rosas et al., 2001; Smith et al., 1985).
175 Diferente de outros sistemas de cultivos intensivos, os bioflocos podem servir como
176 fontes de alimento suplementar, podendo contribuir com 13 até 43 % do carbono e entre
177 37 até 43 % do nitrogênio nos tecidos dos camarões (Krummenauer et al., 2020; Tierney
178 and Ray, 2018), assim podendo reduzir a quantidade de alimento exógeno ofertado (Kaya
179 et al., 2019; Lara et al., 2017; Prates et al., 2023; Tong et al., 2020). Além disso, em
180 alguns casos, este sistema é capaz de realizar o efeito de poupador da proteína,
181 possibilitando a redução dos teores proteicos nas dietas de camarões marinhos (Jatobá et
182 al., 2014; Mansour et al., 2022; Xu and Pan, 2014; Yun et al., 2016).

183 Por outro lado, interações entre cultivos em sistema BFT e níveis lipídicos nas
184 dietas são pouco abordadas (Hamidoghli et al., 2019; Toledo et al., 2014). Lipídeos

possuem a função primária de fornecer fontes concentradas de energia, ácidos graxos essenciais (AGE) e fosfolipídios importantes para o crescimento e desenvolvimento normal dos organismos aquáticos, além de participarem de diversas funções metabólicas, tais como osmorregulação e reprodução (Chen et al., 2014; Hamidoghli et al., 2019; Li et al., 2015). Além disso, os lipídeos, assim como os carboidratos, são utilizados nas dietas para minimizar o uso de proteínas na obtenção de energia, gerando o efeito poupador da proteína (Cho and Kaushik, 1990). Estudos para a determinação dos níveis ótimos de lipídeos nas dietas de camarões marinhos possuem resultados bastante variados, oscilando entre 5,0 até 14 %, dependendo da espécie, fase de vida, condições ambientais e relação proteína: energia das dietas (Cuzon et al., 2004; Glencross et al., 2002; Zhang et al., 2013; Zhu et al., 2010).

Além de fontes nutricionais e energéticas os lipídeos podem ser correlacionados com o sistema imune não específico e antioxidante dos camarões, apesar deste conhecimento não ser claramente elucidado. Hamidoghli et al. (2019) e Zhang et al. (2013) reportaram aumento das respostas imunes de juvenis de *L. vannamei* alimentados com dietas entre 9,0 e 12 % de lipídeos. Entretanto, Zhang et al. (2013) relatam redução no funcionamento do sistema antioxidante de animais cultivados com concentrações de 12 a 14 %, principalmente em relação da atividade enzimática da superperóxido dismutase (SOD). Toledo et al. (2014) observaram que o aumento do teor lipídico das dietas dos camarões marinhos, influenciam no teor lipídico dos animais, assim como no perfil de ácido graxo dos mesmos. Além disso, a quantidade e o perfil de ácidos graxos influenciam no processo de degradação natural dos lipídeos, refletindo assim no tempo de conservação dos animais abatidos (tempo de prateleira) (Chanmugam et al., 1983). Oxidação lipídica é a principal forma de degradação de pescado durante o armazenamento, que pode gerar perdas de qualidade, incluindo, sabor, textura, valor nutricional e cor (Soyer 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho visa avaliar a influência de diferentes níveis de proteína e lipídeos na dieta de camarões *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistemas superintensivos com bioflocos no desempenho zootécnico, qualidade de água, composição nutricional dos bioflocos e camarões e na capacidade antioxidante total, e tempo de prateleira dos organismos cultivados.

216 **Objetivos**

217 **Objetivo Geral**

218 Determinar o efeito de diferentes valores proteicos e lipídicos nas dietas de *L.*
219 *vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos para duas fases de cultivo.

220 **Objetivo Específico**

- 221 • Determinar o efeito de diferentes níveis de proteína bruta nas dietas de pós-larvas
222 e juvenis, sobre o desempenho zootécnico de *L. vannamei* cultivados em sistemas
223 superintensivos (Capítulos I e III);
- 224 • Determinar o efeito de diferentes níveis de lipídeos nas dietas de pós-larvas e
225 juvenis, sobre o desempenho zootécnico de *L. vannamei* cultivados em sistemas
226 superintensivos (Capítulos II e IV);
- 227 • Avaliar o efeito dos diferentes níveis de lipídeos e proteína bruta sobre os
228 parâmetros de qualidade de água (Capítulos I, II, III e IV);
- 229 • Avaliar o efeito dos diferentes níveis de lipídeos e proteína bruta nas dietas sobre
230 a composição nutricional dos bioflocos (Capítulos I, II, III e IV);
- 231 • Avaliar os custos com alimentação utilizando dietas específicas para cultivos
232 superintensivos em sistema de bioflocos (Capítulos I, II e III);
- 233 • Avaliar o efeito das diferentes dietas na capacidade antioxidante dos animais
234 (Capítulos I, II, III e IV);
- 235 • Relacionar os diferentes níveis de lipídeos na ração com o tempo de prateleira dos
236 organismos cultivados (Capítulo IV).

237 **Estrutura da Tese**

238 Esta tese será composta por quatro capítulos, o primeiro foi formatado e
239 submetido a revista *Aquaculture*, enquanto que o segundo e terceiro foram formatados e
240 submetidos à revista *Boletim do Instituto de Pesca*, o quarto capítulo foi formatado
241 segundo as normas da *Aquaculture International*.

Referências

- Aguilar, V., Racotta, I.S., Goytortúa, E., Wille, M., Sorgeloos, P., Civera, R., Palacios, E., 2012. The influence of dietary arachidonic acid on the immune response and performance of Pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at high stocking density. *Aquac. Nutr.* 18, 258–271. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00892.x>
- Alday-Sanz, V., Brock, J., Flegel, T.W., McIntosh, R., Bondad-Reantaso, M.G., Salazar, M., Subasinghe, R., 2020. Facts, truths and myths about SPF shrimp in Aquaculture. *Rev. Aquac.* 12, 76–84. <https://doi.org/10.1111/raq.12305>
- Anand, P.S.S., Aravind, R., Biju, I.F., Balasubramanian, C.P., Antony, J., Saranya, C., Christina, L., Rajamanickam, S., Panigrahi, A., Ambasankar, K., Vijayan, K.K., 2021. Nursery rearing of Indian white shrimp, *Penaeus indicus*: Optimization of dietary protein levels and stocking densities under different management regimes. *Aquaculture* 542, 736807. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736807>
- Avnimelech, Y., 2015. Biofloc technology: A practical guide book, 3rd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana USA.
- Braga, A., Magalhães, V., Hanson, T., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. The effects of feeding commercial feed formulated for semi-intensive systems on *Litopenaeus vannamei* production and its profitability in a hyper-intensive biofloc-dominated system. *Aquac. Reports* 3, 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.03.002>
- Chanmugam, P., Donovan, J., Wheeler, C.J., Hwang, D.H., 1983. Differences in the lipid composition of fresh water prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and marine shrimp. *J. Food Sci.* 48, 1440–1441. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb03511.x>
- Chatvijitkul, S., Boyd, C.E., Davis, D.A., McNevin, A.A., 2017. Embodied Resources in Fish and Shrimp Feeds. *J. World Aquac. Soc.* 48, 7–19. <https://doi.org/10.1111/jwas.12360>
- Chen, K., Li, E., Gan, L., Wang, X., Xu, C., Lin, H., Qin, J.G., Chen, L., 2014. Growth and lipid metabolism of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different salinities. *J. Shellfish Res.* 33, 825–832. <https://doi.org/10.2983/035.033.0317>
- Cho, C.Y., Kaushik, S.J., 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet.* 61, 132–172. <https://doi.org/10.1159/000417529>

274 Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C., Guillaume, J., 2004. Nutrition of
 275 *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. Aquaculture 235, 513–551.
 276 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.022>

277 da Silveira, L.G.P., Rosas, V.T., Krummenauer, D., Fróes, C., da Silva, A., Poersch, L.H.,
 278 Fóes, G., Wasielesky, W., 2022. Establishing the most productive stocking densities
 279 for each stage of a multi-phase shrimp culture in BFT system. Aquac. Int. 30, 1889–
 280 1903. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00879-7>

281 de Almeida, M.S., Carrijo-Mauad, J.R., Gimenes, R.M.T., Gaona, C.A.P., Furtado, P.S.,
 282 Poersch, L.H., Wasielesky, W., Fóes, G.K., 2021. Bioeconomic analysis of the
 283 production of marine shrimp in greenhouses using the biofloc technology system.
 284 Aquac. Int. 29, 723–741. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00653-1>

285 Dumas, A., de Lange, C.F.M., France, J., Bureau, D.P., 2007. Quantitative description of
 286 body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus*
 287 *mykiss*). Aquaculture 273, 165–181.
 288 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.026>

289 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the
 290 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of
 291 ammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquacultural 257, 346–358.
 292 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>

293 Emerenciano, M.G.C., Martínez-Córdova, L.R., Martínez-Porchas, M., Miranda Baeza,
 294 A., 2017. Biofloc Technology (BFT): A tool for water quality management in
 295 aquaculture.

296 Emerenciano, M.G.C., Rombenso, A.N., Vieira, F. d. ., Martins, M.A., Coman, G.,
 297 Truong, H.H., Noble, T.H., Simon, C., 2022. Intensification of penaeid shrimp
 298 culture: An applied review of advances in production systems, nutrition and
 299 breeding. Animals 12, 39. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

300 FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue
 301 transformation. FAO, Rome. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cc0461en>

302 Fleckenstein, L.J., Kring, N.A., Tierney, T.W., Fisk, J.C., Lawson, B.C., Ray, A.J., 2020.
 303 The effects of artificial substrate and stocking density on Pacific white shrimp
 304 (*Litopenaeus vannamei*) performance and water quality dynamics in high tunnel-
 305 based biofloc systems. Aquac. Eng. 90, 102093.

306 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102093>

307 Glencross, B.D., Smith, D.M., Thomas, M.R., Williams, K.C., 2002. The effects of
 308 dietary lipid amount and fatty-acid composition on the digestibility of lipids by the
 309 prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 205, 157–169.
 310 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00686-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00686-X)

311 Halver, J.E., 2013. *Fish Nutrition*. Elsevier.

312 Hamidoghli, A., Won, S., Aya, F.A., Yun, H., Bae, J., Jang, I.K., Bai, S.C., 2019. Dietary
 313 lipid requirement of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles cultured in
 314 biofloc system. *Aquac. Nutr.* 26, 603–612. <https://doi.org/10.1111/anu.13021>

315 Hu, Y., Tan, B., Mai, K., Ai, Q., Zheng, S., Cheng, K., 2008. Growth and body
 316 composition of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed different ratios of
 317 dietary protein to energy. *Aquac. Nutr.* 14, 499–506. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00555.x>

318

319 Jatobá, A., Corrêa, B., Souza, J., Vieira, N., Luiz, J., Mouriño, P., Quadros, W., Massucci,
 320 T., 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc
 321 systems. *Aquaculture* 432, 365–371.
 322 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.005>

323 Katya, K., Lee, S., Yun, H., Dagoberto, S., Browdy, C.L., Vazquez-Anon, M., Bai, S.C.,
 324 2016. Efficacy of inorganic and chelated trace minerals (Cu, Zn and Mn) premix
 325 sources in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed plant protein
 326 based diets. *Aquaculture* 459, 117–123.
 327 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.033>

328 Kaya, D., Genc, M.A., Aktas, M., Yavuzcan, H., Ozmen, O., Genc, E., 2019. Effect of
 329 biofloc technology on growth of speckled shrimp, *Metapenaeus monoceros*
 330 (Fabricus) in different feeding regimes. *Aquac. Res.* 50, 2760–2768.
 331 <https://doi.org/10.1111/are.14228>

332 Kim, S.K., Guo, Q., Jang, I.K., 2015. Effect of biofloc on the survival and growth of the
 333 postlarvae of three penaeids (*Litopenaeus vannamei*, *Fenneropenaeus chinensis*, and
 334 *Marsupenaeus japonicus*) and their biofloc feeding efficiencies, as related to the
 335 morphological structure of the third ma. *J. Crustac. Biol.* 35, 41–50.
 336 <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002304>

337 Krummenauer, D., Abreu, P.C., Poersch, L., Alice, P., Paiva, C., 2020. The relationship

between shrimp (*Litopenaeus vannamei*) size and biofloc consumption determined by the stable isotope technique. Aquaculture 529, 735635. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735635>

Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W., Wyk, V., 2011. Superintensive culture of White shrimp, *L. vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities.pdf. J. World Aquac. Soc. 42, 726–733.

Lara, G., Hostins, B., Bezerra, A., Poersch, L., Wasielesky, W., 2017. The effects of different feeding rates and re-feeding of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc culture system. Aquac. Eng. 77, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.02.003>

Li, E., Wang, X., Chen, K., Xu, C., Qin, J.G., Chen, L., 2015. Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. Rev. Aquac. 7, 1–19. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>

Liddel, M., Yench, M., 2020. Fisheries of the United States, 2018, National Marine Fisheries Service.

Lin, Y.C., Chen, J.C., Chen, Y.Y., Yeh, S.T., Chen, L.L., Huang, C.L., Hsieh, J.F., Li, C.C., 2015. Crowding of white shrimp *Litopenaeus vananmei* depresses their immunity to and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome virus. Fish Shellfish Immunol. 45, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.02.012>

Liu, G., Zhu, S., Liu, D., Guo, X., Ye, Z., 2017. Effects of stocking density of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. Fish Shellfish Immunol. 67, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.038>

Mansour, A.T., Ashry, O.A., Ashour, M., Alsaqufi, A.S., Ramadan, K.M.A., Sharawy, Z.Z., 2022. The optimization of dietary protein level and carbon sources on biofloc nutritive values, bacterial abundance, and growth performances of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Juveniles. life 12, 888.

Miles, R.D., Chapman, F.A., 2006. Benefits of fish meal in aquaculture diets. Edis 2006 (12). <https://doi.org/10.32473/edis-fa122-2006>

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, 15103–15110.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0905235106>
- Oliva-Teles, A., 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. J. Fish Dis. 35, 83–108.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333.x>
- Ouraji, H., Kenari, A.M.A., Shabanpour, B., Shabani, A., Sodagar, M., Jafarpour, S.A.,
 Ebrahimi, G.H., 2011. Growth, survival, and fatty acid composition of Indian white
 shrimp *Fenneropenaeus indicus* (Milne Edwards) fed diets containing different
 levels of vitamin E and lipid. Aquac. Int. 19, 903–916.
<https://doi.org/10.1007/s10499-010-9409-5>
- Prangnell, D.I., Castro, L.F., Ali, A.S., Browdy, C.L., Zimba, P. V., Laramore, S.E.,
 Samocha, T.M., 2016. Some limiting factors in superintensive production of juvenile
 pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in no-water-exchange, biofloc-
 dominated systems. J. World Aquac. Soc. 47, 396–413.
<https://doi.org/10.1111/jwas.12275>
- 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 562.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738821>
- Rego, M.A.S., Sabbag, O.J., Soares, R., Peixoto, S., 2017. Financial viability of inserting
 the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study
 in the state of Pernambuco, Brazil. Aquac. Int. 25, 473–483.
<https://doi.org/10.1007/s10499-016-0044-7>
- Rosas, C., Cuzon, G., Taboada, G., Pascual, C., Gaxiola, G., Van Wormhoudt, A., 2001.
 Effect of dietary protein and energy levels on growth, oxygen consumption,
 haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic
 pressure of *Litopenaeus vannamei* (Boone) and *L. setiferus* (Linne) juveniles
 (Crustacea, Decapoda; Penae. Aquac. Res. 32, 531–547.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00573.x>
- Silva, E., Silva, J., Ferreira, F., Soares, M., Soares, R., Peixoto, S., 2015. Influência da
 densidade de estocagem no desempenho zootécnico de *Litopenaeus vannamei*
 durante a fase de berçário em sistema de bioflocos. Bol. do Inst. Pesca 41, 777–783.

- Smith, L.L., Lee, P.G., Lawrence, A.L., Strawn, K., 1985. Growth and digestibility by three sizes of *penaeus vannamei* boone: Effects of dietary protein level and protein source. *Aquaculture* 46, 85–96.
- Sokolova, I.M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G., Sukhotin, A.A., 2012. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Mar. Environ. Res.* 79, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>
- Strebel, L.M., Nguyen, K., Araujo, A., Corby, T., Rhodes, M., Beck, B.H., Roy, L.A., Davis, D.A., 2023. On demand feeding and the response of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) to varying dietary protein levels in semi-intensive pond production. *Aquaculture* 574, 739698. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739698>
- Tierney, T.W., Ray, A.J., 2018. Aquacultural engineering comparing biofloc, clear-water, and hybrid nursery systems (Part I): Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production , water quality, and stable isotope dynamics. *Aquac. Eng.* 82, 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.06.002>
- Toledo, T.M., Silva, B.C., do Nascimento Vieira, F. do N., Mouriño, J.L.P., Seiffert, W.Q., 2014. Effects of different dietary lipid levels and fatty acids profile in the culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in biofloc technology: Water quality, biofloc composition, growth and health. *Aquac. Res.* 47, 1841–1851. <https://doi.org/10.1111/are.12642>
- Tong, R., Chen, W., Pan, L., Zhang, K., 2020. Effects of feeding level and C/N ratio on water quality, growth performance, immune and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* in zero –water exchange bioflocs-based outdoor soil culture ponds. *Fish Shellfish Immunol.* 101, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.051>
- Tseng, Y.C., Hwang, P.P., 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comp. Biochem. Physiol. - C Toxicol. Pharmacol.* 148, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.04.009>
- Wang, X.D., Li, E.C., Wang, S.F., Qin, J.G., Chen, X.F., Lai, Q.M., Chen, K., Xu, C., Gan, L., Yu, N., Du, Z.Y., Chen, L.Q., 2015. Protein-sparing effect of carbohydrate in the diet of white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Aquac. Nutr.* 21, 904–912. <https://doi.org/10.1111/anu.12221>

- Wasielesky, W., Froes, C., Fôes, G., Krummenauer, D., Lara, G., Poersch, L., 2013. Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: The effect of stocking densities and compensatory growth. J. Shellfish Res. 32, 799–806. <https://doi.org/10.2983/035.032.0323>
- Xu, W.J., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2018. Effects of two commercial feeds for semi-intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based, zero-exchange outdoor tanks. Aquaculture 490, 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.028>
- Xu, W.J., Pan, L.Q., 2014. Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen control, biofloc composition and shrimp performance. Aquac. Res. 45, 1842–1851. <https://doi.org/10.1111/are.12126>
- Yun, H., Shahkar, E., Katya, K., Jang, I.K., Kim, S. kyoung, Bai, S.C., 2016. Effects of bioflocs on dietary protein requirement in juvenile whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquac. Res. 47, 3203–3214. <https://doi.org/10.1111/are.12772>
- Zhang, S. peng, Li, J. feng, Wu, X. chun, Zhong, W. jing, Xian, J. an, Liao, S. an, Miao, Y. tao, Wang, A. li, 2013. Effects of different dietary lipid level on the growth, survival and immune-relating genes expression in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish Shellfish Immunol. 34, 1131–1138. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.01.016>
- Zhu, X.Z., Liu, Y.J., Tian, L.X., Mai, K.S., Zheng, S.X., Pan, Q.J., Cai, M.C., Zheng, C.Q., Zhang, Q.H., Hu, Y., 2010. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and energy productive value of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. Aquac. Nutr. 16, 392–399. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00677.x>

CAPÍTULO I – Diferentes níveis proteicos no berçário do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) cultivados em sistemas superintensivos com bioflocos.

Ítalo Felipe Mascena Braga^a, Henrique Jun Koike Santana^a, Victor Torres Rosas^b, José Maria Monserrat^c, Marcelo Borges Tesser^d, Wilson Wasielesky^a, Geraldo Kipper Fóes^{a*}.

^a Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

^b Environmental Science Center, Qatar University, P.O. Box: 2713, Doha – Qatar.

^c Laboratório de Bioquímica Funcional de Organismos Aquáticos, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

^d Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

* Autor correspondente: Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil.

geraldofoes@gmail.com

Destaques:

- É possível utilizar dietas com até 32 % PB durante o berçário superintensivo de *L. vannamei*
- O valor nutricional do bioflocos foi afetado pelos diferentes níveis proteicos nas dietas.
- Alimentar os animais com 48 % de proteína bruta aumentar o consumo total de água

Artigo formato conformes as normas da revista **Aquaculture**

Resumo

A determinação do nível de proteína bruta nas dietas de organismos aquáticos permite maximizar o crescimento, diminuir os custos com alimentação e melhorar a qualidade de água. Foi realizado um cultivo berçário de *Litopenaeus vannamei* em sistemas superintensivos de bioflocos utilizando cinco dietas com diferentes níveis proteicos (32% CP, 36% CP, 40% CP, 44% CP e 48% CP), cada dieta foi utilizada em quadruplicatas. O período experimental teve duração de 30 dias, e os camarões ($0,018 \pm 0,001$ g) foram estocados em densidade de 5.000 PL/m³, utilizando 20 unidades experimentais (50 L de volume útil). Não houve diferenças significativas para as variáveis de desempenho zootécnico e sobrevivência dos animais entre os tratamentos ($p > 0,05$), além disso os resultados sugerem que alimentar os animais com 48 % de proteína bruta aumenta o catabolismo proteico, afetando negativamente algumas das variáveis da qualidade de água (alcalinidade, pH, N-NO₂⁻) além de aumentar o consumo de água durante o cultivo. De maneira geral, os resultados demonstram que é possível reduzir os teores proteicos das dietas de *L. vannamei* para até 32% sem afetar o desempenho zootécnico, sobrevivência e capacidade antioxidante dos animais além de melhorar a qualidade de água e reduzindo o uso da mesma, durante berçários superintensivos em sistema de bioflocos.

Palavras-chave: Crescimento, qualidade de água, sistema antioxidante, alimentação

1. Introdução

A crescente concorrência pelo uso de áreas cultiváveis e de água, assim como uma busca pelo desenvolvimento de uma aquicultura mais sustentável faz com que haja um aumento no interesse de produções superintensivas (Emerenciano et al., 2022). Neste sentido, o sistema de bioflocos (*'biofloc technology'*-BFT) vem se destacando por permitir o aumento da densidade de estocagem, redução de trocas de água e por consequência o aumento na biossegurança dos cultivos (Crab et al., 2012; De Schryver et al., 2008; Emerenciano et al., 2017; Samocha, 2019). Além disto, cultivos berçários em sistemas BFT, permitem melhorar o manejo alimentar, formação de juvenis mais saudáveis e reduzir os períodos de engorda (Peixoto et al., 2017; Silva et al., 2015; Wasielesky et al., 2013).

As densidades de estocagem empregadas no cultivo berçário do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, em sistema de bioflocos variam entre 1.500 a 11.250 camarões/m³ (da Silveira et al., 2022; Silva et al., 2015; Wasielesky et al., 2013) sem afetar a sobrevivência dos animais. Entretanto, o aumento excessivo nas densidades de estocagem geram um fator estressante aos organismos cultivados, chamado de efeito “*crowding*”, que pode reduzir o crescimento dos animais, e consequentemente aumentar a conversão alimentar aparente (CAA). Pode ainda prejudicar o sistema imune e a capacidade antioxidante total dos animais, e em casos extremos afetar a sobrevivência dos camarões (da Silveira et al., 2022; Lin et al., 2015; Liu et al., 2017; Wasielesky et al., 2013).

Estresses ambientais podem afetar o balanço energético dos organismos devido à energia necessária para recuperar e/ou manter a homeostase (Sokolova et al., 2012). Desta forma, as necessidades nutricionais/energéticas dos animais podem ser alteradas, sendo que este efeito pode ser observado em cultivos em baixas e altas salinidades (Li et al., 2015). Entretanto, as necessidades nutricionais e energéticas para cultivos superintensivos ainda são desconhecidas (Emerenciano et al., 2022). Ainda assim, o uso de dietas comerciais específicas para sistema hiperintensivos quando comparados a dietas de sistemas semi-intensivos demonstraram maior crescimento dos animais, eficiência alimentar, além de reduzir a conversão alimentar aparente (Braga et al., 2016; Xu et al., 2018).

A proteína é o principal macronutriente presente na dieta dos organismos aquáticos, além de ser o componente de mais alto custo nas dietas, possuindo um papel fundamental na construção e reparos de tecidos, manutenção das funções vitais dos organismos, resposta imune e fonte de energia para o metabolismo animal (Dumas et al., 2007; Wang et al., 2015). O balanço adequado na quantidade de proteína/energia nas dietas de camarões marinhos permite a otimização do crescimento, melhoria na qualidade de água e redução dos custos com a alimentação dos animais (Mansour et al., 2022a; Wang et al., 2015). Em cultivos superintensivos, esse efeito pode ser amplificado (Emerenciano et al., 2022). Além disso, as proteínas estão diretamente correlacionadas com o sistema antioxidante dos camarões, principalmente pelo aumento da atividade da enzima da superóxido dismutase (SOD) que possui importante papel contra espécies reativas de oxigênio (ERO) (Panigrahi et al., 2020, 2019).

Por outro lado, o uso de bioflocos como uma fonte de alimento suplementar para os organismos cultivados são amplamente estudados ao longo dos anos. Durante o período de pré-berçário de *L. vannamei* (PL₁ a PL₃₀), os flocos microbianos podem contribuir entre zero até 50% da alimentação dos animais (Suita et al., 2016), enquanto que durante o período de berçário sua contribuição pode ser desde 13 % até 43 % do carbono e de 37 % até 43 % do nitrogênio no tecido os animais (Krummenauer et al., 2020; Tierney and Ray, 2018). Em alguns casos, a alta disponibilidade de uma fonte de alimentação “*in situ*” (flocos microbianos) sugere a possibilidade de reduzir os teores proteicos nas dietas de camarões marinhos (Jatobá et al., 2014; Mansour et al., 2022b; Xu and Pan, 2014; Yun et al., 2016). Entretanto o valor nutricional do bioflocos pode ser afetado pela disponibilidade e qualidade dos alimentos ofertados, além de diversos fatores bióticos e abióticos (Hamidoghli et al., 2019; Huang et al., 2022; Khanjani and Sharifinia, 2022; Khoa et al., 2020; Magaña-Gallegos et al., 2018; Reis et al., 2019; Samocha et al., 2017). Além disso, os bioflocos podem atuar como probióticos, imunoestimulantes e também melhorar o sistema antioxidantes dos animais (Cardona et al., 2015; Panigrahi et al., 2018; Zhao et al., 2016). Sendo assim, o presente trabalho busca otimizar os níveis de proteínas bruta em dieta de *Litopenaeus vannamei* cultivado em berçário em sistemas superintensivos com bioflocos.

2. Materiais e métodos

2.1 Animais e delineamento experimental

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura – EMA, Instituto de Oceanografia da Universidade Federal de Rio Grande (IO-FURG), Brasil. O delineamento experimental foi composto por cinco tratamentos (32% CP, 36% CP, 40% CP, 44% CP e 48% CP) com quatro réplicas cada e teve duração de 30 dias. As rações foram formuladas para serem isoenergéticas, sendo que os dados de formulação das dietas estão disponíveis na Tabela 1.

As pós-larvas de *L. vannamei* (PL-07), foram obtidas de um laboratório comercial localizado em Itapoá, Santa Catarina, Brasil e foram aclimatadas às condições experimentais durante três dias. Os camarões, com peso médio de $0,018 \pm 0,001$ g, foram estocados em 20 tanques de polietileno (50 L de volume útil), na densidade de 5.000 PL/L. Cada unidade experimental constava com sistema de aeração com difusores de ar (15 cm de comprimento) e um aquecedor/termostato para o controle térmico, mantendo a água na temperatura de 27 °C. As unidades experimentais foram abastecidas com 45 L de água marinha (salinidade 30,15), previamente filtrada (200 µm) e clorada (20 mg/L de cloro ativo) e declorada por uso de aeração. Além disso, cada tanque recebeu 5,0 L de inóculo de bioflocos (10 % do volume das caixas), garantindo concentrações iniciais de $0,07 \pm 0,03$ mg/L de NAT, $0,03 \pm 0,01$ mg/L N-NO₂⁻, $16,39 \pm 5,38$ mg/L N-NO₃⁻, $162,0 \pm 15,0$ mg/L CaCO₃ e $60,75 \pm 4,8$ mg/L de SST. O fotoperíodo foi controlado e mantido em 12: 12 luz: escuro.

Os animais foram alimentados três vezes ao dia, às 8:00, 13:00 e 18:00, de acordo com metodologia de Peixoto et al. (2017). A quantidade de ração ofertada foi calculada de acordo com o proposto por Jory et al. (2001) e ajustada semanalmente após biometrias. O tamanho dos *pellets* (0,200 mm até 0,500 mm) foram ajustados de acordo com o crescimento dos animais.

2.2 Composição centesimal do floco e dietas experimentais

As análises de composição centesimal foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – LANOA (FURG, Brasil). Para cada dieta experimental, as amostras foram coletadas para a determinação da umidade, por secagem em estufa (105° C), proteína bruta pelo método de Kjeldahl, lipídeos pela metodologia de bligh-dyer, cinzas por combustão em mufla a 550 °C por cinco horas, e fibras brutas, todas as metodologias descritas no compêndio da AOAC (2007), com todos os resultados expressos em base da matéria seca. No final do período experimental, amostras de

bioflocos foram coletados utilizando uma malha (150 µm) e biofilme (matéria orgânica aderida nas paredes dos tanques) para posterior análises, conforme descritos anteriormente.

2.3 Qualidade de água

Durante o experimento, a temperatura e o oxigênio dissolvido foram aferidos duas vezes ao dia (7:00 e 16:30 h) usando oxímetro (EcoSense, DO200A, YSI), o pH foi medido uma vez ao dia com pHmetro (FiveEasy, Metler Toledo). O nitrogênio da amônia total (NAT) e o nitrogênio do nitrito (N-NO₂⁻) foram mensurados três vezes na semana como descrito em UNESCO (1983) e Aminot and Chaussepied (1983), respectivamente. Uma vez por semana foram analisados o nitrato (N-NO₃⁻) e fosfato (P-PO₄⁻³), pela metodologia de Aminot and Chaussepied (1983), salinidade utilizando multiparâmetro (Hanna, HI98194) e sólidos suspensos totais (SST) (APHA, 2005). Alcalinidade foi medida duas vezes por semana (APHA, 2005), e correções com cal hidratada foram realizadas para manter as concentrações de alcalinidade em 150 mg/L de CaCO₃ (Furtado et al., 2015). Ainda, uma vez por semana foi adicionado 1,0 mg/L de probiótico comercial (Pro-W, Sanolife, INVE®) para ajudar na manutenção da qualidade de água. Quando as concentrações de NAT foram superiores a 1,0 mg/L foi adicionado melaço em uma relação carbono: nitrogênio de 6: 1 (Samocha et al., 2017). Além disso, renovações parciais de água foram realizadas quando as concentrações de SST foram superiores a 500 mg/L.

2.4 Desempenho zootécnico

Biometrias foram realizadas uma vez por semana, onde 50 animais foram aleatoriamente amostrados em cada unidade experimental para pesagem e ajuste da quantidade da ração a ser ofertada. Ao final do período experimental, os dados de desempenho dos camarões foram avaliados por peso final (g), ganho de peso – GP (%), biomassa final (g), eficiência proteica - EP, taxa de crescimento específico – TCE (%/dia), sobrevivência –S (%), Produtividade-P (kg/m³) e fator de conversão alimentar – FCR. Além disso, o consumo total de água empregada durante o período experimental foi registrado e a relação com a produção foi realizada –CA.

$$GP = ((P_f - P_i)/P_i) * 100$$

$$EP = (B_f - B_i)/consumo\ aparente\ de\ proteina$$

$$FCA = \text{Quantidade de ração} / (B_f - B_i)$$

$$TCE = 100[(\ln Pf - \ln Pi) / \text{tempo}]$$

$$Sr = 100 \left(\frac{N^{\circ} \text{ final de animais}}{N^{\circ} \text{ inicial de camarões}} \right)$$

$$Y = \frac{\text{Biomassa final (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}}$$

$$CA = \frac{\text{Volume total de água (m}^3\text{)}}{\text{biomassa final (kg)}}$$

Onde: Pf é peso final (g); Pi é peso inicial (g); Quantidade de ração ofertada (g);
Bf é biomassa final (g); Bi é biomassa inicial (g)

2.5 Análises bioquímicas

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica Funcional de Organismos Aquáticos (BIFOA). Ao final do período experimental, seis animais por tanque foram coletados (n=24 por tratamento), e armazenados em ultra freezer (-80,0 °C) pra análises posteriores. Os animais foram homogeneizados inteiros a uma relação (1:5), peso: volume, com tampão contendo Tris-Base (20 mM, pH 7,6), EDTA (1mM) e sacarose (5mM) (Gallagher et al., 1992). O homogeneizado foi centrifugado a 20.000 g (14.010 rpm) por 20 minutos em 4,0 °C, os sobrenadantes foram coletados e utilizados para as análises posteriores.

O conteúdo total de proteína nas amostras foi analisado pelo método de biureto (550 nm), em triplicatas utilizando um kit comercial (Bioclin, Brazil). Posteriormente, as amostras foram diluídas em 2,0 mg de proteína/ml, com o tampão de homogeneização utilizado previamente, então a capacidade antioxidante contra radicais de peróxido (ACAP) foi medida segundo a metodologia de Amado et al. (2009) através da determinação das espécies reativas de oxigênio (ROS) das amostras. A oxidação lipídica, foi aferida utilizando reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme a metodologia proposta por Oakes and Van Der Kraak (2003).

2.6 Custo com a alimentação

Durante o presente experimento a quantidade total de alimento fornecida foi registrada. E uma análise financeira foi realizada com base nos seguintes parâmetros: Custo médio com alimentação- CA (USD \$), Relação dos custos de alimentação- RCA (%), Fator de conversão alimentar econômico – eFCR (USD \$/kg), Taxa de aumento do FCR econômico- TFCR (%).

$$FC = \text{Preço das dietas} * \text{Quantidade de ração fornecida}$$

$$RCA = 100 \left(\frac{\text{Custo com alimentação} - \text{custo alimentação controle}}{\text{Custo com alimentação controle}} \right)$$

$$eFCR = \frac{\text{Custo com alimentação}}{\text{Biomassa produzida}}$$

$$TFCR = 100 \left(\frac{eFCR - eFCR \text{ controle}}{eFCR \text{ controle}} \right)$$

Todos os custos foram calculados para a produção de um milheiro de animais, e para efeito de comparação dos custos com alimentação, a dieta de 32% foi considerada a dieta controle. A taxa de cambio utilizada foi a empregada pelo Banco Central do Brasil no dia 29/10/2021 onde (1,00 USD \$ = 5,64 R\$).

2.7 Análises estatísticas

Os dados de qualidade de água e desempenho zootécnico e custo operacionais foram testados quanto a normalidade e homocedasticidade, ao nível de significância de 5,0 %. Os dados de sobrevivência foram transformados utilizando a função arcoseno (Zar, 2010). Quando a normalidade e homogeneidade dos dados foram confirmados usou-se a análise de variância das médias (ANOVA) de uma via ($\alpha < 0.05$), seguidas do teste post-hoc de Tukey ($p < 0.05$), em casos de diferenças significativas. Para os dados de nitrito, foi realizado uma ANOVA de medidas repetidas. Se os pré-requisitos da ANOVA não tenham sido atingidos utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, e quando necessário o teste post-hoc para comparações múltiplas segundo a metodologia proposta por Gao et al. (2008). Todos os dados foram tratados e analisados utilizando o software R-Studio versão 4.2.0 e o pacote “*npcomp*”.

3. Resultados

3.1 Qualidade de água

O efeito de diferentes níveis proteicos nas dietas de *L. vannamei* durante o berçário superintensivo em sistema BFT sobre a qualidade de água estão expressos na Tabela 2. Não foram observadas diferenças significativas ($p>0.05$) para temperatura, NAT, N-NO_3 , fosfato, salinidade e SST, entre os tratamentos. Entretanto, as menores concentrações de oxigênio, alcalinidade e pH foram registradas no tratamento 48 % CP quando comparado ao tratamento 32 % CP ($p<0.05$). As variações dos compostos nitrogenados (NAT, N-NO_2^- , N-NO_3^-) ao longo do período experimental estão apresentados na Figura 1. Picos nas concentrações de amônia e nitrito foram observados no terceiro e sétimo dia, respectivamente, durante o pico de N-NO_2^- foram registradas diferenças significativas entre os valores máximos encontrados nos tratamentos (Figura 1B). Os maiores teores proteicos nas dietas afetaram negativamente as concentrações de N-NO_2^- , evidenciado no tratamento 48% CP.

3.2 Desempenho zootécnico

Os resultados de desempenho zootécnico estão expressos na Tabela 3. Os diferentes níveis proteicos durante o berçário superintensivo de *L. vannamei* não afetaram o crescimento dos animais ($p>0.05$). O peso médio ao final do período experimental foi de 0,46 g e as taxas de sobrevivência foram superiores a 86,1%.

3.3 Composição centesimal dos bioflocos e biofilmes

A composição dos bioflocos e do biofilme estão apresentados na Tabela 4. Para a composição dos bioflocos os maiores níveis proteicos e menores teores de cinzas foram encontrados no tratamento 32 % CP quando comparados ao tratamento 40 % CP ($p<0.05$). Entretanto, não houve diferenças significativas entre os teores lipídicos e proteicos na composição centesimal do biofilme ($p>0.05$). De maneira geral, menores teores proteicos e maiores níveis de cinzas foram encontrados nos biofilmes quando comparados ao bioflocos.

3.4 Análises bioquímicas

A competência contra os radicais peróxido (ACAP) e TBARS estão expressos na Figura 2. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para a ACAP e o TBARS.

3.5 Custo com alimentação

Os resultados dos custos com alimentação estão expressos na tabela 5. O aumento no custo com as dietas entre o tratamento 48% CP e 32% CP é de 10%. Apesar disto não houve diferenças significativas no custo com a alimentação durante o presente experimento ($p>0.05$).

4. Discussão

Com o aumento da intensificação dos cultivos, um dos principais desafios encontrados é o controle e a manutenção das variáveis de qualidade de água (Liu et al., 2017). Além disso, em cultivos superintensivos em BFT, a alta densidade de estocagem, assim como a manutenção de partículas em suspensão, exige um sistema de aeração vigoroso e eficiente para a manutenção dos níveis ótimos de oxigênio dissolvido (El-Sayed, 2020). Durante o presente estudo, as variáveis de qualidade de água estiveram na faixa adequada para o cultivo de *L. vannamei* (Emerenciano et al., 2017). Entretanto, o aumento dos teores proteicos na dieta, reduziram as concentrações de pH e alcalinidade, evidenciado no tratamento 48% CP. Dietas ricas em proteínas favorecem o catabolismo proteico (Emerenciano et al., 2022), liberando assim excretas na forma de compostos nitrogenados, que por sua vez, em sistema BFT são oxidados até nitrato, consumindo o carbono inorgânico do sistema, reduzindo assim a alcalinidade e pH. Além disso, há um decréscimo natural ao longo do cultivo do pH e alcalinidade no sistema de bioflocos, fazendo-se necessário o uso de alcalinizantes (cal hidratada, bicarbonato, e.g.) para sua manutenção em níveis adequados (Furtado et al., 2015).

Altas densidades de estocagem assim como o catabolismo proteico, contribuem para uma maior excreção de amônia no sistema de cultivo (Emerenciano et al., 2022; Liu et al., 2017). Entretanto, não houve diferenças significativas do NAT entre os tratamentos, provavelmente devido ao uso do inóculo de BFT. O uso adequado do inóculo acelera o processo de nitrificação do sistema reduzindo os picos de compostos nitrogenados (amônia e nitrito, principalmente) ou até mesmo evitando-os, porém no presente experimento, apesar da quantidade de inóculo empregada ser a sugerida por Krummenauer et al. (2012), picos de amônia e nitrito foram registrados no terceiro e sétimo dia de cultivo (2,08 mg/L e 12,5 mg/L), respectivamente. O acúmulo de nitrito durante o cultivo em sistema BFT, dominado por bactérias heterotróficas, é indicativo do início do processo de nitrificação (Ferreira et al., 2020), e é devido principalmente pelo desenvolvimento mais rápido de bactérias oxidantes de amônia (BOA) quando

comparadas com as bactérias nitrato oxidantes (NOB), especialmente em ambientes marinhos (Madigan et al., 2016). As maiores concentrações durante o pico de nitrato observadas nos tratamentos 48 e 44% CP, podem ser indicativos de excesso nos teores de proteínas presente nas dietas. Além disso, ressalta-se ainda que não apenas o volume de inóculo de bioflocos importa, mas sim a quantidade de bactérias presentes no mesmo, no presente estudo o efeito das densidades de estocagem, lixiviação das dietas podem ter contribuído no incremento dos nitrogenados. Apesar disso, as maiores concentrações de amônia e nitrato registradas no berçário, estiveram abaixo do nível de segurança para pós-larvas encontrados por Frías-Espéricueta et al. (2000) e Lin and Chen (2003).

O acúmulo de sólidos suspensos em sistemas com trocas reduzidas de água ocorre de maneira gradual, em sistemas superintensivos esta tendência é acelerada (Gaona et al., 2016). Além disso o excesso de nitrogênio presente nas dietas 44 e 48% foram catabolizados em compostos nitrogenados que por consequência servem como nutrientes para a formação de biomassa bacteriana, acelerando assim o incremento dos SST nestes tratamentos (Ebeling et al., 2006), entretanto no presente estudo não foram encontradas diferenças significativas nas concentrações de SST devido as renovações realizadas para controle destes parâmetros em níveis inferiores a 500 mg/L. Por isso, foi observado um maior consumo de água nestes tratamentos em comparado aos demais.

Estudos para determinação e otimização dos níveis de proteínas brutas nas dietas de camarões marinhos já são amplamente realizados ao longo dos anos, e as demandas podem variar largamente entre 34 a 48% de PB (Hu et al., 2008; Rosas et al., 2001; Smith et al., 1985), de acordo com o estágio de desenvolvimento dos animais e condições de cultivo. Entretanto, dados com as exigências proteicas dos animais, principalmente em berçários são ainda desconhecidas. Comercialmente falando as dietas mais facilmente encontradas para esta fase possuem teor entre 40 a 45% PB. No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas no desempenho dos camarões cultivados, indicando que redução nos níveis proteicos podem ser realizadas até 32% CP, provavelmente devida a presença de um alimento natural (flocos) “*in situ*” no cultivo em BFT. Durante a fase de berçário, estudos anteriores mostram que os flocos podem contribuir com até 50 % da alimentação dos animais (Krummenauer et al., 2020; Suita et al., 2016; Tierney and Ray, 2018). Além disso, o presente estudo corrobora com o encontrado previamente para outras fases de cultivos (juvenis) de *L. vannamei*, onde é

possível observar a capacidade de reduzir os níveis proteicos das dietas em sistema de bioflocos (Jatobá et al., 2014; Mansour et al., 2022b; Panigrahi et al., 2020, 2019).

A possível redução dos níveis proteicos observada, e por consequência na relação PB/EB, corroboram com o encontrado por Anand et al. (2021) e Wang et al. (2015), que indicam a possibilidade de os animais realizarem o “*sparing protein effect*”, ou seja, trocarem a utilização da proteína para obtenção de energia por uma fonte mais barata, como carboidratos e/ou lipídeos. Entretanto, não foi observado aumento da EP nos menores teores proteicos das dietas, contrapondo o encontrado em estudos anteriores (Anand et al., 2021; Mansour et al., 2022b). Além disso, o fator tempo deve ser considerado em cultivos berçários com diferentes níveis proteicos nas dietas. Em estudo anterior com pós-larvas (peso inicial ~ 1,0 mg) de *L. vannamei* cultivadas em sistema BFT (densidade 5.000 PL/m³) alimentadas com dietas comerciais de 30 e 40% CP, apresentaram diferenças significativas no peso dos animais apenas a partir da oitava semana de cultivo (Correia et al., 2014).

Diversos fatores podem alterar o valor nutricional do floco, tais como densidade de estocagem, tamanho das partículas dos flocos, fonte de carbono orgânico, relação carbono nitrogênio, luz, intensidades de aeração, salinidade, níveis lipídicos nas dietas, seleção/pastagem pelos organismos cultivados (Hamidoghli et al., 2019; Huang et al., 2022; Khanjani and Sharifinia, 2022; Khoa et al., 2020; Magaña-Gallegos et al., 2018; Reis et al., 2019; Samocha et al., 2017). De maneira geral, os níveis proteicos nas dietas afetaram a composição centesimal do floco, onde o maior valor proteico e menor valor lipídico foi encontrado na dieta de 32% CP.

Além dos fatores citados a cima, a predominância/dominância do sistema BFT, como sistemas heterotróficos (dominado por bactérias heterotróficas), quimioautotróficos (dominado por bactérias nitrificantes), autotróficos/mixotróficos (dominados por microalgas), e até mesmo sistemas “maduros”, onde os processos de nitrificação já foram estabelecidos (baixas concentrações de NAT e N-NO₂⁻ e elevados valores de N-NO₃⁻) podem afetar as composições centesimais do floco (Ferreira et al., 2021, 2020). As maiores concentrações de nitrogênios presente no tratamento 48% CP quando comparado ao 32% CP, evidenciados principalmente pelos níveis de N-NO₂⁻ presente no sistema, indicam que o processo de estabelecimento da comunidade microbiana neste sistema foi acelerado, podendo assim corroborar com o encontrado por Ferreira et al. (2020) que

observaram que sistemas “maduros” possuem menor valores proteicos quando comparado a sistemas dominados por bactérias heterotróficas. Entretanto, para todos os tratamentos, os níveis proteicos estiveram dentro da faixa (21 a 28% PB) descrita em outros cultivos berçários (Ferreira et al., 2020; Khanjani et al., 2016; Khanjani and Sharifinia, 2022; Valle et al., 2015). Porém, os mesmos autores encontraram níveis lipídicos menores (0,39 a 1,34%) ao do presente estudo. Esta diferença pode estar relacionada com maior lixiviação de nutrientes na água (devido ao processamento das dietas), ou até mesmo ao maior FCA (~1.7) presente no atual estudo, quando comparados a estes experimentos (1.33 a 1.58).

Larvas, pós-larvas e juvenis de camarões possuem a capacidade de consumir microrganismos diretamente da coluna da água (Kent et al., 2011), entretanto a eficiência pode ser aumentada quando os microrganismos estão aderidos em grumos (flocos) ou até mesmo fixos em uma superfície como em biofilme/perifíton (Martínez-Córdova et al., 2015). Além de servir como uma fonte de alimento suplementar aos animais cultivados os biofilmes possuem diversas funções relacionadas com o melhoramento da qualidade de água do sistema de cultivo (Bardera et al., 2019; Da Silveira et al., 2022; de Moraes et al., 2020). Similarmente ao que acontece no sistema de BFT, a composição centesimal do biofilme pode ser alterada de acordo com as concentrações de nutrientes, principalmente a relação C: N do sistema, material ao qual o biofilme está aderido, aspectos como posição, profundidade, disposição do floco e principalmente a composição dos microrganismos presentes no biofilme (Martínez-Córdova et al., 2015). Além disso no presente estudo, o biofilme aderido as paredes das unidades estavam submetidos a interface ar água e pressão alimentar dos microrganismos realizados pela pastagem seletiva das pós-larvas. Estes fatores podem justificar as diferenças nas composições centesimais dos flocos e biofilmes no presente experimento, principalmente em termos de maiores níveis de cinzas e menores concentrações proteicas e lipídicas.

De maneira geral, os teores de proteína bruta nas dietas estão diretamente correlacionados com a expressão de alguns genes das respostas imune dos camarões, contagem total de hemócitos (THC), como também com o aumento da atividade enzimática de antioxidantes como a de superóxido dismutase (SOD) (Panigrahi et al., 2020, 2019). Além disso, os aminoácidos essenciais (EAA) fazem parte de reações bioquímicas importantes, com efeito no crescimento, resposta imune inata, ativação do

sistema antioxidante dos camarões e possuem papel importante em frente a situações estressantes, tais como baixa salinidade (Maiti et al., 2022). Apesar disto, no presente estudo os diferentes níveis proteicos nas dietas de pós-larvas de *L. vannamei* cultivadas em sistema de bioflocos não foram capazes de modular as respostas de ACAP e o TBARS. Acredita-se que os bioflocos foram capazes de nivelar estas respostas em todos os tratamentos. A presença “*in situ*” dos bioflocos faz com que eles possam atuar como probióticos, imunostimulantes além de possível fonte de antioxidante e de biocompostos, tais como carotenoides, clorofila, polissacarídeos, bromofenóis, vitaminas solúveis em água e amino-açúcares (Cardona et al., 2015; Panigrahi et al., 2018; Zhao et al., 2016). No presente estudo, os resultados de ACAP e TBARS são inferiores aos encontrados por Colombo et al. (2023) para a mesma fase e sistema de cultivo (BFT), devido possivelmente a maior densidade de estocagem e crescimento dos animais. Lin et al., (2015) e Liu et al. (2017) demonstram que o aumento das densidades de estocagens pode prejudicar o sistema imune e antioxidante dos camarões.

Diversos estudos sugerem que a alimentação represente entre 50 a 70% do custo operacional efetivo (Almeida et al., 2021; Rego et al., 2017). Estes custos elevados são comumente associados aos altos teores proteicos nas dietas de organismos aquáticos, devido ao uso da farinha de peixe, principal ingrediente proteico nas dietas e que possui alto valor de mercado (Mansour et al., 2022a; Wang et al., 2015). O presente estudo corrobora com esta informação, onde o incremento nos custos das dietas é de até 10% (diferença entre 32 % e 48%). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas no custo com alimentação para produção de um milheiro de animais entre os tratamentos, isto pode estar relacionada a variabilidade no FCA no presente experimento. Outro fator que deve receber destaque é o custo em dólar com alimentação por quilo de animal produzido (eFCR) uma vez que este parâmetro permite relacionar não apenas os custos com a alimentação e preços das dietas assim como também leva em consideração a biomassa produzida. Apesar do alto custo das dietas empregadas (US\$/kg 1,91 até 2,12), o baixo volume utilizado das rações (por milheiro de animais) pode ter influenciado na não diferenciação estatística entre os tratamentos. Entretanto Braga et al. (2016) e Xu et al. (2018), demonstram que o uso de dietas específicas para sistemas super/hiperintensivos são capazes de reduzir os custos operacionais por quilo de animal produzido (US\$/kg). Ressalta-se também que o uso de dietas manufaturadas

875 industrialmente possa aumentar a estabilidade dos *pellets* contribuindo assim num melhor
876 aproveitamento das rações e reduções dos custos com a alimentação.

877 **5. Conclusão**

878 Nossos resultados sugerem que os níveis proteicos nas dietas de camarões
879 marinhos *L. vannamei* em berçários superintensivos podem ser reduzidos até 32% CP,
880 sem afetar significativamente o desempenho zootécnico e o sistema antioxidante das pós-
881 larvas. Além disso, reduções nos teores proteicos das dietas afetam positivamente na
882 qualidade de água do sistema, e reduz significativamente o consumo total de água, o
883 tornando ambientalmente mais amigável. Mais estudos devem ser realizados em relação
884 as qualidades das dietas, assim como uma avaliação mais detalhada com os custos
885 operacionais efetivos durante o berçário intensivos de camarões marinhos.

886 **6. Agradecimentos**

887 Os autores gostariam de agradecer a Empresa Guabi Nutrição e Saúde Animal
888 S.A., na figura de João Manoel Cordeiro Alves, pelo fornecimento da farinha de peixe
889 utilizada no processo de fabricação das dietas experimentais.

8. Referências

- Almeida, M.S., Carrijo-Mauad, J.R., Gimenes, R.M.T., Gaona, C.A.P., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., Fóes, G.K., 2021. Bioeconomic analysis of the production of marine shrimp in greenhouses using the biofloc technology system. *Aquac. Int.* 29, 723–741. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00653-1>
- Amado, L.L., Garcia, M.L., Ramos, P.B., Freitas, R.F., Zafalon, B., Ferreira, J.L.R., Yunes, J.S., Monserrat, J.M., 2009. A method to measure total antioxidant capacity against peroxyl radicals in aquatic organisms: Application to evaluate microcystins toxicity. *Sci. Total Environ.* 407, 2115–2123. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.038>
- Aminot, A., Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l’exploitation des océans, França.
- American Public Health Association (APHA), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed. Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.
- Anand, P.S.S., Aravind, R., Biju, I.F., Balasubramanian, C.P., Antony, J., Saranya, C., Christina, L., Rajamanickam, S., Panigrahi, A., Ambasankar, K., Vijayan, K.K., 2021. Nursery rearing of Indian white shrimp, *Penaeus indicus*: Optimization of dietary protein levels and stocking densities under different management regimes. *Aquaculture* 542, 736807. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736807>
- Bardera, G., Usman, N., Owen, M., Pountney, D., Sloman, K.A., Alexander, M.E., 2019. The importance of behaviour in improving the production of shrimp in aquaculture. *Rev. Aquac.* 11, 1104–1132. <https://doi.org/10.1111/raq.12282>
- Braga, A., Magalhães, V., Hanson, T., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. The effects of feeding commercial feed formulated for semi-intensive systems on *Litopenaeus vannamei* production and its profitability in a hyper-intensive biofloc-dominated system. *Aquac. Reports* 3, 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.03.002>
- Cardona, E., Saulnier, D., Lorgeoux, B., Chim, L., Gueguen, Y., 2015. Rearing effect of biofloc on antioxidant and antimicrobial transcriptional response in *Litopenaeus stylirostris* shrimp facing an experimental sub-lethal hydrogen peroxide stress. *Fish Shellfish Immunol.* 45, 933–939. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.041>
- Colombo, G.M., dos Santos Simião, C., Ramírez, J.R.B., de Sousa Araujo, A.C., Gomes,

- R.M.M., Buitrago, S.A.M., Wasielesky, W., Monserrat, J.M., 2023. Bioflocs enriched with lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) improved the survival and weight gain of *Litopenaeus vannamei* post-larvae cultivated in the BFT system. Aquaculture 566, 739230. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739230>
- Correia, E.S., Wilkenfeld, J.S., Morris, T.C., Wei, L., Prangnell, D.I., Samocha, T.M., 2014. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. Aquac. Eng. 59, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.02.002>
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. Aquaculture.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture 277, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>
- Dumas, A., de Lange, C.F.M., France, J., Bureau, D.P., 2007. Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 273, 165–181. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.026>
- 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. Aquacultural 257, 346–358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- El-Sayed, A.F.M., 2020. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. Rev. Aquac. 13, 676–705. <https://doi.org/10.1111/raq.12494>
- Emerenciano, M.G.C., Martínez-Córdova, L.R., Martínez-Porchas, M., Miranda Baeza, A., 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture.
- Emerenciano, M.G.C., Rombenso, A.N., Vieira, F. d. ., Martins, M.A., Coman, G., Truong, H.H., Noble, T.H., Simon, C., 2022. Intensification of penaeid shrimp culture: An applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. Animals 12, 39. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

954 Ferreira, G.S., Santos, D., Schmachtl, F., Machado, C., Fernandes, V., Bögner, M.,
 955 Schleder, D.D., Seiffert, W.Q., Vieira, F.N., 2021. Heterotrophic, chemoautotrophic
 956 and mature approaches in biofloc system for Pacific white shrimp. *Aquaculture* 533.
 957 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736099>

958 Ferreira, G.S., Silva, V.F., Martins, M.A., da Silva, A.C.C.P., Machado, C., Seiffert,
 959 W.Q., do Nascimento Vieira, F., 2020. Strategies for ammonium and nitrite control
 960 in *Litopenaeus vannamei* nursery systems with bioflocs. *Aquac. Eng.* 88.
 961 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102040>

962 Frías-Espéricueta, M.G., Harfush-Melendez, M., Pérez-Osuna, F., 2000. Effects of
 963 ammonia on mortality and feeding of postlarvae shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Bull.*
 964 *Environ. Contam. Toxicol.* 65, 98–103. <https://doi.org/10.1007/s001280000100>

965 Furtado, S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2015. The effect of different alkalinity levels
 966 on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquac. Int.* 23,
 967 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>

968 Gallagher, E.P., Canada, A.T., Di Giulio, R.T., 1992. The protective role of glutathione
 969 in chlorothalonil-induced toxicity to channel catfish. *Aquat. Toxicol.* 23, 155–168.
 970 [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(92\)90049-S](https://doi.org/10.1016/0166-445X(92)90049-S)

971 Gaona, C.A.P., da Paz Serra, F., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2016.
 972 Effect of different total suspended solids concentrations on the growth performance
 973 of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquac. Eng.* 72–73, 65–69.
 974 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.03.004>

975 Hamidoghli, A., Won, S., Aya, F.A., Yun, H., Bae, J., Jang, I.K., Bai, S.C., 2019. Dietary
 976 lipid requirement of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles cultured in
 977 biofloc system. *Aquac. Nutr.* 26, 603–612. <https://doi.org/10.1111/anu.13021>

978 Hu, Y., Tan, B., Mai, K., Ai, Q., Zheng, S., Cheng, K., 2008. Growth and body
 979 composition of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed different ratios of
 980 dietary protein to energy. *Aquac. Nutr.* 14, 499–506. [https://doi.org/10.1111/j.1365-](https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00555.x)
 981 [2095.2007.00555.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00555.x)

982 Huang, H.H., Liao, H.M., Lei, Y.J., Yang, P.H., 2022. Effects of different carbon sources
 983 on growth performance of *Litopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc
 984 system in low salinity. *Aquaculture* 546, 737239.
 985 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737239>

986 Jatobá, A., Corrêa, B., Souza, J., Vieira, N., Luiz, J., Mouriño, P., Quadros, W., Massucci,
987 T., 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and bio floc
988 systems. Aquaculture 432, 365–371.
989 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.005>

990 Jerrold H Zar, 2010. Biostatistical Analysis- 5th Edition 949.

991 Jory, D.E., Cabrera, T.R., Dugger, D.M., Fegan, D., Lee, P.G., Lawrence, L., Jackson,
992 C.J., McIntosh, R.P., Castañeda, J., International, B., Park, H.A., Hwy, N.O.D.,
993 Pierce, F., 2001. A global review of shrimp feed management: Status and
994 perspectives. Aquaculture 104–152.

995 Kent, M., Browdy, C.L., Leffler, J.W., 2011. Consumption and digestion of suspended
996 microbes by juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 319,
997 363–368. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.048>

998 Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M., Sourinejad, I., 2016. Study on nursery
999 growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931)
1000 under different feeding levels in zero water exchange system. Iran. J. Fish. Sci. 15,
1001 1465–1484.

1002 Khanjani, M.H., Sharifinia, M., 2022. Biofloc technology with addition molasses as
1003 carbon sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the
1004 effects of different C/N ratios. Aquac. Int. 30, 383–397.
1005 <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5>

1006 Khoa, T.N.D., Tao, C.T., Van Khanh, L., Hai, T.N., 2020. Super-intensive culture of
1007 white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in outdoor biofloc systems with different
1008 sunlight exposure levels: Emphasis on commercial applications. Aquaculture 524,
1009 735277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735277>

1010 Krummenauer, D., Abreu, P.C., Poersch, L., Alice, P., Paiva, C., 2020. The relationship
1011 between shrimp (*Litopenaeus vannamei*) size and biofloc consumption determined
1012 by the stable isotope technique. Aquaculture 529, 735635.
1013 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735635>

1014 Krummenauer, D., Seifert Júnior, C.A., Poersch, L.H., FOES, G.K., LARA, G.R.,
1015 Wasielesky, W., 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos:
1016 Análise da reutilização da água. Atlântica 34, 103–111.
1017 <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.2.103>

1018 Li, E., Wang, X., Chen, K., Xu, C., Qin, J.G., Chen, L., 2015. Physiological change and
 1019 nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low
 1020 salinity. Rev. Aquac. 7, 1–19. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>

1021 Lin, Y.C., Chen, J.C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
 1022 juveniles at different salinity levels. Aquaculture 224, 193–201.
 1023 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)

1024 Lin, Y.C., Chen, J.C., Chen, Y.Y., Yeh, S.T., Chen, L.L., Huang, C.L., Hsieh, J.F., Li,
 1025 C.C., 2015. Crowding of white shrimp *Litopenaeus vananmei* depresses their
 1026 immunity to and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome
 1027 virus. Fish Shellfish Immunol. 45, 104–111.
 1028 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.02.012>

1029 Liu, G., Zhu, S., Liu, D., Guo, X., Ye, Z., 2017. Effects of stocking density of the white
 1030 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and
 1031 resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. Fish Shellfish Immunol. 67,
 1032 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.038>

1033 Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckley, D.H., Stahl, D.A., 2016.
 1034 Microbiologia de Brock, 14^o. ed. Artmed, Porto Alegre.

1035 Magaña-Gallegos, E., González-Zúñiga, R., Arevalo, M., Cuzon, G., Chan-Vivas, E.,
 1036 López-Aguilar, K., Noreña-Barroso, E., Pacheco, E., Valenzuela, M., Maldonado, C.,
 1037 Gaxiola, G., 2018. Biofloc and food contribution to grow-out and broodstock of
 1038 *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) determined by stable isotopes and
 1039 fatty acids. Aquac. Res. 49, 1782–1794. <https://doi.org/10.1111/are.13632>

1040 Maiti, M.K., Sahu, N.P., Sardar, P., Garg, C.K., Varghese, T., Shamna, N., Deo, A.D.,
 1041 Harikrishna, V., 2022. Dietary lysine requirement of juvenile Pacific white shrimp,
 1042 *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) reared in inland saline water of 10 ppt salinity.
 1043 Anim. Feed Sci. Technol. 291, 1–14.
 1044 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115378>

1045 Mansour, A.T., Ashour, M., Alprol, A.E., Alsaqufi, A.S., 2022a. aquatic plants and
 1046 aquatic animals in the context of sustainability: Cultivation techniques, integration,
 1047 and blue revolution. Sustain. 14. <https://doi.org/10.3390/su14063257>

1048 Mansour, A.T., Ashry, O.A., Ashour, M., Alsaqufi, A.S., Ramadan, K.M.A., Sharawy,
 1049 Z.Z., 2022b. The optimization of dietary protein level and carbon sources on biofloc

nutritive values, bacterial abundance, and growth performances of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Juveniles. life 12, 888.

Martínez-Córdova, L.R., Emerenciano, M., Miranda-Baeza, A., Martínez-Porchas, M., 2015. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: An updated review. Rev. Aquac. 7, 131–148. <https://doi.org/10.1111/raq.12058>

Morais, A.P.M., Abreu, P.C., Wasielesky, W., Krummenauer, D., 2020. Effect of aeration intensity on the biofilm nitrification process during the production of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in Biofloc and clear water systems. Aquaculture 514. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734516>

Oakes, K.D., Van Der Kraak, G.J., 2003. Utility of the TBARS assay in detecting oxidative stress in white sucker (*Catostomus commersoni*) populations exposed to pulp mill effluent. Aquat. Toxicol. 63, 447–463. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(02\)00204-7](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00204-7)

Panigrahi, A., Saranya, C., Sundaram, M., Vinoth Kannan, S.R., Das, R.R., Satish Kumar, R., Rajesh, P., Otta, S.K., 2018. Carbon: Nitrogen (C:N) ratio level variation influences microbial community of the system and growth as well as immunity of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. Fish Shellfish Immunol. 81, 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.07.035>

Panigrahi, A., Sivakumar, M.R., Sundaram, M., Saravanan, A., Das, R.R., Katneni, V.K., Ambasankar, K., Syama Dayal, J., Gopikrishna, G., 2020. Comparative study on phenoloxidase activity of biofloc-reared Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* and Indian white shrimp *Penaeus indicus* on graded protein diet. Aquaculture 518, 734654. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734654>

Panigrahi, A., Sundaram, M., Saranya, C., Satish Kumar, R., Syama Dayal, J., Saraswathy, R., Otta, S.K., Shyne Anand, P.S., Nila Rekha, P., Gopal, C., 2019. Influence of differential protein levels of feed on production performance and immune response of Pacific white leg shrimp in a biofloc-based system. Aquaculture 503, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.036>

Peixoto, S., Silva, E., Costa, C.B., Nery, R.C., Rodrigues, F., Silva, J.F., Bezerra, R., Soares, R., 2017. Effect of feeding frequency on growth and enzymatic activity of *Litopenaeus vannamei* during nursery phase in biofloc system. Aquac. Nutr. 24, 579–585. <https://doi.org/10.1111/anu.12591>

1082 Rego, M.A.S., Sabbag, O.J., Soares, R., Peixoto, S., 2017. Financial viability of inserting
 1083 the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study
 1084 in the state of Pernambuco, Brazil. *Aquac. Int.* 25, 473–483.
 1085 <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0044-7>

1086 Reis, W.G., Wasielesky, W., Abreu, P.C., Brandão, H., Krummenauer, D., 2019. Rearing
 1087 of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in BFT system
 1088 with different photoperiods: Effects on the microbial community, water quality and
 1089 zootechnical performance. *Aquaculture* 508, 19–29.
 1090 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.067>

1091 Rosas, C., Cuzon, G., Taboada, G., Pascual, C., Gaxiola, G., Van Wormhoudt, A., 2001.
 1092 Effect of dietary protein and energy levels on growth, oxygen consumption,
 1093 haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic
 1094 pressure of *Litopenaeus vannamei* (Boone) and *L. setiferus* (Linne) juveniles
 1095 (Crustacea, Decapoda; Penae. *Aquac. Res.* 32, 531–547.
 1096 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00573.x>

1097 Samocha, T., 2019. Sustainable bioflocs systems for marine shrimp. Elsevier,
 1098 Amsterdam, The Netherlands.

1099 Samocha, T.M., Prangnell, D.I., Hanson, T.R., Treece, G.D., Morris, T.C., Castro, L.F.,
 1100 Staresinic, N., 2017. Design and operation of super-intensive biofloc-dominated
 1101 systems for indoor production of the pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*,
 1102 first. ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana USA.

1103 Silva, E., Silva, J., Ferreira, F., Soares, M., Soares, R., Peixoto, S., 2015. Influência da
 1104 densidade de estocagem no desempenho zootécnico de *Litopenaeus vannamei*
 1105 durante a fase de berçário em sistema de bioflocos. *Bol. do Inst. Pesca* 41, 777–783.

1106 Silveira, L.G.P., Rosas, V.T., Krummenauer, D., Fróes, C., da Silva, A., Poersch, L.H.,
 1107 Fóes, G., Wasielesky, W., 2022. Establishing the most productive stocking densities
 1108 for each stage of a multi-phase shrimp culture in BFT system. *Aquac. Int.* 30, 1889–
 1109 1903. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00879-7>

1110 Silveira, L.G.P., Rosas, V.T., Krummenauer, D., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2022.
 1111 Comparison between horizontal and vertical substrate in shrimp super-intensive
 1112 culture in bioflocs system. *Aquac. Eng.* 96.
 1113 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102218>

1114 Smith, L.L., Lee, P.G., Lawrence, A.L., Strawn, K., 1985. Growth and digestibility by
 1115 three sizes of *Penaeus vannamei* (Boone): Effects of dietary protein level and protein
 1116 source. *Aquaculture* 46, 85–96.

1117 Sokolova, I.M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G., Sukhotin, A.A., 2012. Energy
 1118 homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress
 1119 tolerance in aquatic invertebrates. *Mar. Environ. Res.* 79, 1–15.
 1120 <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>

1121 Suita, S.M., Braga, A., Ballester, E., Cardozo, A.P., Abreu, P.C., Wasielesky, W., 2016.
 1122 Contribution of bioflocs to the culture of *Litopenaeus vannamei* post-larvae
 1123 determined using stable isotopes. *Aquac. Int.* 24, 1473–1487.
 1124 <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0006-0>

1125 Tierney, T.W., Ray, A.J., 2018. Aquacultural Engineering Comparing bio flocculation, clear-
 1126 water, and hybrid nursery systems (Part I): Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
 1127 production, water quality, and stable isotope dynamics. *Aquac. Eng.* 82, 73–79.
 1128 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.06.002>

1129 UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
 1130 Intergovernmental Oceanographic Commission.

1131 Valle, B.C.S., Dantas, E.M., Silva, J.F.X., Bezerra, R.S., Correia, E.S., Peixoto, S.R.M.,
 1132 Soares, R.B., 2015. Replacement of fishmeal by fish protein hydrolysate and biofloc
 1133 in the diets of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Aquac. Nutr.* 21, 105–112.
 1134 <https://doi.org/10.1111/anu.12149>

1135 Wang, X.D., Li, E.C., Wang, S.F., Qin, J.G., Chen, X.F., Lai, Q.M., Chen, K., Xu, C.,
 1136 Gan, L., Yu, N., Du, Z.Y., Chen, L.Q., 2015. Protein-sparing effect of carbohydrate
 1137 in the diet of white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Aquac. Nutr.* 21,
 1138 904–912. <https://doi.org/10.1111/anu.12221>

1139 Wasielesky, W., Froes, C., Fôes, G., Krummenauer, D., Lara, G., Poersch, L., 2013.
 1140 Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: The effect of stocking
 1141 densities and compensatory growth. *J. Shellfish Res.* 32, 799–806.
 1142 <https://doi.org/10.2983/035.032.0323>

1143 Xu, W.J., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2018. Effects of two commercial feeds for semi-
 1144 intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and
 1145 performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based,

1146 zero-exchange outdoor tanks. *Aquaculture* 490, 194–202.
 1147 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.028>
 1148 Xu, W.J., Pan, L.Q., 2014. Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-
 1149 exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen
 1150 control, biofloc composition and shrimp performance. *Aquac. Res.* 45, 1842–1851.
 1151 <https://doi.org/10.1111/are.12126>
 1152 Yun, H., Shahkar, E., Katya, K., Jang, I.K., Kim, S. kyoung, Bai, S.C., 2016. Effects of
 1153 bioflocs on dietary protein requirement in juvenile whiteleg Shrimp, *Litopenaeus*
 1154 *vannamei*. *Aquac. Res.* 47, 3203–3214. <https://doi.org/10.1111/are.12772>
 1155 Zhao, D., Pan, L., Huang, F., Wang, C., Xu, W., 2016. Effects of different carbon sources
 1156 on bioactive compound production of biofloc, immune response, antioxidant level,
 1157 and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange culture
 1158 Tanks. *J. World Aquac. Soc.* 47, 566–576. <https://doi.org/10.1111/jwas.12292>

Tabela 1 – Formulação das dietas experimentais e composição centesimal das rações de camarões de camarões

Ingredientes	Dietas g/kg				
	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP
Farinha de peixe ^a	170,0	235,0	300,0	365,0	430,0
Farinha de soja ^b	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0
Óleo de peixe ^c	65,0	60,0	55,0	50,0	45,0
Levedura	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Gelatina	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Amido de milho ^d	262,1	203,1	144,0	85,0	25,0
Celulose ^e	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Carbonato de cálcio	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Pré-mix ^f	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Metionina ^g	2,9	1,9	1,0	-	-
Composição centesimal (g/kg)					
Proteína bruta	316,5	364,3	401,1	423,4	468,4
Extrato etéreo	93,0	82,3	92,7	89,5	93,9
Cinzas	85,5	98,9	113,2	128,9	142,7
ENN ^h	505,0	454,5	393,0	358,2	295,0
Matéria seca (%)	95,2	97,1	97,0	96,3	97,7
Energia bruta (kJ/g) ⁱ	19,8	19,7	19,9	19,7	19,8
PB:EB (mg /kJ) ^j	16,0	18,5	20,2	21,5	23,6

^aLeal Santos, Rio Grande, RS, Brazil

^bSulino, RS, Brazil

^cCampestre ®, São Paulo

^dMaizena®, Brazil

^eSynth ®, Brazil

^fMineral and vitamin mix – Tectron, São Paulo, Brasil (Vitamina A 1.000.000 UI/kg, Vit. D3 500.000 UI/kg, Vit. E 20.000 UI/kg, Vit. K3 500 mg/kg, Vit. B1 1.900 mg/kg, Vit. B2 2.000 mg/kg, Vit. B6 2.400 mg/kg, Vit. B12 3.500 mg/kg, Vit., C 25 g/kg, niacin 5.000 mg/kg, pantothenic acid 4.000 mg/kg, folic acid 200 mg/kg, biotin 40 mg/kg, manganese 7.500 mg/kg, zinc 25 g/kg, iron 12.50 g/kg, copper 2.000 mg/kg, iodine 200 mg/kg, selenium 70 mg/kg, and BHT 300 mg/kg)

^gEvonik®

^h Extrato não nitrogênado (ENN) = 1000- (CP + EE + Ash + Crude Fiber)

ⁱ Energia Bruta (EB) = (CP x 23,6) + (EE x 39,5) + (NFE x 17,2)

^j P/E (mg CP/KJ GE) = mg PB/kJ GE

1175 **Tabela 2 – Variáveis da qualidade de água (média ± desvio padrão) durante berçário superintensivo de *L. vannamei* em sistema de**
 1176 **bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas.**

Variáveis	Tratamentos					1177
	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP	p- value ¹
Temperatura (° C)	27,8±1,6	26,9±1,3	26,8±1,4	27,4±1,6	27,7±1,4	0,128 ¹¹⁷⁹
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,51±0,14 ^{ab}	5,52±0,16 ^{ab}	5,62±0,15 ^a	5,46±0,19 ^{ab}	5,44±0,13 ^b	0,033 ¹¹⁸⁰
pH	8,09±0,08 ^a	8,01±0,14 ^b	8,04±0,10 ^b	8,03±0,13 ^b	7,93±0,21 ^c	*** ¹¹⁸¹
NAT (mg/L)	0,33±0,56	0,24±0,36	0,26±0,41	0,25±0,37	0,24±0,34	0,987 ¹¹⁸²
NO ₂ -N (mg/L)	2,22±3,03 ^a	2,92±3,62 ^{ab}	3,34±3,72 ^{abc}	3,77±4,13 ^{bc}	4,16±4,43 ^c	*** ¹¹⁸³
NO ₃ -N (mg/L)	47,47±55,10	53,29±63,57	55,70±64,58	63,66±75,82	63,88±76,79	0,808 ¹¹⁸⁴
Fosfato (mg/L)	3,39±1,81	3,27±1,72	2,81±1,43	3,48±2,16	3,30±1,71	0,555 ¹¹⁸⁵
Alcalinidade (mg/L)	146,8±22,8 ^a	135,0±27,0 ^{ab}	138,0±25,0 ^{ab}	135,0±29,6 ^{ab}	122,0±38,0 ^b	0,010 ¹¹⁸⁶
Salinidade	31,51±1,56	31,75±1,53	32,62±1,68	32,99±2,15	33,29±1,81	0,051 ¹¹⁸⁷
SST (mg/L)	333,2±217,8	368,5±269,8	383,0±260,5	322,1±230,9	354,0±264,1	0,964

1188 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos

1189 ¹ p-value para as ANOVA de uma via e/ou teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (NAT, N-NO₂, N-NO₃, Fosfato)

1190 *** p-value < 0,001

1191 **Tabela 3- Desempenho zootécnico (média ± desvio padrão) durante o período de berçário superintensivo de *L. vannamei* em sistema**
 1192 **de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas.**

Variáveis	Tratamentos					ANOVA p-value
	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP	
Peso médio final (g)	0,52±0,09	0,46±0,04	0,46±0,02	0,52±0,01	0,55±0,07	0,210
Ganho de peso (%)	2781,1±382,0	2472,7±208,1	2465,4±132,3	2787,0±79,5	2939,6±345,4	0,205
Biomassa final (g)	114,53±18,23	103,91±14,09	103,58±12,58	119,01±7,85	117,93±15,16	0,640
Sobrevivência (%)	88,00±2,40	89,30±4,60	89,40±7,10	91,9±8,20	86,10±6,60	0,916
EP	1,83±0,30	1,47±0,26	1,34±0,12	1,46±0,09	1,26±0,16	0,082
Produtividade (kg/ m ³)	2,29±0,36	2,08±0,28	2,07±0,25	2,38±0,16	2,36±0,30	0,640
TCE (% /dia)	11,17±0,45	10,81±0,27	10,81±0,20	11,21±0,09	11,36±0,38	0,218
FCA	1,79±0,30	1,92±0,24	1,88±0,17	1,62±0,09	1,73±0,24	0,634
Consumo de água (L)	67,65±3,90 ^a	73,26±5,11 ^{ab}	77,72±3,73 ^b	87,35±3,32 ^c	83,32±5,32 ^{bc}	***
Pegada hídrica (m ³ /kg)	0,53±0,10	0,64±0,10	0,68±0,07	0,67±0,05	0,62±0,06	0,108

1204 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos.

1205 EP- Eficiência proteica, TCE – Taxa de crescimento específico, FCA – Fator de conversão alimentar

1206 *** p-value < 0,001

1207

1208

1209

1210 **Tabela 4- Efeito de diferentes níveis proteicos na alimentação de *L. vannamei* durante berçários superintensivos em sistema BFT na**
 1211 **composição centesimal (média ± desvio padrão) dos bioflocos e do biofilme.**

Variáveis	Tratamentos					ANOVA p-value
	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP	
Biofilme						
Proteína bruta (%)	20,51±0,99	21,75±0,40	19,04±2,50	19,48±0,36	21,02±0,14	0,094
Lipídeos (%)	3,01±0,25	3,12±0,18	3,06±0,23	2,83±0,07	2,70±0,25	0,183
Cinzas (%)	47,50±0,29 ^a	49,30±0,20 ^{ab}	50,53±0,05 ^b	55,48±4,0 ^b	52,11±0,11 ^b	0,012
Matéria seca (%)	91,44±0,09	92,07±0,03	92,87±0,04	92,83±0,13	92,66±0,37	0,260
Bioflocos						
Proteína bruta (%)	28,40±0,82 ^a	27,90±3,28 ^{ab}	25,60±1,78 ^b	25,60±2,27 ^{ab}	26,50±2,63 ^{ab}	0,020
Lipídeos (%)	2,80±0,34 ^b	3,11±0,24 ^a	2,97±0,23 ^{ab}	2,71±0,20 ^b	2,76±0,28 ^b	0,002
Cinzas (%)	46,40±0,72 ^a	48,30±3,75 ^{ab}	51,00±1,47 ^b	52,00±1,96 ^b	52,40±1,69 ^b	***
Matéria seca (%)	94,60±0,96	95,10±0,69	94,20±1,68	95,10±0,37	95,40±0,40	0,240

1212 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos.

1213

1214

1215

1216

1217

1218 **Tabela 5- Variáveis econômicas (média ± desvio padrão) durante o berçário superintensivos em BFT de *L. vannamei* alimentados**
1219 **com diferentes níveis proteicos.**

Variáveis	Tratamentos					Anova p-value
	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP	
Preço da ração (U\$)	1,92	1,97	2,02	2,07	2,12	-
Aumento preço da ração (%)	-	2,65	5,29	7,94	10,56	-
Custos de Alimentação (U\$)	1,66 ± 0,05	1,65 ± 0,14	1,67 ± 0,08	1,68 ± 0,18	1,90 ± 0,20	0,120
Relação dos custos de alimentação (%)	-	-0,35 ± 8,12	0,71 ± 4,54	1,31 ± 11,04	14,58 ± 12,30	0,160
eFCR (U\$/kg)	3,28 ± 0,69	3,62 ± 0,63	3,63 ± 0,38	3,22 ± 0,23	3,52 ± 0,66	0,120
TFCR econômico (%)	-	15,89 ± 20,13	16,23 ± 12,25	3,16 ± 7,34	12,68 ± 20,98	0,374

1220 eFCR – Fator de conversão alimentar econômico; TFCR – Relação entre os fatores de conversão alimentar

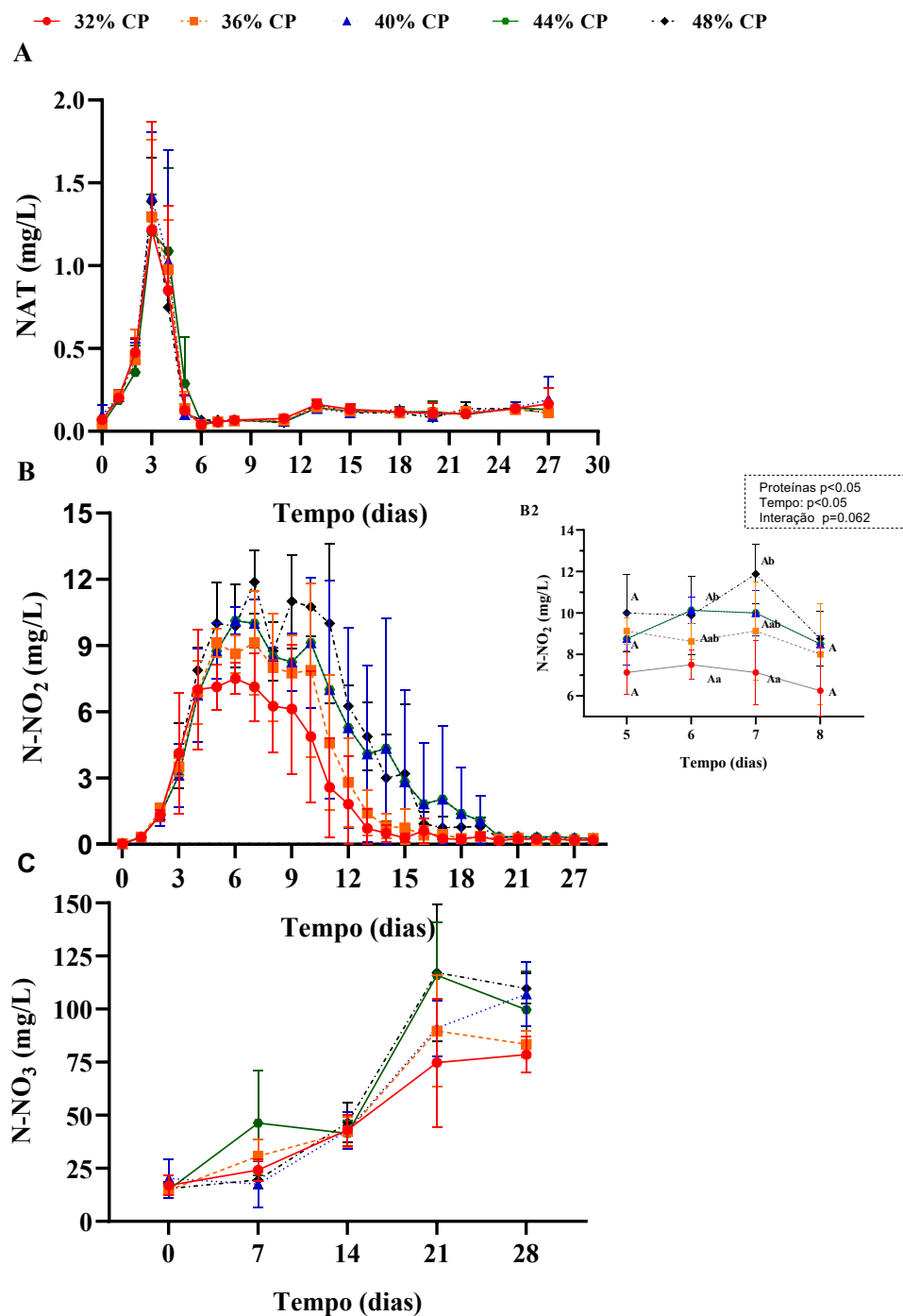
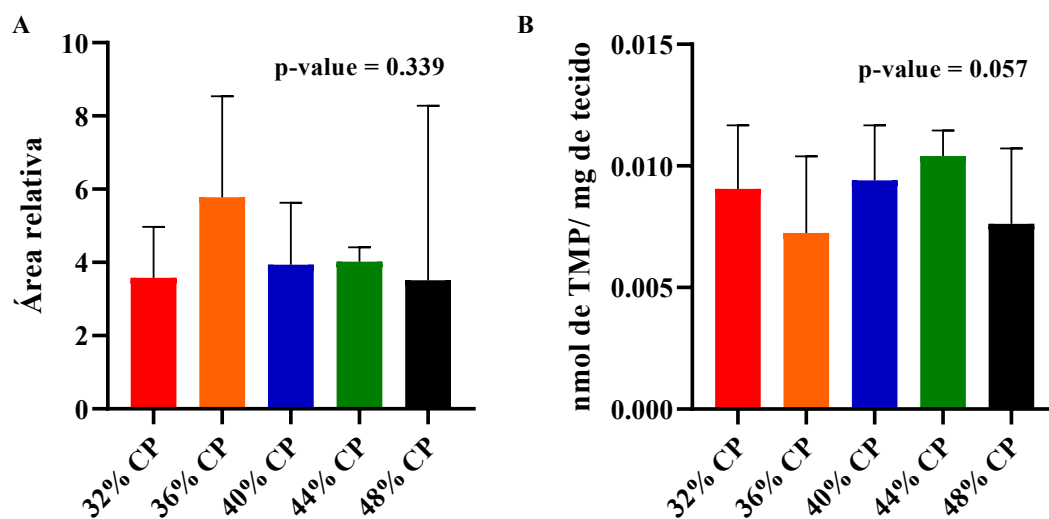


Figura 1- Efeito dos diferentes níveis proteicos nas dietas de *Litopenaeus vannamei* sobre os compostos nitrogenados (A- Nitrogênio da amônia total, B- Nitrogênio do Nitrito e C- Nitrogênio do nitrato) durante berçário superintensivos em BFT. B2- Concentrações de N-NO₂ entre os dias 5 e 8, letras minúsculas indicam diferenças os tratamentos e letras maiúsculas indicam diferenças ao longo do tempo.



1222

1223 **Figura 2 – Efeito dos diferentes níveis proteicos nas dietas de *Litopenaeus vannamei***

1224 **sobre a capacidade antioxidante total- ACAP (A) e peroxidação lipídica- TBARS (B)**

1225 **dos animais cultivados em berçário superintensivos de BFT**

1226 **CAPITULO II - Diferentes níveis lipídicos no berçário do camarão branco do**
1227 **Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) em sistema cultivados em sistemas superintensivos**
1228 **de bioflocos.**

1229 Ítalo Felipe Mascena Braga^{a*}, Andrezza Carvalho Chagas^a, Victor Torres Rosa^c, José
1230 Maria Monserrat^d, Marcelo Borges Tesser^c, Wilson Wasielesky^a, Geraldo Kipper Fóes^a.

1231 ^a Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de
1232 Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

1233 ^b Environmental Science Center, Qatar University, P.O. Box: 2713, Doha – Qatar.

1234 ^c Laboratório de Bioquímica Funcional de Organismos Aquáticos, Instituto de
1235 Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino-
1236 96201-900, Brasil

1237 ^d Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Instituto de Oceanografia,
1238 Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

1239 * Autor correspondente: Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia,
1240 Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil.

1241 italo.braga1996@gmail.com

1242 Destaques:

- 1243 • O aumento nos níveis lipídicos nas dietas de *L. vannamei* cultivados em berçários
1244 superintensivos de BFT prejudica a sobrevivência dos animais
- 1245 • A produtividade máxima durante cultivos hiperintensivos de *L. vannamei* foi
1246 encontrada em 67,8 g/kg de lipídeos
- 1247 • Na presença de bioflocos, diferentes níveis lipídicos nas dietas de pós-larvas não
1248 afeta a capacidade antioxidante dos animais

1249

1250 O Capítulo foi formatado e submetido na revista do **Boletim do Instituto de Pesca**.

1251 RESUMO

1252 Elevadas densidades de estocagem podem causar redução do crescimento, diminuição da
1253 conversão alimentar e depleção do sistema imune dos animais. Frente a desafios
1254 ambientais, os lipídios podem servir como uma fonte altamente energética capaz de suprir
1255 as demandas dos organismos cultivados. Foi realizado um cultivo berçário de *Litopenaeus*
1256 *vannamei* em sistemas superintensivos em sistema de bioflocos utilizando cinco dietas
1257 com diferentes níveis lipídicos (50 g/kg, 70 g/kg, 90 g/kg, 110 g/kg e 130 g/kg) e
1258 isoproteicas (400 g/kg), cada dieta foi utilizada em quadruplicatas. Diferenças
1259 significativas na qualidade de água não foram registradas ($P>0,05$). O peso final e ganho
1260 de peso não foram afetados pelos diferentes tratamentos, entretanto as menores
1261 sobrevivências foram encontradas no tratamento 110 EE e 130 EE, o tratamento 50 e 70
1262 EE obtiveram as maiores produtividades, com ponto máximo encontrado em 67,8 g/kg.
1263 Além disso, não foram encontradas diferenças significativas na ACAP e TBARS dos
1264 animais. Diferentes níveis lipídicos nas dietas afetam a composição nutricional dos
1265 bioflocos e biofilmes, principalmente em termos proteicos e lipídicos.

1266 **Palavras-chave:** crescimento, capacidade antioxidante, energia bruta

1267 **INTRODUÇÃO**

1268 A aquicultura é o setor produtivo que mais cresceu dentro do setor agrário (FAO,
1269 2022), sendo que a grande demanda por produtos de origem da aquicultura tem criado a
1270 necessidade de intensificar os cultivos e ao mesmo tempo procurar sistemas que sejam
1271 ecologicamente sustentáveis. Neste sentido, cultivos berçários em sistemas de bioflocos
1272 (BFT – *biofloc technology*) vem se destacando, por permitir o uso de elevadas densidades
1273 de estocagem (da Silveira et al., 2022), reduzir o uso de água, produzir juvenis mais
1274 saudáveis, além de melhorar o manejo alimentar e reduzir os períodos de engorda
1275 (Peixoto et al., 2017; Silva et al., 2015; Wasielesky et al., 2013). Além disso, os bioflocos
1276 possuem papel importante como fonte de alimentação suplementar de elevado valor
1277 nutricional que permite a redução parcial do uso de alimento balanceado e, em alguns
1278 casos, redução dos níveis proteicos nas dietas (Jatobá et al., 2014; Mansour et al., 2022;
1279 Xu and Pan, 2014; Yun et al., 2016). Entretanto, a qualidade nutricional do bioflocos pode
1280 ser alterada de acordo com diversas condições bióticas e abióticas nos sistemas de cultivos
1281 sendo proteína e lipídeos os principais nutrientes afetados (Hamidoghli et al., 2019;
1282 Huang et al., 2022; Khanjani et al., 2016; Khoa et al., 2020; Edén Magaña-Gallegos et
1283 al., 2018; Reis et al., 2019; Samocha et al., 2017).

1284 Lipídeos possuem a função primária de fornecer fontes concentradas de energia,
1285 ácidos graxos essenciais (AGE) e fosfolipídios importantes para o crescimento e
1286 desenvolvimento normal dos organismos aquáticos, além de participarem de diversas
1287 funções metabólicas tais como osmorregulação e reprodução (Chen et al., 2014;
1288 Hamidoghli et al., 2019; Li et al., 2015). As necessidades lipídicas podem variar entre
1289 espécies, fases de vida e condições ambientais (Cuzon et al., 2004; Zhang et al., 2013).
1290 Por exemplo, para juvenis de *Litopenaeus vannamei* estudos reportam ampla variação de

1291 concentrações, desde 50 até 140 g/kg de lipídeos (Glencross et al., 2002; Zhang et al.,
1292 2013; Zhu et al., 2010). Entretanto, cultivos que exercem estresse nos organismos podem
1293 exigir um teor lipídico maior, como o caso dos cultivos oligohalinos, onde é necessária
1294 uma maior quantidade de energia para osmorregulação e para a manutenção da
1295 homeostase dos organismos (Li et al., 2017). Elevadas densidades de estocagem,
1296 características de cultivos superintensivos, também são fatores estressante, que podem ser
1297 compensados pelo uso de dietas específicas a sistemas superintensivos, incrementando o
1298 crescimento dos animais (Braga et al. 2016).

1299 Estudos com lipídeos em sistemas de BFT tem sido pouco abordado,
1300 principalmente para berçários superintensivos, sendo que os resultados para juvenis (1,0
1301 até 3,0 g) podem ser considerados inconclusivos (Hamidoghli et al., 2019; Toledo et al.,
1302 2014). Toledo et al. (2014) detectaram que níveis entre 85 e 95 g/kg de lipídeos nas dietas
1303 promovem maior sobrevivência de juvenis de *L. vannamei*. Entretanto, Hamidoghli et al.
1304 (2019) não observaram alterações nas sobrevivências dos animais em relação aos
1305 diferentes níveis lipídicos nas dietas, além disso os mesmos autores determinaram que os
1306 teores lipídicos devem estar entre 56 a 60 g/kg para maximizar o crescimento dos
1307 camarões.

1308 Além de fontes nutricionais e energéticas os lipídeos podem ser correlacionados
1309 com o sistema imune não específico e antioxidante dos camarões, apesar deste
1310 conhecimento não ser claramente elucidado. Hamidoghli et al. (2019) e Zhang et al.
1311 (2013) reportaram aumento das respostas imunes de juvenis de *L. vannamei* alimentados
1312 com dietas entre 90 e 120 g/kg de lipídeos. Entretanto, Zhang et al. (2013) relatam uma
1313 diminuição no funcionamento do sistema antioxidante de animais cultivados com
1314 concentrações de 120 a 140 g/kg, principalmente em relação da atividade enzimática da

1315 superperóxido dismutase (SOD). Além disso, a interação entre os níveis lipídicos e o
1316 sistema de bioflocos sobre a capacidade antioxidante dos animais deve ser mais abordada.
1317 Uma vez que na presença de bioflocos, mudanças nos teores lipídicos em dietas de juvenis
1318 de *L. vannamei* não alteraram na hemolinfa, parâmetros da resposta antioxidante dos
1319 camarões, como a quantidade de substância reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)
1320 (Hamidoghli et al., 2019).

1321 Conhecer a interação dos lipídeos nas dietas de pós-larvas de *L. vannamei*
1322 cultivadas em sistemas superintensivos, permitem refinar as formulações empregadas
1323 para estas condições. Braga et al., (2016) e Xu et al., (2018) demonstram que o uso de
1324 dietas específicas para sistemas superintensivos representam um importante ganho no
1325 desempenho zootécnico e redução nos custos operacionais. Sendo assim, o presente
1326 estudo visa avaliar a influência de diferentes níveis lipídicos em dietas de pós-larvas de
1327 *Litopenaeus vannamei* sobre o desempenho zootécnico, capacidade antioxidante e custos
1328 com alimentação de animais cultivados em berçários superintensivos com bioflocos.

1329 **MATERIAIS E METÓDOS**

1330 **Animais e condições experimentais**

1331 O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura – EMA da
1332 Universidade Federal de Rio Grande – FURG, Brasil. O delineamento experimental foi
1333 composto por cinco tratamentos com quatro réplicas cada e teve duração de 30 dias.
1334 Foram formuladas cinco dietas isoproteicas (400 g/kg Proteína Bruta) com diferentes
1335 níveis de lipídeos (50, 70, 90, 110 e 130 g/kg), sendo que os dados de formulação das
1336 dietas podem ser observados na Tabela 1.

1337

1338 **Tabela 1-** Formulações das dietas experimentais e composição centesimal das rações para
 1339 berçários superintensivos de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos

Ingredientes	Dietas g/kg				
	50 EE	70 EE	90 EE	110 EE	130 EE
Farinha de peixe ^a	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
Farinha de soja ^b	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0
Óleo de peixe ^c	15,0	35,0	55,0	75,0	95,0
Levedura	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Gelatina	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Amido de milho ^d	184,0	164,0	144,0	124,0	104,0
Celulose ^e	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Carbonato de cálcio	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Pré-mix ^f	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Metionina ^g	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição centesimal (g/kg)					
Proteína bruta	402,3	398,7	401,1	398,4	387,7
Extrato etéreo	56,3	65,6	92,7	102,8	124,6
Cinzas	109,8	117,7	113,2	103,2	107,0
ENN ^h	431,6	418	393,0	395,6	380,7
Matéria seca (%)	96,9	97,4	97,0	97,2	97,6
Energia bruta (kJ/g) ⁱ	19,1	19,2	19,9	20,3	20,6
PB:EB (g /kJ) ^j	2,10	2,08	2,02	1,96	1,88

1340 ^aLeal Santos, Rio Grande, RS, Brazil

1341 ^bSulino, RS, Brazil

1342 ^cCampestre ®, São Paulo

1343 ^dMaizena®, Brazil

1344 ^eSynth ®, Brazil

1345 ^fMix mineral e vitamínico – Tectron, São Paulo, Brasil (Vitamina A 1.000.000 UI/kg, Vit. D3
 1346 500.000 UI/kg, Vit. E 20.000 UI/kg, Vit. K3 500 mg/kg, Vit. B1 1.900 mg/kg, Vit. B2 2.000
 1347 mg/kg, Vit. B6 2.400 mg/kg, Vit. B12 3.500 mg/kg, Vit., C 25 g/kg, niacina 5.000 mg/kg, ácido
 1348 pantatênico 4.000 mg/kg, ácido fólico 200 mg/kg, biotina 40 mg/kg, magnésio 7.500 mg/kg, zinco
 1349 25 g/kg, ferro 12.50 g/kg, cobre 2.000 mg/kg, iodo 200 mg/kg, selênio 70 mg/kg, e BHT 300
 1350 mg/kg)

1351 ^gEvonik®

1352 ^h Extrato não nitrogenado (ENN) = 1000- (PB + EE + Cinzas + Fibra Bruta)

1353 ⁱ Energia Bruta (EB) = (PB x 23,6) + (EE x 39,5) + (NFE x 17,2)

1354 ^j P/E (mg CP/KJ GE) = mg PB/kJ EB

1355 As pós-larvas de *L. vannamei* (PL-7), foram obtidas de um laboratório comercial
1356 localizado no município de Itapoá, Santa Catarina, Brasil, e foram aclimatadas às
1357 condições experimentais por três dias. Os camarões ($0,018 \pm 0,001$ g) foram estocados
1358 em 20 tanques de polietileno (50 L de volume útil), em densidade de 5.000 PL/m³. Cada
1359 tanque contava com sistema de aeração com difusores de ar (15 cm de comprimento) e
1360 um aquecedor individual (Roxin HT1300, 100 W) para garantir a manutenção da
1361 temperatura em 27 °C. As unidades experimentais foram abastecidas com 45 L de água
1362 marinha (salinidade 30,15 g/L), previamente filtrada (200 µm), clorada (20 mg/L de cloro
1363 ativo) e declorada com uso da aeração. Posteriormente, cada tanque recebeu 5,0 L de
1364 inóculo de bioflocos (10 % do volume das caixas), garantindo que as concentrações
1365 iniciais de sólidos suspensos totais (SST) de $60,75 \pm 4,8$ mg/L. Além disso o fotoperíodo
1366 foi controlado em 12: 12 luz: escuro.

1367 Os animais foram alimentados três vezes ao dia (8:00, 13:00 e 18:00 h) para o
1368 melhor aproveitamento das dietas, como descrito por Peixoto et al. (2017). A quantidade
1369 de alimento fornecido foi ajustada semanalmente de acordo com artigo de revisão de Jory
1370 et al. (2001). Os tamanhos das rações foram ajustados de acordo com o crescimento dos
1371 camarões (0,200 mm até 0,500 mm).

1372 **Composição centesimal do floco e dietas experimentais**

1373 As análises de composição centesimal foram realizadas no Laboratório de
1374 Nutrição de Organismos Aquáticos – LANOA (FURG, Brasil). Para cada dieta
1375 experimental, foram realizadas amostras para a determinação da umidade, por secagem
1376 em estufa (105 °C), proteína bruta pelo método Kjeldahl, lipídeos pela metodologia de
1377 Bligh-dyer, cinzas por combustão em mufla a 550 °C por cinco horas e fibras brutas,
1378 sendo que todas as metodologias estão descritas no compêndio da A.O.A.C, (2007) e

1379 todos os resultados estão expressos em base da matéria seca. No final do experimento, os
1380 bioflocos foram coletados utilizando uma malha (150 µm) e biofilme (matéria orgânica
1381 aderida nas paredes dos tanques); ambos secos a 60 °C, então foram realizadas as análises
1382 de composição centesimal descritas anteriormente.

1383 **Qualidade de água**

1384 Durante o experimento, temperatura e oxigênio dissolvido foram medidos duas
1385 vezes ao dia (7:00 e 16:30 h) usando oxímetro (EcoSense, DO200A, YSI), o pH foi
1386 medido uma vez por dia com pHmetro (FiveEasy, Metler Toledo). O nitrogênio da
1387 amônia total (NAT) e nitrogênio do nitrito (N-NO₂⁻) foram mensurados três vezes na
1388 semana como descrito em Strickland & Parsons (1972) e UNESCO, (1983),
1389 respectivamente. Uma vez por semana foram analisados o nitrogênio do nitrato (N-NO₃⁻
1390) e fósforo (P-PO₄⁻³) pela metodologia de Aminot & Chaussepied, (1983), a salinidade foi
1391 medida utilizando um aparelho multiparâmetros (Hanna, HI98194) e os sólidos suspensos
1392 totais (SST) foram medidos pela metodologia da APHA, (2005). Alcalinidade foi medida
1393 duas vezes por semana (APHA, 2005), sendo que correções com hidróxido de cálcio
1394 foram realizadas para manter as concentrações de alcalinidade em 150 mg/L de CaCO₃
1395 (Furtado et al., 2015). Além disso, uma vez por semana uma vez por semana foi
1396 adicionado 1,0 mg/L de probiótico (Pro-W, Sanolife, INVE®) para manutenção da
1397 qualidade de água. Quando as concentrações de NAT foram superiores a 1,0 mg/L foi
1398 adicionado melão em uma relação carbono e nitrogênio de 6: 1 (Samocha et al., 2017).
1399 Ainda, os teores de sólidos foram controlados sempre que atingiram concentrações de
1400 500 mg/L (Gaona et al., 2015) através de renovações parciais de água.

1401 **Desempenho zootécnico**

1402 Biometrias foram realizadas uma vez por semana, sendo 50 animais amostrados
 1403 aleatoriamente em cada unidade experimental para ajuste da quantidade da ração a ser
 1404 ofertada. Ao final do período experimental, os dados de desempenho foram avaliados
 1405 através de peso final (g), ganho de peso - GP (%), biomassa final (g), eficiência proteica-
 1406 EP, taxa de crescimento específico – TCE (%/dia), sobrevivência – S (%), Produtividade
 1407 (kg/m³) e fator de conversão alimentar – FCA. Além disso, o consumo total de água
 1408 empregada durante o período experimental foi registrado e o consumo de água foi
 1409 calculada – CA.

$$1410 \quad GP = ((P_f - P_i)/P_i) * 100$$

$$1411 \quad EP = (B_f - B_i)/\text{ingestão de proteínas}$$

$$1412 \quad FCA = \text{Oferta de alimento} \cdot (B_f - B_i)^{-1}$$

$$1413 \quad TCE = 100[(\ln P_f - \ln P_i) \cdot \text{tempo}^{-1}]$$

$$1414 \quad S = 100(\text{população final} \cdot \text{população inicial}^{-1})$$

$$1415 \quad \text{Produtividade} = \text{Biomassa final} \cdot \text{volume}^{-1}$$

$$1416 \quad CA = \frac{\text{Volume total de água (m}^3\text{)}}{\text{biomassa final (kg)}}$$

1417 Onde: Pf é peso final (g); Pi é peso inicial (g); Quantidade de ração ofertada (g);
 1418 Bf é biomassa final; Bi é biomassa inicial, volume das unidades experimentais (m³)

1419 **Análises bioquímicas**

1420 As análises bioquímicas foram realizadas no laboratório de Bioquímica Funcional
1421 de Organismos Aquáticos (BIFOA). Ao final do período experimental, seis animais por
1422 tanque foram coletados (n= 24 por tratamento), e armazenados em ultra freezer até
1423 posterior análise. O tecido animal (animal inteiro com exoesqueleto) foi homogeneizado
1424 (1: 5) peso: volume em um tampão com Tris-Base (20 mM, pH 7,6), EDTA (1,0 mM) e
1425 sacarose (5,0 mM) (Gallagher et al., 1992). O homogeneizado foi centrifugado a 20.000
1426 g (14.010 rpm) por 20 minutos em 4,0 °C, os sobrenadantes foram coletados e utilizados
1427 para as análises posteriores.

1428 O conteúdo total de proteína nas amostras foi analisado pelo método de biureto
1429 (550 nm), em triplicatas utilizando um kit comercial (Bioclin, Brazil). Posteriormente, as
1430 amostras foram diluídas em 2,0 mg de proteína/ml, com o mesmo tampão de
1431 homogeneização, então a capacidade antioxidante contra radicais de peróxido (ACAP)
1432 foi medida segundo a metodologia de Amado et al. (2009) através da determinação das
1433 espécies reativa de oxigênio (ROS) das amostras. A oxidação lipídica, foi aferida
1434 utilizando reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme a metodologia proposta por
1435 Oakes and Van Der Kraak (2003).

1436 **Custo com alimentação**

1437 Durante o presente experimento a quantidade total de alimento fornecida foi
1438 registrada. E uma análise financeira foi realizada com base nos seguintes parâmetros:
1439 Custo médio com alimentação- FC (USD \$), Relação dos custos de alimentação- RCA
1440 (%), Fator de conversão alimentar econômico – eFCR (USD \$/kg), Taxa de aumento do
1441 FCR econômico- TFCR (%).

1442 $FC = \text{Preço das dietas} * \text{Quantidade de ração fornecida}$

$$RCA = 100 \left(\frac{\text{Custo com alimentação} - \text{custo alimentação controle}}{\text{Custo com alimentação controle}} \right)$$

$$eFCR = \frac{\text{Custo com alimentação}}{\text{Biomassa produzida}}$$

Todos os custos foram calculados para a produção de um milheiro de animais, e para efeito de comparação dos custos com alimentação, a dieta de 50 g/kg de lipídeos foi considerada a dieta controle. A taxa de cambio utilizada foi a empregada pelo Banco Central do Brasil onde (1,00 USD \$ = 5,64 R\$).

Análises estatística

Os dados de qualidade de água e desempenho zootécnico, custo com alimentação e parâmetros bioquímicos foram testados quanto a normalidade e homocedasticidade dos dados, ao nível de significância de 5,0 %. Os dados de sobrevivência foram transformados utilizando a função arco seno (Zar, 2010). Quando a normalidade e homogeneidade dos dados foram confirmados usou-se a anova de uma via ($\alpha < 0.05$), seguidas do teste post-hoc de Tukey ($p < 0.05$) em casos de diferenças significativas. Se os pré-requisitos da ANOVA não tenham sido atingidos utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todos os dados foram tratados e analisados utilizando o software R-Studio versão 4.2.0.

RESULTADOS

Qualidade de água

O efeito dos diferentes níveis lipídicos em berçários superintensivos de *L. vannamei* estão apresentados na Tabela 2. Não houve diferenças significativas nas variáveis de qualidade de água ($p > 0,05$). As variações dos compostos nitrogenados (NAT, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻) estão apresentados na Figura 1, picos nas concentrações de NAT e N-

1465 NO₂⁻, foram observados no terceiro e sétimo dia, respectivamente, não havendo
1466 diferenças entre os tratamentos ($p>0,05$).

1467 **Desempenho zootécnico**

1468 As variáveis de desempenho zootécnico podem ser visualizadas na Tabela 3. Não
1469 houve diferenças significativas para o peso final, ganho de peso e SGR entre os
1470 tratamentos ($p>0,05$). As menores sobrevivências foram encontradas no tratamento 110
1471 EE e 130 EE, enquanto as maiores, em torno de 95%, foram encontradas nos tratamentos
1472 50 EE e 70 EE ($p<0,05$). O tratamento 50 e 70 EE tiveram as maiores produtividades
1473 quando comparado com os tratamentos 110 e 130 EE ($p<0,05$). Além disso, os resultados
1474 da regressão mostram que o ponto ótimo de lipídeos (ponto de máxima) nas dietas de *L.*
1475 *vannamei* cultivados em sistemas superintensivos, com base na produtividade, seja de
1476 67,8 g/kg (Figura 2).

1477 **Composição dos bioflocos e biofilme**

1478 Os resultados de composição centesimal dos bioflocos e biofilme estão
1479 apresentados na Tabela 4. De maneira geral, os diferentes níveis lipídicos nas dietas
1480 afetaram a qualidade nutricional dos bioflocos e biofilmes. Os maiores teores proteicos e
1481 lipídicos foram observados nos tratamentos com 130 EE, assim como menores valores de
1482 cinzas ($p<0,05$). Além disso, diferenças estatísticas não foram observadas entre os teores
1483 proteicos e lipídicos entre os tratamentos 50, 70 e 90 EE.

1484 **Tabela 2** - Variáveis de qualidade de água (média $\pm$ desvio padrão) no cultivo berçário de *Litopenaeus vannamei* alimentados com diferentes
 1485 níveis lipídicos nas dietas.

Variáveis	Tratamentos					p-valor ¹
	50 EE	70 EE	90 EE	110 EE	130 EE	
Temperatura (° C)	26,8 $\pm$ 1,7	27,2 $\pm$ 1,2	26,8 $\pm$ 1,0	27,0 $\pm$ 1,5	27,4 $\pm$ 1,2	0,411
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,62 $\pm$ 0,34	5,49 $\pm$ 0,25	5,65 $\pm$ 0,16	5,58 $\pm$ 0,24	5,48 $\pm$ 0,23	0,213
pH	8,03 $\pm$ 0,12	7,95 $\pm$ 0,14	8,03 $\pm$ 0,06	8,00 $\pm$ 0,09	8,01 $\pm$ 0,12	0,318
NAT (mg/L)	0,35 $\pm$ 0,62	0,21 $\pm$ 0,25	0,26 $\pm$ 0,41	0,27 $\pm$ 0,37	0,33 $\pm$ 0,56	0,948
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	2,80 $\pm$ 3,55	2,76 $\pm$ 3,72	3,34 $\pm$ 3,72	3,50 $\pm$ 3,92	3,62 $\pm$ 4,12	0,065
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	54,87 $\pm$ 62,78	55,86 $\pm$ 66,15	55,70 $\pm$ 64,58	59,41 $\pm$ 71,32	58,08 $\pm$ 69,10	0,974
Fosfato (mg/L)	3,16 $\pm$ 1,85	3,52 $\pm$ 2,10	2,81 $\pm$ 1,43	2,90 $\pm$ 1,82	3,08 $\pm$ 1,75	0,807
Alcalinidade (mg/L)	137,0 $\pm$ 25,6	127,0 $\pm$ 28,5	138,0 $\pm$ 25,0	134,3 $\pm$ 26,4	136,4 $\pm$ 24,4	0,434
Salinidade	32,45 $\pm$ 1,67	31,95 $\pm$ 1,39	32,62 $\pm$ 1,68	32,67 $\pm$ 1,67	32,45 $\pm$ 1,58	0,546
SST (mg/L)	323,33 $\pm$ 227,71	392,65 $\pm$ 252,51	383,00 $\pm$ 260,46	433,06 $\pm$ 287,11	390,00 $\pm$ 255,06	0,790

1486 ¹ *p-value* para as ANOVA de uma via e/ou teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (NAT, N-NO₂, N-NO₃, Fosfato)

1487

1488 **Tabela 3** - Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) durante berçário superintensivo de *Litopenaeus vannamei* cultivados com
1489 diferentes níveis de lipídeos nas dietas.

Variáveis	Tratamentos					ANOVA
	50 EE	70 EE	90 EE	110 EE	130 EE	p-valor
Peso médio inicial (g)	0,018 $\pm$ 0,001	0,018 $\pm$ 0,001	0,018 $\pm$ 0,001	0,018 $\pm$ 0,001	0,018 $\pm$ 0,001	-
Peso médio final (g)	0,44 $\pm$ 0,01	0,62 $\pm$ 0,18	0,46 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,05	0,48 $\pm$ 0,06	0,137
Ganho de peso (%)	2366,5 $\pm$ 31,1	3355,2 $\pm$ 986,1	2465,4 $\pm$ 132,3	2211,5 $\pm$ 273,4	2539,0 $\pm$ 326,5	0,289
Biomassa final (g)	106,83 $\pm$ 2,76 ^{ab}	148,81 $\pm$ 42,8 ^a	103,58 $\pm$ 12,58 ^{ab}	80,05 $\pm$ 11,59 ^b	78,03 $\pm$ 26,78 ^b	0,047
Sobrevivência (%)	95,50 $\pm$ 4,40 ^a	95,6 $\pm$ 2,40 ^a	89,40 $\pm$ 7,10 ^{ab}	76,70 $\pm$ 5,10 ^b	64,20 $\pm$ 17,40 ^b	0,013
Produtividade (kg/m ³)	2,14 $\pm$ 0,06 ^{ab}	2,98 $\pm$ 0,86 ^a	2,07 $\pm$ 0,25 ^{ab}	1,60 $\pm$ 0,23 ^b	1,56 $\pm$ 0,54 ^b	0,047
EP	1,50 $\pm$ 0,10 ^a	1,81 $\pm$ 0,76 ^{ab}	1,34 $\pm$ 0,16 ^{abc}	0,97 $\pm$ 0,20 ^c	1,05 $\pm$ 0,46 ^{bc}	0,019
TCE (%/dia)	10,68 $\pm$ 0,04	11,20 $\pm$ 0,4	10,81 $\pm$ 0,20	10,43 $\pm$ 0,40	10,87 $\pm$ 0,42	0,167
FCA	1,54 $\pm$ 0,09 ^a	1,54 $\pm$ 0,52 ^{ab}	1,88 $\pm$ 0,17 ^{bc}	2,68 $\pm$ 0,68 ^c	2,85 $\pm$ 1,09 ^c	0,019
Consumo de água (L)	85,20 $\pm$ 6,68	79,8 $\pm$ 8,70	77,72 $\pm$ 3,73	78,85 $\pm$ 6,13	75,32 $\pm$ 5,46	0,306
CA (m ³ /kg)	0,68 $\pm$ 0,10	0,49 $\pm$ 0,18	0,62 $\pm$ 0,15	0,83 $\pm$ 0,21	0,90 $\pm$ 0,43	0,196

1490 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

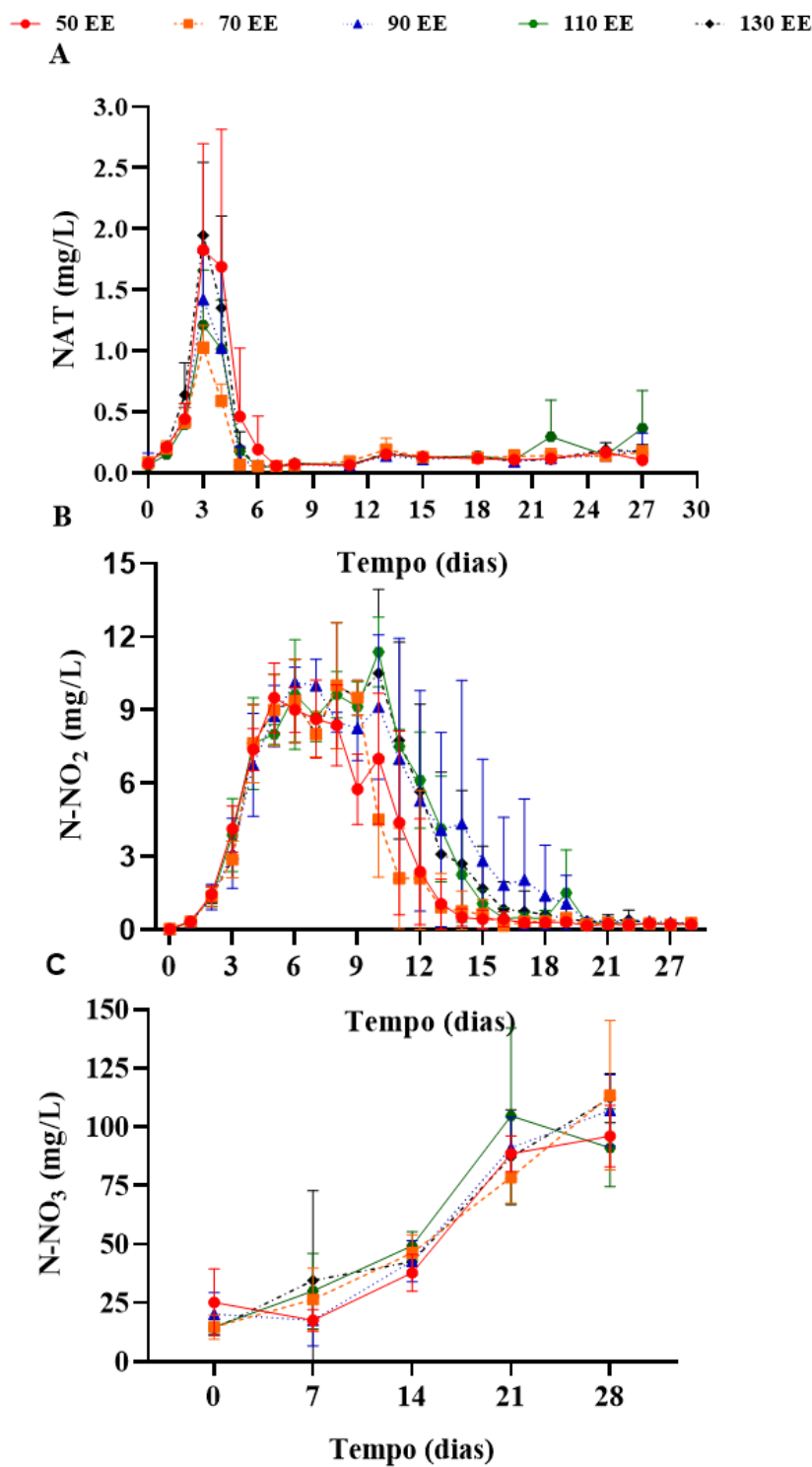
1491 EP– Eficiência proteica; TCE – Taxa de crescimento específico, FCA – Fator de conversão alimentar, CA – Consumo de água

1492 **Tabela 4-** Efeito de diferentes níveis lipídicos na alimentação de *L. vannamei* durante berçários superintensivos na composição centesimal
 1493 (média ± desvio padrão) dos bioflocos e do biofilme.

Variáveis	Tratamentos					ANOVA p-value
	50 EE	70 EE	90 EE	110 EE	130 EE	
Biofilme						
Proteína bruta (%)	20,54±0,99 ^b	20,60±0,49 ^b	19,05±1,36 ^b	21,12±1,19 ^b	24,58±0,43 ^a	0,039
Lipídeos (%)	2,32±0,17 ^c	2,52±0,10 ^c	3,06±0,23 ^b	3,53±0,25 ^{ab}	3,55±0,10 ^{ab}	***
Cinzas (%)	57,38±0,72 ^a	49,30±0,20 ^{ab}	51,83±4,80 ^b	54,52±0,14 ^b	53,81±0,43 ^b	0,024
Matéria seca (%)	91,50±0,40 ^a	92,07±0,03 ^{ab}	92,87±0,04 ^b	92,46±0,31 ^{ab}	92,46±0,34 ^{ab}	0,041
Bioflocos						
Proteína bruta (%)	25,02±1,44 ^b	26,09±2,30 ^b	25,43±1,78 ^b	27,42±4,23 ^{ab}	29,42±1,67 ^a	0,012
Lipídeos (%)	2,44±0,22 ^c	2,86±0,28 ^b	2,97±0,23 ^b	3,40±0,25 ^a	3,64±0,35 ^a	***
Cinzas (%)	51,30±2,17 ^b	51,51±2,77 ^b	50,38±1,91 ^b	47,93±2,06 ^a	47,81±1,49 ^a	***
Matéria seca (%)	94,75±1,50 ^b	96,11±0,78 ^a	94,61±1,74 ^b	94,49±1,76 ^b	94,94±0,62 ^b	0,003

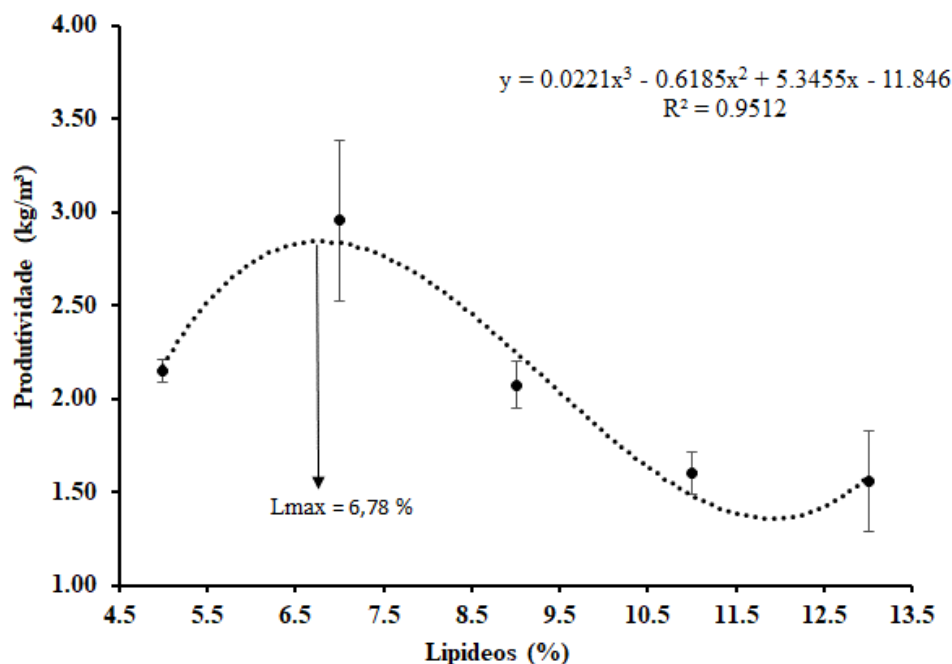
1494 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

1495 *** $p\text{-value} < 0,001$



1496 **Figura 1-** Efeito dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de *Litopenaeus vannamei* sobre
 1497 os compostos nitrogenados (A- Nitrogênio da amônia total, B-Nitrogênio do nitrito e C-
 1498 Nitrogênio do nitrato) cultivados em berçário superintensivos em bioflocos.

1499

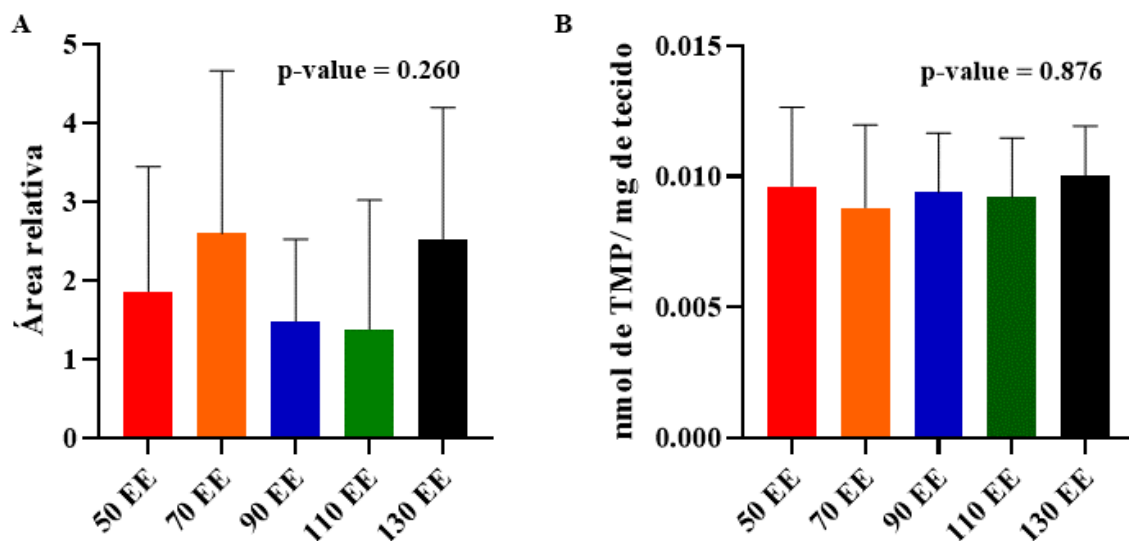


1500

1501 **Figura 2-** Análise de regressão da produtividade (kg/m³) de acordo com os níveis de
 1502 lipídeos nas dietas de juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivados em berçários
 1503 superintensivos de bioflocos. Pontos representam valores médios $\pm$ erro padrão. Valor
 1504 máximo de lipídeos nas dietas $L_{max} = 6,78 \%$ para otimização produtividade.

1505 Análises bioquímicas

1506 A influência dos níveis lipídicos nas dietas de pós-larvas de *L. vannamei*
 1507 cultivadas em sistemas superintensivos de bioflocos estão expressas na Figura (3A e 3B).
 1508 Não houve diferenças significativas entre os diferentes tratamentos para a capacidade
 1509 antioxidante total dos animais (ACAP) e TBARS ($p > 0.05$).



1510 **Figura 3** – Efeito dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de *Litopenaeus vannamei* sobre a
 1511 capacidade antioxidante total – ACAP (A) e peroxidação lipídica – TBARS (B) dos animais
 1512 cultivados em berçário superintensivos de bioflocos.

1513 **Custos com alimentação**

1514 Os resultados dos índices econômicos estão apresentados na Tabela 5. Cada
 1515 aumento percentual do nível lipídico das dietas consiste em um incremento de
 1516 aproximadamente 1,5 % no preço total da dieta. Os custos com alimentação crescem com
 1517 o aumento nos níveis lipídicos, onde os maiores custos foram observados no tratamento
 1518 110 e 130 EE ($p < 0,05$). Além disso, o eFCR foi prejudicado pelo incremento dos níveis
 1519 lipídicos das dietas, evidenciados nos tratamentos 110 e 130 EE ($p < 0,05$). Os resultados
 1520 de eFCR possuem uma relação inversamente proporcional aos resultados de
 1521 produtividade.

1522 **Tabela 5-** Variáveis econômicas (média $\pm$ desvio padrão) durante o berçário
 1523 superintensivos em bioflocos de *L. vannamei* alimentados com diferentes níveis lipídicos.

Variáveis	Tratamentos					Anova p-value
	50 EE	70 EE	90 EE	110 EE	130 EE	
Preço da ração (U\$)	1,92	1,97	2,02	2,07	2,12	-
Aumento preço da ração (%)	-	1,54	3,59	5,13	6,17	-
Custos de Alimentação (U\$)	1,39 $\pm$ 0,08 ^a	1,64 $\pm$ 0,05 ^b	1,69 $\pm$ 0,08 ^b	2,09 $\pm$ 0,15 ^c	2,42 $\pm$ 0,78 ^{bc}	0,004
Relação dos custos de alimentação (%)	-	17,38 $\pm$ 3,76 ^a	21,24 $\pm$ 5,41 ^{ab}	50,26 $\pm$ 11,07 ^c	73,79 $\pm$ 55,81 ^{bc}	0,022
eFCR (U\$/kg)	3,10 $\pm$ 0,23 ^a	3,05 $\pm$ 0,96 ^a	3,72 $\pm$ 0,38 ^{ab}	4,66 $\pm$ 1,23 ^c	4,74 $\pm$ 2,60 ^{bc}	0,021

1524 eFCR – Fator de conversão alimentar econômico; TFCR – Relação entre os fatores de
 1525 conversão alimentar

1526 **DISCUSSÃO**

1527 O presente estudo pode ser considerado como sistema hiperintensivo, pela alta
 1528 densidade de estocagem utilizada (5.000 Pl/m³) (da Silveira et al., 2022). Estudos com
 1529 densidades similares ou superiores ao presente estudo (4.500 a 15.000 Pl/m³) observaram
 1530 redução no crescimento e sobrevivência dos animais quando comparados a densidades
 1531 inferiores (da Silveira et al., 2022; Esparza-Leal et al., 2015). Silveira et al. (2022)
 1532 concluíram que densidades superiores a 4.500 Pl/m³ marcam uma diminuição na
 1533 eficiência produtiva para a fase de berçário. Liu et al. (2017) afirmam que reduções no
 1534 crescimento dos animais podem ser causados por estresses crônicos. Diante de fatores
 1535 ambientais estressantes, mudanças na necessidade lipídica e/ou energética dos
 1536 organismos podem ser observadas (Cuzon et al., 2004; Zhang et al., 2013). Como
 1537 largamente demonstrada para baixas salinidades (Chen et al., 2014; Zhu et al., 2010),
 1538 entretanto esse tema foi pouco abordado para cultivos superintensivos.

1539 Além da competição por espaço e alimento, os cultivos hiperintensivos quando
1540 não manejados adequadamente podem causar diminuição na qualidade de água, como por
1541 exemplo baixa nos níveis de OD e aumento das concentrações de NAT (Liu et al., 2017).
1542 Durante o presente estudo, as variáveis de qualidade de água estiveram dentro do
1543 recomendado para o cultivo de *L. vannamei* em sistemas de BFT (Emerenciano et al.,
1544 2017). O uso adequado do inóculo de bioflocos fornece uma comunidade microbiana
1545 responsável por acelerar os processos de controle e manutenção da qualidade de água
1546 (Krummenauer et al., 2012). Entretanto, picos de NAT e N-NO_2^- , foram registrados na
1547 primeira semana do presente experimento, para todos os tratamentos, devido
1548 possivelmente ao reestabelecimento dos processos de nitrificação associados com alta
1549 produção de compostos nitrogenados relacionadas as densidades de estocagem elevadas
1550 (Emerenciano et al., 2022; Figueroa-Espinoza et al., 2022; Krummenauer et al., 2014).
1551 Porém, ressalta-se que as maiores concentrações destes compostos nitrogenados
1552 registradas no presente experimento estiveram abaixo dos níveis de segurança
1553 encontrados por Frías-Espicueta et al. (2000) e Lin and Chen (2003) para a espécie.

1554 Em sistemas de cultivo com mínimas trocas de água, a exemplo do BFT, o
1555 acúmulo de SST (biomassa microbiana, restos de alimentação, dejetos dos animais,
1556 ecdises, etc.) e compostos inorgânicos, tais como nitrato e fosfato principalmente, ocorre
1557 de maneira gradual, entretanto em sistemas mais intensivos este processo é acelerado
1558 (Gaona et al., 2016). Por outro lado, o acúmulo descontrolado destes compostos, podem
1559 afetar negativamente o crescimento dos animais e contribuir para eutrofização do sistema
1560 (Da Silva et al., 2013; Gaona et al., 2016; Neto et al., 2019), fazendo-se necessárias
1561 medidas de manejo para controle dos mesmos. No presente experimento, o controle dos

níveis de SST foi realizado através de renovações parciais de água, entretanto não há diferenças significativas entre os tratamentos para o consumo total de água.

Além de realizar o processo de manutenção da qualidade de água, os bioflocos são fontes “*in loco*” de alimento suplementar de relativo valor nutricional, 164,8 a 536,5 g/kg de proteína e 3,5 a 53,0 g/kg de lipídeos (Binalshikh-Abubkr et al., 2021; Ekasari et al., 2019; Rajkumar et al., 2016), que podem contribuir com até 50 % da alimentação de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* (Krummenauer et al., 2020; Suita et al., 2016; Tierney and Ray, 2018). Entretanto, a qualidade do nutricional do bioflocos, assim como a dos biofilmes são afetadas por diversos fatores bióticos e abióticos, tais como a quantidade e qualidade nutricional do alimento utilizado (Hamidoghli et al., 2019; Huang et al., 2022; Khanjani and Sharifinia, 2022; Khoa et al., 2020; Eden Magaña-Gallegos et al., 2018; Reis et al., 2019; Samocha et al., 2017). No presente estudo, a composição dos bioflocos e biofilmes foram alteradas de acordo com os níveis lipídicos nas dietas de *L. vannamei*. Onde os maiores níveis proteicos e lipídicos foram encontrados no tratamento 130 EE, esses fatores somados as menores taxas de eficiência proteica (EP) e FCA mais elevado são indicativos de um menor aproveitamento da alimentação neste tratamento, talvez pelas menores relações de proteína: energia encontrada nesta dieta. A diminuição excessiva da relação proteína: energia pode ser responsável pela diminuição do consumo alimentar dos animais (Bureau et al., 2002). Entretanto, diferenças na composição centesimal dos bioflocos não foram observadas no experimento de Toledo et al. (2014), ao testarem diferentes níveis lipídicos nas dietas de *L. vannamei*, possivelmente pelo aproveitamento igualitário das dietas experimentais durante este estudo, ressaltado pela não diferença significativa no FCA. Além disso, no presente experimento, teores maiores de cinzas foram encontradas nos biofilmes quando comparados com bioflocos, devido

1586 possivelmente por os mesmos estarem aderidos às paredes das unidades experimentais na
1587 interface ar: água, estando assim expostos a evaporação e por consequência ao acúmulo
1588 de sais.

1589 Para cultivos em sistemas de bioflocos, Toledo et al. (2016) observaram redução
1590 da sobrevivência de juvenis (2,87 g) de *L. vannamei* alimentados com dietas de 105 g/kg
1591 de lipídeos em densidade semi-intensiva (250 cam/m²). No presente estudo, reduções na
1592 sobrevivência foram observados nos tratamentos alimentados com dietas superiores a 90
1593 EE. Entretanto, Hamidoghli et al. (2019) não observaram diferenças significativas na
1594 sobrevivência dos camarões (0,95 g) alimentados com dietas com até 150 g/kg de
1595 lipídeos. Estas variações podem estar relacionadas ao balanço proteína e energia das
1596 dietas ou outras condições do cultivo, tais como densidade de estocagem e fase de vida
1597 dos animais. Além disso, Zhang et al. (2013) observaram aumento na sobrevivência de
1598 animais (~ 3,0 g) alimentados com dietas entre 100 e 120 g/kg de lipídeos em sistema de
1599 recirculação de água em baixa salinidade.

1600 Apesar dos resultados do presente estudo demonstrarem um possível desbalanço
1601 proteína: energia nas dietas com níveis lipídicos superiores a 90 EE, não houve diferença
1602 significativa no peso final dos animais, possivelmente devido ao crescimento
1603 compensatório observado com a redução das densidades de estocagem nos tratamentos
1604 com maiores mortalidades (110 e 130 EE), corroborando ao observado em estudos
1605 anteriores, onde menores densidades permitem maior crescimento dos animais (da
1606 Silveira et al., 2022; Wasielesky et al., 2013). Além disso, o FCR do presente experimento
1607 foi inversamente proporcional às sobrevivências encontradas durante o berçário, assim
1608 como a EP. No presente estudo, as produtividades alcançadas são indicativos que os
1609 níveis lipídicos não devam ser superiores a 90 EE, com valor máximo encontrado por

1610 regressão de 67,8 g/kg de lipídeos, estando próximo ao determinado por Hamidoghli et
1611 al. (2019) que indicam que as dietas de juvenis devam ter teores lipídicos entre 56 e 60
1612 g/kg.

1613 Além de fontes de energia e nutrientes, os lipídios têm mostrado propriedades
1614 quimioprotetoras contra espécies reativas de oxigênio (ERO), especialmente os ácidos
1615 graxos poli-insaturados da fração n-3 (e.g. DHA, EPA), pois dentro de sua estrutura
1616 molecular contam com enlaces duplos que os converte em alvo dos radicais livres (López-
1617 Saiz et al., 2013). Além disso, contam com propriedades anti-inflamatórias e participam
1618 do sistema imune inato dos camarões (Chaiyapechara et al., 2003; Ebadi et al., 2021;
1619 López-Saiz et al., 2013). No presente estudo, foram utilizados diferentes teores de óleo
1620 de peixe, pois é uma das principais fontes de lipídeos nas dietas aquícolas, principalmente
1621 pela sua abundância de ácidos graxos essenciais- PUFAs (Kar, 2014). De maneira geral,
1622 diversos parâmetros do sistema imune são melhorados com o aumento dos níveis lipídicos
1623 nas dietas. Entretanto, alimentar os animais com níveis extremos (> 120 g/kg de lipídeos),
1624 prejudicam a atividade enzimática da superóxido dismutase –SOD, além de reduzir a
1625 resposta antioxidante dos animais, implicando em perda de proteção contra ERO
1626 (Halliwell and Gutteridge, 2015; Zhang et al., 2013). Entretanto, no presente estudo, as
1627 alterações dos níveis lipídicos nas dietas não influenciaram na ACAP e TBARS dos
1628 animais, nossos estudos corroboram com o encontrado por Hamidoghli et al., (2019) os
1629 quais também não observaram alterações no TBARS na hemolinfa dos camarões
1630 alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas. Estes resultados são indicativos
1631 que na presença de bioflocos os animais sofrem uma modulação positiva na sua
1632 capacidade antioxidante (Ekasari et al., 2014). Além disso, os resultados de ACAP e
1633 TBARS são inferiores ao encontrado por Colombo et al. (2023) para a mesma fase de

1634 cultivo, principalmente devido às densidades de estocagem serem superiores no presente
1635 experimento, uma vez que pode ocorrer depleção no sistema imune e antioxidante dos
1636 camarões com o aumento da densidade de estocagem (Lin et al., 2015; Liu et al., 2017).

1637 Ademais, estudos para otimização dos níveis lipídicos das dietas podem
1638 representar redução nos custos produtivos. Uma vez que os gastos com alimentação são
1639 descritos como o principal ou um dos principais custos durante a produção de organismos
1640 aquáticos, podendo representar até 70 % do custo operacional total -COT (de Almeida et
1641 al., 2021; Rego et al., 2017). Braga et al. (2016) e Xu et al. (2018) observaram que dietas
1642 específicas para sistemas intensivos em bioflocos maximizam o crescimento dos animais
1643 e reduzem os custos com a alimentação. No presente estudo, os custos com alimentação
1644 cresceram com o aumento dos níveis lipídicos nas dietas, uma vez que o custo da ração
1645 aumenta aproximadamente 1,5 % para cada nível lipídico utilizado, entretanto a utilização
1646 apenas do custo com alimentação não é um parâmetro adequado para determinar a melhor
1647 estratégia alimentar dos cultivos, uma vez que não relaciona os custos com a biomassa
1648 produzida. O eFCR (fator de conversão alimentar econômico) por sua vez leva em
1649 consideração estes fatores, para o presente estudo, utilizar dietas com até 70 g/ kg de
1650 lipídeos apresentam uma maior eficiência produtiva, corroborando ao observado por
1651 Braga et al. (2016), que ao comparar duas dietas comerciais para sistemas semi-intensivo
1652 (98 g/kg de lipídeos) e hiperintensivos (73 g/kg) observaram redução nos custos
1653 produtivos dos animais cultivados com menores níveis lipídicos. No presente estudo, foi
1654 observado incremento no valor do eFCR a partir de 90 g/kg de lipídeos, demonstrando
1655 que elevar os níveis lipídicos nas dietas de pós-larvas de *L. vannamei* não só prejudica os
1656 resultados de desempenho zootécnico como o custo benefício financeiro.

CONCLUSÕES

A utilização de diferentes níveis lipídicos na dieta berçário de *L. vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos, não afetaram as variáveis de qualidade de água, peso final, ACAP e TBARs dos animais. Entretanto, as maiores taxas de sobrevivência e produtividades foram encontradas nos tratamentos alimentados com até 90 g/kg de lipídeos. Os resultados de regressão indicam que os níveis ideais de lipídeos para pós-larvas de *L. vannamei* sejam de até 67,8 g/kg resultando em maior produtividade e relação custo benefício alimentar.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Empresa Guabi Nutrição e Saúde Animal S.A., na figura de João Manoel Cordeiro Alves, pelo fornecimento da farinha de peixe utilizada no processo de fabricação das dietas experimentais.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M.S., Carrijo-Mauad, J.R., Gimenes, R.M.T., Gaona, C.A.P., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., Fôes, G.K., 2021. Bioeconomic analysis of the production of marine shrimp in greenhouses using the biofloc technology system. *Aquaculture International*, 29: 723–741. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00653-1>
- Amado, L.L.; Garcia, M.L.; Ramos, P.B.; Freitas, R.F.; Zafalon, B.; Ferreira, J.L.R.; Yunes, J.S.; Monserrat, J.M. 2009. A method to measure total antioxidant capacity against peroxy radicals in aquatic organisms: Application to evaluate microcystins toxicity. *Science of Total Environment*, 407: 2115–2123. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.038>
- Aminot, A.; Chaussepied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'exploitation des océans, França.
- American Public Health Association (APHA), 2005. Standard Methods for the

- 1683 Examination of Water and Wastewater, 21th ed. Association of Official Analytical
1684 chemists, Gaithersburg.
- 1685 Binalshikh-Abubkr, T.; Hanafiah, M.M.; Das, S.K. 2021. Proximate chemical
1686 composition of dried shrimp and tilapia waste bioflocs produced by two drying
1687 methods. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9: 1–16.
1688 <https://doi.org/10.3390/jmse9020193>
- 1689 Braga, A., Magalhães, V., Hanson, T., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. The effects of
1690 feeding commercial feed formulated for semi-intensive systems on *Litopenaeus*
1691 *vannamei* production and its profitability in a hyper-intensive biofloc-dominated
1692 system. *Aquaculture Reports*, 3: 172–177.
1693 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.03.002>
- 1694 Bureau, D.P.; Kaushik, S.J.; Cho, C.Y. 2002. Bioenergetics, in: Halver, J.E., Hardy,
1695 R.W. (Eds.), Fish Nutrition. Academic Press, pp. 2–61.
- 1696 Chaiyapechara, S.; Casten, M.T. ; Hardy, R.W. ; Dong, F.M. 2003. Fish performance,
1697 fillet characteristics, and health assessment index of rainbow trout (*Oncorhynchus*
1698 *mykiss*) fed diets containing adequate and high concentrations of lipid and vitamin
1699 E. *Aquaculture*, 219: 715–738. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00025-5)
1700 [8486\(03\)00025-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00025-5)
- 1701 Chen, K. ; Li, E. ; Gan, L. ; Wang, X. ; Xu, C. ; Lin, H. ; Qin, J.G. ; Chen, L. 2014. Growth
1702 and lipid metabolism of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different
1703 salinities. *Journal of Shellfish Research*, 33: 825–832.
1704 <https://doi.org/10.2983/035.033.0317>
- 1705 Colombo, G.M.; dos Santos Simião, C.; Ramírez, J.R.B.; de Sousa Araujo, A.C.; Gomes,
1706 R.M.M.; Buitrago, S.A.M.; Wasielesky, W.; Monserrat, J.M. 2023. Bioflocs
1707 enriched with lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) improved the survival and weight
1708 gain of *Litopenaeus vannamei* post-larvae cultivated in the BFT system.
1709 *Aquaculture*, 566: 739230.
1710 <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739230>
- 1711 Cuzon, G.; Lawrence, A.; Gaxiola, G.; Rosas, C.; Guillaume, J. 2004. Nutrition of
1712 *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235: 513–551.

- 1713 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.022>
- 1714 Ebadi, H.; Zakeri, M.; Mousavi, S.M.; Yavari, V.; Sour, M. 2021. The interaction effects
1715 of dietary lipid, vitamin E and vitamin C on growth performance, feed utilization,
1716 muscle proximate composition and antioxidant enzyme activity of white leg shrimp
1717 (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research*, 52: 2048–2060.
1718 <https://doi.org/10.1111/are.15056>
- 1719 Ekasari, J.; Hanif Azhar, M.; Surawidjaja, E.H.; Nuryati, S.; De Schryver, P.; Bossier, P.
1720 2014. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on
1721 different carbon sources. *Fish Shellfish Immunology*, 41: 332–339.
1722 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.09.004>
- 1723 Ekasari, J.; Suprayudi, M.A.; Elas, P.; Senja, R.K. 2019. The digestibility of biofloc meal
1724 from African catfish culture medium as a feed raw material for Pacific white shrimp.
1725 *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 18: 1–8. <https://doi.org/10.19027/jai.18.1.1-8>
- 1726 Emerenciano, M.G.C.; Martínez-Córdova, L.R.; Martínez-Porchas, M.; Miranda Baeza,
1727 A. 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in
1728 Aquaculture.
- 1729 Emerenciano, M.G.C.; Rombenso, A.N.; Vieira, F.D.; Martins, M.A.; Coman, G.;
1730 Truong, H.H.; Noble, T.H.; Simon, C. 2022. Intensification of penaeid shrimp
1731 culture: An applied review of advances in production systems, nutrition and
1732 breeding. *Animals*, 12: 39. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>
- 1733 Esparza-Leal, H.M.; Cardozo, A.P.; Wasielesky, W. 2015. Performance of *Litopenaeus*
1734 *vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks at high stocking density in clear-
1735 water versus biofloc system. *Aquacultural Engineering*, 68: 28–34.
1736 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.07.004>
- 1737 FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue
1738 transformation. FAO, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- 1739 Figueroa-Espinoza, J.; Rivas-Vega, M.E.; Mariscal-López, M. Á.; Emerenciano, M.G.C.,
1740 Martínez-Porchas, M.; Miranda-Baeza, A. 2022. Reusing water in a biofloc culture
1741 system favors the productive performance of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

- 1742 without affecting the health status. *Aquaculture*, 558.
 1743 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738363>
- 1744 Frías-Espericueta, M.G.; Harfush-Melendez, M.; Páez-Osuna, F. 2000. Effects of
 1745 ammonia on mortality and feeding of postlarvae shrimp *Litopenaeus vannamei*.
 1746 *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 65: 98–103.
 1747 <https://doi.org/10.1007/s001280000100>
- 1748 Furtado, S.; Poersch, L.H.; Wasielesky, W. 2015. The effect of different alkalinity levels
 1749 on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture*
 1750 *International*, 23: 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>
- 1751 Gallagher, E.P.; Canada, A.T.; Di Giulio, R.T. 1992. The protective role of glutathione
 1752 in chlorothalonil-induced toxicity to channel catfish. *Aquatic Toxicology*, 23: 155–
 1753 168. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(92\)90049-S](https://doi.org/10.1016/0166-445X(92)90049-S)
- 1754 Gaona, C.A.P.; Serra, F.; Furtado, P.S.; Poersch, L.H.; Wasielesky, W. 2016. Effect of
 1755 different total suspended solids concentrations on the growth performance of
 1756 *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquacultural Engineering*, 72–73: 65–69.
 1757 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.03.004>
- 1758 Gaona, C.A.P.; Almeida, M.S.; Viau, V.; Henrique, L.P.; Wasielesky, W. 2015. Effect of
 1759 different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone , 1931)
 1760 BFT culture system during biofloc formation. *Aquaculture Research*, 48: 1–10.
 1761 <https://doi.org/10.1111/are.12949>
- 1762 Glencross, B.D.; Smith, D.M.; Thomas, M.R.; Williams, K.C. 2002. The effects of dietary
 1763 lipid amount and fatty-acid composition on the digestibility of lipids by the prawn,
 1764 *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 205: 157–169. [https://doi.org/10.1016/S0044-](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00686-X)
 1765 [8486\(01\)00686-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00686-X)
- 1766 Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. 2015. Free Radicals in Biology and Medicine.
 1767 <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>
- 1768 Hamidoghli, A.; Won, S.; Aya, F.A.; Yun, H.; Bae, J.; Jang, I.K.; Bai, S.C. 2019. Dietary
 1769 lipid requirement of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles cultured in
 1770 biofloc system. *Aquacaculture Nutrition*, 26: 603–612.

- 1771 <https://doi.org/10.1111/anu.13021>
- 1772 Huang, H.H.; Liao, H.M.; Lei, Y.J.; Yang, P.H. 2022. Effects of different carbon sources
1773 on growth performance of *Litopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc
1774 system in low salinity. *Aquaculture*, 546: 737239.
1775 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737239>
- 1776 Jatobá, A.; Corrêa, B.; Souza, J.; Vieira, N.; Luiz, J.; Mouriño, P.; Quadros, W.; Massucci,
1777 T. 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc
1778 systems. *Aquaculture*, 432: 365–371.
1779 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.005>
- 1780 Jerrold H Zar, 2010. Biostatistical Analysis- 5th Edition 949.
- 1781 Jory, D.E.; Cabrera, T.R.; Dugger, D.M.; Fegan, D.; Lee, P.G.; Lawrence, L.; Jackson,
1782 C.J.; McIntosh, R.P.; Castañeda, J.; Park, H.A.; Hwy, N.O.D.; Pierce, F. 2001. A
1783 global review of shrimp feed management: Status and perspectives. *Aquaculture*,
1784 104–152.
- 1785 Kar, S. 2014. Omacor and Omega-3 fatty acids for treatment of coronary artery disease
1786 and the pleiotropic effects 66, 56–66.
- 1787 Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.M.; Alizadeh, M.; Sourinejad, I. 2016. Study on nursery
1788 growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931)
1789 under different feeding levels in zero water exchange system. *Iranian Journal of*
1790 *Fisheries Sciences*, 15: 1465–1484.
- 1791 Khanjani, M.H.; Sharifinia, M. 2022. Biofloc technology with addition molasses as
1792 carbon sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the
1793 effects of different C/N ratios. *Aquaculture International*, 30: 383–397.
1794 <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5>
- 1795 Khoa, T.N.D.; Tao, C.T.; Van Khanh, L.; Hai, T.N. 2020. Super-intensive culture of white
1796 leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in outdoor biofloc systems with different
1797 sunlight exposure levels: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 524:
1798 735277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735277>
- 1799 Krummenauer, D.; Abreu, P.C.; Poersch, L.; Alice, P.; Paiva, C. 2020. The relationship

1800 between shrimp (*Litopenaeus vannamei*) size and biofloc consumption determined
 1801 by the stable isotope technique. *Aquaculture*, 529: 735635.
 1802 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735635>

1803 Krummenauer, D.; Samocha, T.; Poersch, L.; Lara, G.; Wasielesky, W. 2014. The reuse
 1804 of water on the culture of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT
 1805 system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45: 3–14.
 1806 <https://doi.org/10.1111/jwas.12093>

1807 Krummenauer, D.; Seifert Júnior, C.A.; Poersch, L.H.; FOES, G.K.; LARA, G.R.;
 1808 Wasielesky, W. 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos:
 1809 análise da reutilização da água. *Atlântica*, 34: 103–111.
 1810 <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.2.103>

1811 Li, E.; Wang, X.; Chen, K.; Xu, C.; Qin, J.G.; Chen, L. 2015. Physiological change and
 1812 nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low
 1813 salinity. *Reviews in Aquacaculture*, 7: 1–19. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>

1814 Lin, Y.C.; Chen, J.C. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
 1815 juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193–201.
 1816 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)

1817 Lin, Y.C.; Chen, J.C.; Chen, Y.Y.; Yeh, S.T.; Chen, L.L.; Huang, C.L.; Hsieh, J.F.; Li,
 1818 C.C. 2015. Crowding of white shrimp *Litopenaeus vananmei* depresses their
 1819 immunity to and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome
 1820 virus. *Fish & Shellfish Immunology*, 45: 104–111.
 1821 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.02.012>

1822 Liu, G.; Zhu, S.; Liu, D.; Guo, X.; Ye, Z. 2017. Effects of stocking density of the white
 1823 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and
 1824 resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. *Fish & Shellfish Immunology*,
 1825 67: 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.038>

1826 López-Saiz, C.M.; Suárez-Jiménez, G.M.; Plascencia-Jatomea, M.; Burgos-Hernández,
 1827 A. 2013. Shrimp lipids: A source of cancer chemopreventive compounds. *Marine*
 1828 *Drugs*, 11: 3926–3950. <https://doi.org/10.3390/md11103926>

- 1829 Magaña-Gallegos, E.; González-Zúñiga, R.; Arevalo, M.; Cuzon, G.; Chan-Vivas, E.;
1830 López-Aguiar, K.; Noreña-Barroso, E.; Pacheco, E.; Valenzuela, M.; Maldonado,
1831 C.; Gaxiola, G. 2018. Biofloc and food contribution to grow-out and broodstock of
1832 *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) determined by stable isotopes and
1833 fatty acids. *Aquacaculture Research*, 49: 1782–1794.
1834 <https://doi.org/10.1111/are.13632>
- 1835 Magaña-Gallegos, E.; González-Zúñiga, R.; Cuzon, G.; Arevalo, M.; Pacheco, E.,
1836 Valenzuela, M.A.J.; Gaxiola, G.; Chan-Vivas, E.; López-Aguiar, K.; Noreña-
1837 Barroso, E. 2018. Nutritional contribution of biofloc within the diet of growout and
1838 broodstock of *Litopenaeus vannamei*, determined by stable isotopes and fatty acids.
1839 *Journal of the World Aquaculture Society*, 49: 919–932.
1840 <https://doi.org/10.1111/jwas.12513>
- 1841 Mansour, A.T.; Ashry, O.A.; Ashour, M.; Alsaqufi, A.S.; Ramadan, K.M.A.; Sharawy,
1842 Z.Z. 2022. The Optimization of dietary protein level and carbon sources on biofloc
1843 nutritive values, bacterial abundance, and growth performances of whiteleg shrimp
1844 (*Litopenaeus vannamei*) juveniles. *Life*, 12: 888.
- 1845 Neto, I.A.; Brandão, H.; Furtado, P.S.; Wasielesky, W. 2019. Acute toxicity of nitrate in
1846 *Litopenaeus vannamei* juveniles at low salinity levels. *Ciência Rural*, 49: 1–9.
1847 <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20180439>
- 1848 Oakes, K.D., Van Der Kraak, G.J., 2003. Utility of the TBARS assay in detecting
1849 oxidative stress in white sucker (*Catostomus commersoni*) populations exposed to
1850 pulp mill effluent. *Aquatic Toxicology*, 63, 447–463. [https://doi.org/10.1016/S0166-](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00204-7)
1851 [445X\(02\)00204-7](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00204-7)
- 1852 Peixoto, S.; Silva, E.; Costa, C.B.; Nery, R.C.; Rodrigues, F.; Silva, J.F.; Bezerra, R.;
1853 Soares, R. 2017. Effect of feeding frequency on growth and enzymatic activity of
1854 *Litopenaeus vannamei* during nursery phase in biofloc system. *Aquacaculture*
1855 *Nutrition*, 24: 579–585. <https://doi.org/10.1111/anu.12591>
- 1856 Rajkumar, M.; Pandey, P.K.; Aravind, R.; Vennila, A.; Bharti, V.; Purushothaman, C.S.
1857 2016. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and
1858 growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquacaculture*

- 1859 *Research*, 47: 3432–3444. <https://doi.org/10.1111/are.12792>
- 1860 Rego, M.A.S.; Sabbag, O.J.; Soares, R.; Peixoto, S. 2017. Financial viability of inserting
1861 the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study
1862 in the state of Pernambuco, Brazil. *Aquacaculture International*, 25: 473–483.
1863 <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0044-7>
- 1864 Reis, W.G.; Wasielesky, W.; Abreu, P.C.; Brandão, H.; Krummenauer, D. 2019. Rearing
1865 of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in BFT system
1866 with different photoperiods: Effects on the microbial community, water quality and
1867 zootechnical performance. *Aquaculture*, 508: 19–29.
1868 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.067>
- 1869 Samocha, T.M.; Prangnell, D.I.; Hanson, T.R.; Treece, G.D.; Morris, T.C.; Castro, L.F.;
1870 Staresinic, N. 2017. Design and operation of super-intensive biofloc-dominated
1871 systems for indoor production of the pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*,
1872 first. ed. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana USA.
- 1873 Silva, E.; Silva, J.; Ferreira, F.; Soares, M.; Soares, R.; Peixoto, S. 2015. Influência da
1874 densidade de estocagem no desempenho zootécnico de *Litopenaeus vannamei*
1875 durante a fase de berçário em sistema de bioflocos. *Boletim do Instituto de Pesca*,
1876 41: 777–783.
- 1877 Silva, K.R.; Wasielesky, W.; Abreu, P.C. 2013. Nitrogen and phosphorus dynamics in
1878 the biofloc production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal*
1879 *of the World Aquaculture Society*, 44: 30–41. <https://doi.org/10.1111/jwas.12009>
- 1880 Silveira, L.G.P.; Rosas, V.T.; Krummenauer, D.; Fróes, C.; da Silva, A.; Poersch, L.H.;
1881 Fóes, G.; Wasielesky, W. 2022. Establishing the most productive stocking densities
1882 for each stage of a multi-phase shrimp culture in BFT system. *Aquacaculture*
1883 *International*, 30: 1889–1903. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00879-7>
- 1884 Strickland, J.D.H.; Parsons, T.R. 1972. A practical Handbook of seawater analysis,
1885 Second. ed. Fisheries Research Board Of Canada, Ottawa, Ontario, Canada.
- 1886 Suita, S.M.; Braga, A.; Ballester, E.; Cardozo, A.P.; Abreu, P.C.; Wasielesky, W. 2016.
1887 Contribution of bioflocs to the culture of *Litopenaeus vannamei* post-larvae

- 1888 determined using stable isotopes. *Aquacaculture International*, 24: 1473–1487.
 1889 <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0006-0>
- 1890 Tierney, T.W.; Ray, A.J. 2018. Aquacultural engineering comparing biofloc, clear-water,
 1891 and hybrid nursery systems (Part I): Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production,
 1892 water quality, and stable isotope dynamics. *Aquacultural Engineering*, 82: 73–79.
 1893 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.06.002>
- 1894 Toledo, T.M.; Silva, B.C.; Nascimento Vieira, F.N.; Mouriño, J.L.P.; Seiffert, W.Q. 2014.
 1895 Effects of different dietary lipid levels and fatty acids profile in the culture of white
 1896 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in biofloc technology: Water quality, biofloc
 1897 composition, growth and health. *Aquaculture Research*, 47: 1841–1851.
 1898 <https://doi.org/10.1111/are.12642>
- 1899 UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
 1900 Intergovernmental Oceanographic Commission.
- 1901 Wasielesky, W.; Froes, C.; Fôes, G.; Krummenauer, D.; Lara, G.; Poersch, L. 2013.
 1902 Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: The effect of stocking
 1903 densities and compensatory growth. *Journal of Shellfish Research*, 32: 799–806.
 1904 <https://doi.org/10.2983/035.032.0323>
- 1905 Xu, W.J.; Morris, T.C.; Samocha, T.M. 2018. Effects of two commercial feeds for semi-
 1906 intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and
 1907 performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based,
 1908 zero-exchange outdoor tanks. *Aquaculture*, 490: 194–202.
 1909 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.028>
- 1910 Xu, W.J.; Pan, L.Q. 2014. Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-
 1911 exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen
 1912 control, biofloc composition and shrimp performance. *Aquaculture Research*, 45:
 1913 1842–1851. <https://doi.org/10.1111/are.12126>
- 1914 Yun, H.; Shahkar, E.; Katya, K.; Jang, I.K.; Kim, S. K.; Bai, S.C. 2016. Effects of bioflocs
 1915 on dietary protein requirement in juvenile whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*.
 1916 *Aquacaculture Research*, 47: 3203–3214. <https://doi.org/10.1111/are.12772>

- 1917 Zhang, S.P.; Li, J.F.; Wu, X.C.; Zhong, W.J.; Xian, J.A.; Liao, S.; Miao, Y.T.; Wang, A.
1918 2013. Effects of different dietary lipid level on the growth, survival and immune-
1919 relating genes expression in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish*
1920 *Shellfish Immunol*, 34: 1131–1138. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.01.016>
- 1921 Zhu, X.Z.; Liu, Y.J.; Tian, L.X.; Mai, K.S.; Zheng, S.X.; Pan, Q.J.; Cai, M.C.; Zheng,
1922 C.Q.; Zhang, Q.H.; Hu, Y. 2010. Effects of dietary protein and lipid levels on growth
1923 and energy productive value of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at
1924 different salinities. *Aquacaculture Nutritional*, 16: 392–399.
1925 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00677.x>

1926 **CAPÍTULO III – Diferentes níveis proteicos no cultivo superintensivo de juvenis do**
1927 **camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) em sistemas de bioflocos.**

1928 Ítalo Felipe Mascena Braga^{a*}, Alan Carvalho de Sousa Araujo^c, Victor Torres Rosa^b, José
1929 Maria Monserrat^c, Marcelo Borges Tesser^d, Wilson Wasielesky^a, Geraldo Kipper Fóes^a.

1930 ^a Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de
1931 Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

1932 ^b Environmental Science Center, Qatar University, P.O. Box: 2713, Doha – Qatar.

1933 ^c Laboratório de Bioquímica Funcional de Organismos Aquáticos, Instituto de
1934 Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino-
1935 96201-900, Brasil

1936 ^d Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Instituto de Oceanografia,
1937 Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

1938 * Autor correspondente: Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia,
1939 Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil.
1940 italo.braga1996@gmail.com

1941 Destaques:

- 1942 • É possível utilizar dietas com até 36% PB durante a engorda de *L vannamei* em
- 1943 sistemas superintensivo
- 1944 • Alimentar os animais com 46,55% PB maximiza o desempenho do zootécnico dos
- 1945 camarões
- 1946 • Dietas de 32 % PB prejudicam o aproveitamento das dietas.

1947

1948

1949

1950

1951

1952

1953 O capítulo foi formatado e submetido ao **Boletim de Instituto de Pesca**

1954 **RESUMO**

1955 A determinação do nível de proteína bruta nas dietas de organismos aquáticos
1956 permite maximizar o crescimento, diminuir os custos com alimentação e melhorar a
1957 qualidade de água. Foi realizado um cultivo berçário de *Litopenaeus vannamei* em
1958 sistemas superintensivos em sistema de bioflocos utilizando cinco dietas com diferentes
1959 níveis proteicos (320 g/kg de PB, 360 g/kg de PB, 400 g/kg de PB, 440 g/kg de PB e 480
1960 g/kg de PB), cada dieta foi utilizada em quadruplicatas. O período experimental teve
1961 duração de 35 dias, e os camarões ($0,59 \pm 0,001$ g) foram estocados em densidade de 600
1962 PL/m³, utilizando 20 unidades experimentais (50 L de volume útil). Não houve diferenças
1963 significativas da sobrevivência dos animais entre os tratamentos ($p > 0,05$). Os animais
1964 alimentados com 480 g/kg apresentaram maior peso final, TCE quando comparados aos
1965 tratamentos aos alimentados com 320 g/kg ($p < 0,05$). Além disso, alimentar os animais
1966 com dietas 320 g/kg, prejudica o aproveitamento das dietas e retenção de nutrientes,
1967 aumentando assim o custo com alimentação. De maneira geral, os resultados demonstram
1968 que é possível reduzir os teores proteicos das dietas de *L. vannamei* para até 36% sem
1969 afetar o desempenho zootécnico, sobrevivência e capacidade antioxidante dos animais.

1970 **Palavras chave:** sobrevivência, custo com alimentação, crescimento

INTRODUÇÃO

Cultivos de *Litopenaeus vannamei* praticados em sistemas intensivos com bioflocos tem recebido atenção nas últimas décadas, principalmente em termos de redução do uso de água, aumento das densidades de estocagem, ganho de produtividade, melhoria do sistema imune e antioxidante dos animais, além de sua participação como alimentação suplementar aos organismos cultivados (Silveira et al., 2022; Emerenciano et al., 2017; Krummenauer et al., 2020; Panigrahi et al., 2018). Entretanto, o incremento demasiado das densidades de estocagem pode causar um efeito estressante aos animais, chamado de “*crowding effect*”, reduzindo o crescimento e o aproveitamento das dietas; prejudicando o sistema imune e antioxidante dos camarões e, em casos extremos, pode afetar a sobrevivência dos organismos (da Silveira et al., 2022; Lin et al., 2015; Liu et al., 2017).

A nutrição tem um importante papel frente a fatores estressores por ser uma das principais ferramentas que incrementam o bem-estar dos organismos aquáticos mediante o balanço de nutrientes (Oliva-Teles, 2012). Nesse sentido, Sokolova et al. (2012) observaram mudanças no balanço energético dos animais durante estresses ambientais para manutenção e/ou recuperação da homeostase. Além disso, mudanças nas necessidades energéticas e de macronutrientes foram reportadas para cultivos em baixas salinidades (Li et al., 2015). Entretanto, estas necessidades para cultivos superintensivos ainda são desconhecidas (Emerenciano et al., 2022).

De maneira geral, o nível proteico nas dietas é o fator que mais influência no cultivo de camarões (Mansour et al., 2022b), por ter papel primordial na construção e reparo de tecidos, manutenção de funções vitais, resposta imune e como fonte de energia para o metabolismo animal (Dumas et al., 2007; Wang et al., 2015). Na literatura

científica, é possível identificar uma ampla variação na demanda proteica do *Litopenaeus vannamei* (300 a 480 g/kg). Isso tem sido relacionado às condições de cultivo, tipo de sistema adotado e fase de vida dos animais (Hu et al., 2008; Rosas et al., 2001; Smith et al., 1985). Em sistemas intensivos, a importância da qualidade das dietas, formulação e manejo alimentar adequado são responsáveis por maximizar os resultados produtivos visto que são a principal fonte de obtenção de nutrientes para os animais (Emerenciano et al., 2022).

Na presença de bioflocos, estudos anteriores relataram a possibilidade de redução dos teores proteicos nas dietas de *L. vannamei* (Jatobá et al., 2014; Mansour et al., 2022b; Xu and Pan, 2014; Yun et al., 2016) por meio do processo denominado “poupador de proteína” (“*Protein sparing effect*”). Para cultivos intensivos (250 camarões/m³), Jatobá et al. (2014) observam que é possível reduzir a quantidade proteica nas dietas de juvenis de camarão (4,7 g) cultivados em sistema de bioflocos para até 303 g/kg. Estes dados corroboram com o observado por Krummenauer et al. (2020), os quais encontraram que os bioflocos podem participar com 63 a 100 % do carbono e 35 a 86% do nitrogênio do perfil alimentar de juvenis (0,80 g) de *L. vannamei*. Entretanto, diversos outros estudos não demonstram essa capacidade, ou demonstram capacidade limitada, seja pela elevada variabilidade nutricional dos bioflocos, principalmente em termos proteicos (164,8 a 536,5 g/kg de proteína) (Binalshikh-Abubkr et al., 2021; Ekasari et al., 2019), ou outras condições intrínsecas aos cultivos, tais como densidade de estocagem, salinidade, qualidade da ração ou duração do ciclo produtivo (Correia et al., 2014; Panigrahi et al., 2019).

Estudos para o aperfeiçoamento dos níveis proteicos nas dietas, além de possibilitar saldos positivos no desempenho zootécnico, na qualidade de água e

capacidade antioxidante dos animais, podem refletir em uma redução dos custos com alimentação, descrito como o principal custo operacional efetivo (de Almeida et al., 2021; Rego et al., 2017). Dietas ricas em proteínas normalmente possuem elevado custo associado a utilização de farinha de peixe que possui alto valor de mercado (Mansour et al., 2022a; Wang et al., 2015). Diante do exposto, o presente estudo visa os níveis proteicos nas dietas de juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos.

MATERIAS E METODOS

Origem dos animais e delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi composto por cinco tratamentos, consistindo na variação no nível da proteína bruta (PB) em dietas (320 g/kg PB, 360 g/kg PB, 400 g/kg PB, 440 g/kg PB e 480 g/kg PB). Cada tratamento possuía quatro réplicas. Os dados de formulação e composição proximal das dietas estão disponíveis na Tabela 1. As dietas experimentais foram elaboradas para serem isoenergéticas.

As pós-larvas (PL 10) foram adquiridas da larvicultura comercial “Pós-larvas do Sul Larvicultura” localizada em Itapoá, Santa Catarina, Brasil e foram mantidas em um berçário na Estação Marinha de Aquicultura – EMA, Instituto Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande – IO/FURG até atingirem o peso médio de $0,59 \pm 0,003$ g, quando foram transferidas e aclimatadas as condições experimentais. Os juvenis de *L. vannamei* foram estocados em 20 caixas de polipropileno (50 L de volume útil) em densidade de 600 juvenis/m³. Cada unidade experimental contava com sistema de aquecimento (Roxin HT1300, 100 W) para controle térmico (27 °C) e aeração foi fornecida através de mangueira porosa (15 cm, Aero-tubeTM, Swan®, Marion, OH) individual conectada a um “blower” (CR8, 7,5 CV, Ibran®). Os tanques foram abastecidos

2043 com 80% (40 L) de água marinha (salinidade 30,38) clorada (20 mg/L de cloro ativo) e
2044 declorada por uso de aeração constante, e posteriormente com 20 % (10 L) de inóculo de
2045 bioflocos previamente maturado, conforme metodologia proposta por Krummenauer et
2046 al. (2012), de maneira a garantir as seguintes condições iniciais: $0,07 \pm 0,04$ mg/L de
2047 NAT, $0,05 \pm 0,01$ mg/ L de N-NO_2^- , $15,27 \pm 2,77$ mg/L de N-NO_3^- , $164,1 \pm 12,6$ mg/L de
2048 CaCO_3 e $137,10 \pm 28,70$ mg/L de SST. Além disso, o fotoperíodo foi controlado e
2049 mantido em 12: 12 luz: escuro.

2050 Os juvenis foram alimentados três vezes ao dia, às 8:00, 13:00 e 18:00, de acordo
2051 com metodologia de Peixoto et al. (2017) com objetivo de proporcionar melhor
2052 aproveitamento das dietas ofertadas. A quantidade de ração ofertada seguiu o proposto
2053 por Jory et al. (2001) e foi ajustada semanalmente após biometrias. Os tamanhos dos
2054 *pellets* (0,50 mm até 1,25 mm) foram ajustados de acordo com o crescimento dos animais.
2055 O período experimental foi ajustado para obtenção do crescimento mínimo de 300%, para
2056 todos os tratamentos, contando com a duração de 35 dias.

2057 **Análises bromatológicas**

2058 As análises de composição centesimal das dietas, camarões e bioflocos foram
2059 realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – LANOA (FURG,
2060 Brasil). Para cada dieta experimental foram coletadas amostras para determinação da
2061 umidade, por secagem em estufa (105 °C), proteína bruta pelo método de Kjeldahl,
2062 lipídeos pela metodologia de bligh-dyer, cinzas por combustão em mufla a 550 °C por
2063 cinco horas, e fibras brutas, todas as metodologias descritas no compêndio da A.O.A.C
2064 (2007), com todos os resultados expressos em base da matéria seca. Amostras de
2065 camarões foram coletadas no início e final do período experimental, além de amostras de
2066 bioflocos (ao final do experimento) utilizando malha (150 μm) para posterior análises,

conforme descrito anteriormente. Os dados de composição dos camarões e bioflocos foram calculados com base na matéria natural e seca, respectivamente.

Tabela 1- Formulações e composição das dietas experimentais para engorda de *L. vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos

Ingredientes	Dietas g/kg				
	320 PB	360 PB	400 PB	440 PB	480 PB
Farinha de peixe ^a	170,0	235,0	300,0	365,0	430,0
Farinha de soja ^b	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0
Óleo de peixe ^c	65,0	60,0	55,0	50,0	45,0
Levedura	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Gelatina	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Amido de milho ^d	262,1	203,1	144,0	85,0	25,0
Celulose ^e	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Carbonato de cálcio	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Pré-mix ^f	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Metionina ^g	2,9	1,9	1,0	-	-
Composição centesimal (g/kg)					
Proteína bruta	316,5	364,3	401,1	423,4	468,4
Extrato etéreo	93,0	82,3	92,7	89,5	93,9
Cinzas	85,5	98,9	113,2	128,9	142,7
ENN ^h	505,0	454,5	393,0	358,2	295,0
Matéria seca (%)	95,2	97,1	97,0	96,3	97,7
Energia bruta (kJ/g) ⁱ	19,8	19,7	19,9	19,7	19,8
PB:EB (g /kJ) ^j	1,60	1,85	2,02	2,15	2,36

^aLeal Santos, Rio Grande, RS, Brazil

^bSulino, RS, Brazil

^cCampestre ®, São Paulo

^dMaizena®, Brazil

^eSynth ®, Brazil

^fMineral and vitamin mix – Tectron, São Paulo, Brasil (Vitamina A 1.000.000 UI/kg, Vit. D3 500.000 UI/kg, Vit. E 20.000 UI/kg, Vit. K3 500 mg/kg, Vit. B1 1.900 mg/kg, Vit. B2 2.000 mg/kg, Vit. B6 2.400 mg/kg, Vit. B12 3.500 mg/kg, Vit., C 25 g/kg, niacin 5.000 mg/kg, pantothenic acid 4.000 mg/kg, folic acid 200 mg/kg, biotin 40 mg/kg, manganese 7.500 mg/kg, zinc 25 g/kg, iron 12.50 g/kg, copper 2.000 mg/kg, iodine 200 mg/kg, selenium 70 mg/kg, and BHT 300 mg/kg)

^gEvonik®

^h Extrato não nitrogenado (ENN) = 1000- (CP + EE + Ash + Crude Fiber)

ⁱ Energia Bruta (EB) = (CP x 23,6) + (EE x 39,5) + (NFE x 17,2)

^j P/E (mg CP/KJ GE) = mg PB/kJ GE

Qualidade de água

Durante o experimento, os dados de temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram aferidos diariamente duas vezes ao dia (7:00 e 16:30 h) usando oxímetro (EcoSense, DO200A, YSI) e pHmetro (FiveEasy, Metler Toledo). Os compostos nitrogenados, nitrogênio amoniacal total (NAT) e o nitrogênio do nitrito (N-NO₂⁻) foram mensurados segundo a metodologia UNESCO (1983); Aminot e Chaussepied (1983), respectivamente. Semanalmente foram analisados o nitrogênio do nitrato (N-NO₃⁻) e fosfato (P-PO₄⁻³) pela metodologia de Aminot e Chaussepied (1983); salinidade utilizando aparelho multiparâmetros (Hanna, HI98194) e sólidos suspensos totais (SST) (APHA, 2005). Alcalinidade foi medida duas vezes por semana (APHA, 2005) e correções com cal hidratada foram realizadas para manter as concentrações de alcalinidade em 150 mg/L de CaCO₃ (Furtado et al., 2015). Ainda, uma vez por semana foi adicionado 1,0 mg/L de probiótico comercial (Pro-W, Sanolife, INVE®) para ajudar na manutenção da qualidade de água. Além disso, renovações parciais de água foram realizadas quando as concentrações de SST foram superiores a 500 mg/L

Desempenho zootécnico

Biometrias foram realizadas uma vez por semana, 15 animais foram aleatoriamente amostrados em cada unidade experimental para pesagem e ajuste da quantidade da ração ofertada. Ao final do período experimental, os dados de desempenho dos camarões foram avaliados pelos parâmetros peso final (g), ganho de peso –GP (%), biomassa final (g), eficiência proteica - EP, taxa de crescimento específico – TCE (%/dia), sobrevivência –Sr (%), Produtividade-Prod (kg/m³), fator de conversão alimentar – FCA e Taxa de retenção proteica- TRP.

$$GP = ((P_f - P_i)/P_i) * 100$$

$$2109 \quad EP = (B_f - B_i) / \text{consumo aparente de proteína}$$

$$2110 \quad FCA = \text{Quantidade de ração} / (B_f - B_i)$$

$$2111 \quad TCE = 100[(\ln Pf - \ln Pi) / \text{tempo}]$$

$$2112 \quad Sr = 100 \left(\frac{N^{\circ} \text{ final de animais}}{N^{\circ} \text{ inicial de camarões}} \right)$$

$$2113 \quad Prod = \frac{\text{Biomassa final (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}}$$

$$2114 \quad TRP = 100 * [((PC_f * Pf) - (PC_i * Pi)) / CP]$$

2115 Onde: Pf é peso final (g); Pi é peso inicial (g); Quantidade de ração ofertada (g);

2116 Bf é biomassa final (g); Bi é biomassa inicial (g), PC_f é proteína corporal final, PC_i é

2117 proteína corporal inicial, CP é o consumo de proteína na matéria seca;

2118 **Custos com alimentação**

2119 Durante o presente experimento, a quantidade total de alimento fornecida foi

2120 registrada. A análise financeira foi realizada com base nos seguintes parâmetros: Custo

2121 médio com alimentação- FC (USD \$), Relação dos custos de alimentação- RCA (%),

2122 Fator de conversão alimentar econômico – eFCR (USD \$/kg), Taxa de aumento do FCR

2123 econômico- TFCR (%).

$$2124 \quad FC = \text{Preço das dietas} * \text{Quantidade de ração fornecida}$$

$$2125 \quad RCA = 100 \left(\frac{\text{Custo com alimentação} - \text{custo alimentação controle}}{\text{Custo com alimentação controle}} \right)$$

$$eFCR = \frac{\text{Custo com alimentação}}{\text{Biomassa produzida}}$$

$$TFCR = 100 \left(\frac{eFCR - eFCR \text{ controle}}{eFCR \text{ controle}} \right)$$

Todos os custos foram calculados para a produção de um milheiro de animais, e para efeito de comparação dos custos com alimentação, a dieta de 32% foi considerada a dieta controle. A taxa de câmbio utilizada foi a empregada pelo Banco Central do Brasil no dia 29/10/2021 onde (1,00 USD \$ = 5,64 R\$).

Análises bioquímicas

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica Funcional de Organismos Aquáticos (BIFOA). Ao final do período experimental, três animais por tanque foram coletados (n= 12 por tratamento), e armazenados em ultra freezer (-80,0 °C) pra análises posteriores. Os tecidos dos animais (músculo e hepatopâncreas) foram homogeneizados a uma relação (1: 5) peso: volume, com tampão contendo Tris-Base (20 mM, pH 7,6), EDTA (1,0 mM) e sacarose (5,0 mM) (Gallagher et al., 1992). O homogeneizado foi centrifugado a 20.000 g (14.010 rpm) por 20 minutos em 4,0 °C, os sobrenadantes foram coletados e utilizados para as análises posteriores.

O conteúdo total de proteína nas amostras foi analisado pelo método de biureto (550 nm), em triplicatas utilizando um kit comercial (Bioclin, Brazil). Posteriormente, as amostras foram diluídas em 2,0 mg de proteína/ml, com o tampão de homogeneização utilizado previamente, então a capacidade antioxidante contra radicais de peróxido (ACAP) foi medida segundo a metodologia de Amado et al. (2009) através da determinação das espécies reativas de oxigênio (ERO) das amostras. A oxidação lipídica,

2147 foi aferida utilizando reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme a metodologia
2148 proposta por Oakes e Van Der Kraak (2003)

2149 **Avaliação estatística**

2150 Todos os dados foram avaliados para o atendimento do pressuposto de
2151 normalidade e homoscedasticidade das amostras. No caso de validação das premissas
2152 paramétricas, foi realizado a análise de variância de uma via (Anova de uma via),
2153 utilizando como critérios de decisão o nível de significância de $\alpha = 0,05$ e em caso de
2154 diferenças significativas, aplicou-se o teste post-hoc de Tukey ($p < 0,05$). Para os dados
2155 percentuais, como sobrevivência e taxa de crescimento específico, foram realizadas
2156 transformações do tipo arcsin segundo a metodologia proposta por Zar (2010). Em caso
2157 dos pressupostos da ANOVA não terem sido atingidos, utilizou-se o teste não
2158 paramétricos de Kruskal-Wallis com mesmo nível de significância anteriormente
2159 descrito, diferenças significativas entre os tratamentos foram determinadas com o auxílio
2160 do teste post-hoc de Duncan. Todas as análises foram realizadas no software livre R-
2161 Studio versão 4.2.0, utilizando os pacotes “nparcomp”.

2162 **RESULTADOS**

2163 **Qualidade de água**

2164 Os resultados do efeito dos diferentes níveis proteicos nas dietas de juvenis de *L.*
2165 *vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos sobre as variáveis de
2166 qualidade de água estão apresentados na Tabela 2. Foram encontradas diferenças
2167 significativas ($p < 0,05$) nas concentrações de alcalinidade do sistema, onde foi possível
2168 observar um decréscimo nos teores de alcalinidade com o aumento do nível proteico nas
2169 dietas.

2170 **Tabela 2-** Variáveis da qualidade de água (média ± desvio padrão) durante engorda de *L. vannamei* em sistema superintensivos de
 2171 bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas

Variáveis	Tratamentos					2172
	320 PB	360 PB	400 PB	440 PB	480 PB	p- value ¹
Temperatura (° C)	27,25±0,58	28,25±0,64	28,37±0,54	28,19±0,53	28,10±0,58	0,12874
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,61±0,57	5,56±0,61	5,53±0,63	5,56±0,54	5,45±0,63	0,31175
pH	8,03±0,24	8,06±0,23	8,07±0,23	8,05±0,23	8,03±0,24	0,4532176
NAT (mg/L)	0,14±0,09	0,13±0,06	0,14±0,08	0,13±0,06	0,14±0,08	0,9432177
NO ₂ -N (mg/L)	0,47±0,60	0,56±0,75	0,57±0,77	0,58±0,82	0,70±1,08	0,9212178
NO ₃ -N (mg/L)	45,55±24,99	49,31±28,16	51,96±30,54	56,24±30,78	58,15±34,61	0,7342179
Fosfato (mg/L)	3,00±1,38	2,70±1,24	2,69±1,20	2,62±1,00	2,96±1,54	0,9462180
Alcalinidade (mg/L)	155,67±20,94 ^a	151,50±22,38 ^{ab}	150,67±23,13 ^{ab}	143,50±23,64 ^{bc}	141,00±21,92 ^c	0,0042181
Salinidade	30,90±0,89	31,00±0,70	30,73±1,05	30,84±1,04	31,07±1,14	0,912182
SST (mg/L)	260,58±149,34	264,75±133,53	269,12±151,89	289,00±137,72	302,00±207,13	0,92182

2183 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos

2184 ¹ p-value para as ANOVA de uma via e/ou teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (NAT, N-NO₂, N-NO₃, Fosfato, SST)

2185 *** p- value < 0,001

2186 3.3 Desempenho zootécnico

2187 Os resultados de desempenho zootécnico estão apresentados na Tabela 3.
2188 Diferenças significativas entre os tratamentos foram encontradas para peso médio, ganho
2189 de peso semanal, biomassa, produtividade, FCR e SGR, com os menores resultados
2190 encontrados no tratamento 320 PB ($p < 0,05$). Os resultados de sobrevivência e eficiência
2191 proteica não foram afetados pelos diferentes tratamentos ($p > 0,05$). Além disso o
2192 resultado da análise broken-line indicou um requerimento nos níveis proteicos de 382,35
2193 g /kg ($R^2=0.775$), assim, a regressão quadrática indicou que os níveis proteicos nas dietas
2194 durante o cultivo intensivo de juvenis de *L. vannamei* devem ser de 463,55 g/kg ($R^2=$
2195 0.783), (Figura 1).

2196 3.2 Composição nutricional do bioflocos e camarões

2197 Os dados bromatológicos dos animais e dos bioflocos estão presentes na Tabela
2198 4. Para os juvenis de *L. vannamei*, diferenças significativas ($p < 0,05$) foram registradas
2199 entre os resultados proteicos e lipídicos nos camarões. Os menores teores proteicos foram
2200 encontrados no tratamento 320 e 360 PB, enquanto o menor nível de lipídeos também foi
2201 registrado no tratamento 320 PB ($p < 0,05$). Além disso, diferenças significativas na
2202 composição dos bioflocos (níveis proteicos, cinzas e matéria seca) foram observadas entre
2203 os tratamentos. O menor valor proteico (23,69 %) dos bioflocos foi registrado no
2204 tratamento 440 PB ($p < 0,05$). O aumento do nível de proteínas nas dietas resultou também
2205 em um incremento dos teores de cinzas nos bioflocos, evidenciados nos tratamentos 440
2206 e 480 PB.

2207 **Tabela 3** – Desempenho zootécnico (média ± desvio padrão) durante a engorda de *L. vannamei* cultivados em sistema superintensivos de
 2208 bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas

Variáveis	Tratamentos					ANOVA
	320 PB	360 PB	400 PB	440 PB	480 PB	p-value
Peso médio inicial (g)	0,59±0,003	0,59±0,003	0,59±0,003	0,59±0,003	0,59±0,003	2211
Peso médio final (g)	2,27±0,25 ^c	3,27±0,23 ^b	3,69±0,68 ^{ab}	3,85±0,35 ^{ab}	4,09±0,14 ^a	*** 2212
Ganho de peso (%)	284,75±31,63 ^c	453,87±28,32 ^b	526,09±97,61 ^{ab}	552,24±38,83 ^a	593,05±19,15 ^a	*** 2213
Biomassa final (g)	53,34±12,12 ^b	73,92±9,02 ^a	83,77±3,63 ^a	91,96±4,03 ^a	91,53±17,45 ^a	0,004 2214
Sobrevivência (%)	77,78±11,70	75,83±11,01	77,50±14,50	80,00±6,08	75,00±16,44	0,982 2215
EP	1,00±0,31	1,34±0,18	1,37±0,07	1,43±0,08	1,25±0,25	0,115 2216
Produtividade (kg/ m ³)	1,07±0,24 ^b	1,48±0,18 ^{ab}	1,68±0,07 ^a	1,84±0,08 ^a	1,83±0,35 ^a	0,004 2217
TCE (% /dia)	3,99±0,33 ^b	5,03±0,21 ^a	5,35±0,54 ^a	5,50±0,27 ^a	5,68±0,09 ^a	*** 2218
FCA	3,39±1,22 ^b	2,08±0,30 ^a	1,82±0,10 ^a	1,66±0,09 ^a	1,75±0,37 ^a	0,006 2219
TRP (%)	12,74±5,25	21,20±3,14	20,06±0,50	20,54±1,32	19,08±3,73	0,254 2219

2220 EP - Eficiência proteica, TCE – Taxa de crescimento específico, FCA – Fator de conversão alimentar

2221 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos

2222 *** p-value < 0,001

2223

2224 **Tabela 4-** Efeito de diferentes níveis proteicos na alimentação de *L. vannamei* durante cultivos superintensivos em sistema de bioflocos na composição
 2225 centesimal (média ± desvio padrão) dos bioflocos e camarões.

Variáveis	População	Tratamentos					ANOVA
	inicial	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP	p-value
Camarões							
Umidade (%)	78,46	82,66±1,50	81,02±0,80	80,51±0,82	80,41±1,18	80,60±0,54	0,088
Proteína bruta (%)	9,49	11,68±1,34 ^b	13,45±0,77 ^b	14,00±0,32 ^a	13,73±0,40 ^{ab}	14,12±0,79 ^a	0,002
Lipídeos (%)	1,16	0,98±0,41 ^b	1,38±0,17 ^{ab}	1,30±0,17 ^a	1,42±0,14 ^a	1,09±0,26 ^{ab}	0,014
Cinzas (%)	2,99	3,25±0,32	3,17±0,28	3,13±0,26	3,20±0,28	3,01±0,28	0,425
Bioflocos							
Proteína bruta (%)	-	27,95±2,34 ^a	26,59±1,58 ^a	25,76±2,91 ^{ab}	23,69±1,44 ^b	25,19±1,26 ^{ab}	***
Lipídeos (%)	-	3,17±0,83	2,82±0,61	2,41±0,26	2,75±0,60	2,54±0,41	0,174
Cinzas (%)	-	47,49±4,97 ^a	49,28±3,27 ^{ab}	48,62±2,12 ^{ab}	53,22±2,58 ^b	53,46±2,39 ^b	0,001
Matéria seca (%)	-	91,30±0,99 ^a	92,42±0,30 ^{ab}	94,56±2,21 ^b	92,37±0,86 ^{ab}	92,50±0,86 ^{ab}	0,019

2226 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos.

2227 *** p-value <0,001

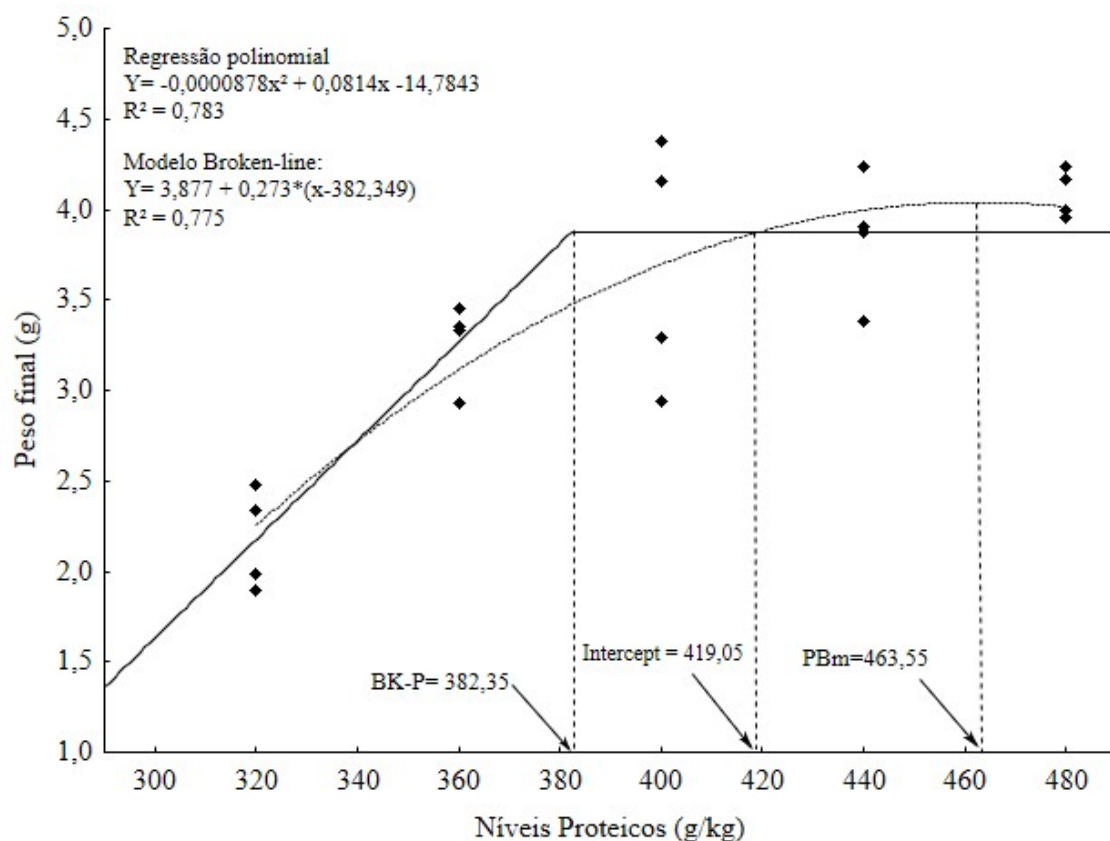


Figura 1 – Influência de diferentes níveis proteicos sobre o peso médio de juvenis de *L. vannamei* cultivados em sistemas intensivos de bioflocos. BK-P ponto de quebra do modelo Broken-line, PBm= ponto de máximo peso médio pelo modelo de regressão, Intercept- ponto de máxima eficiência sugerido por Baker et al. (2002).

Análises bioquímicas

Os dados das análises de ACAP e TBARS, para músculo e hepatopâncreas estão expressas na Figura 2. Para o músculo, a maior atividade antioxidante total (menor área relativa) foi observada no tratamento 400 CP ($p < 0,05$), enquanto os menores índices de peroxidação lipídica foram (TBARS) observados nos tratamentos 360 e 480 PB. Para os hepatopâncreas dos animais, uma redução na ACAP foi observada no tratamento 320 PB ($p < 0,05$) e as menores concentrações de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foram encontradas nos tratamentos 360 e 440 PB.

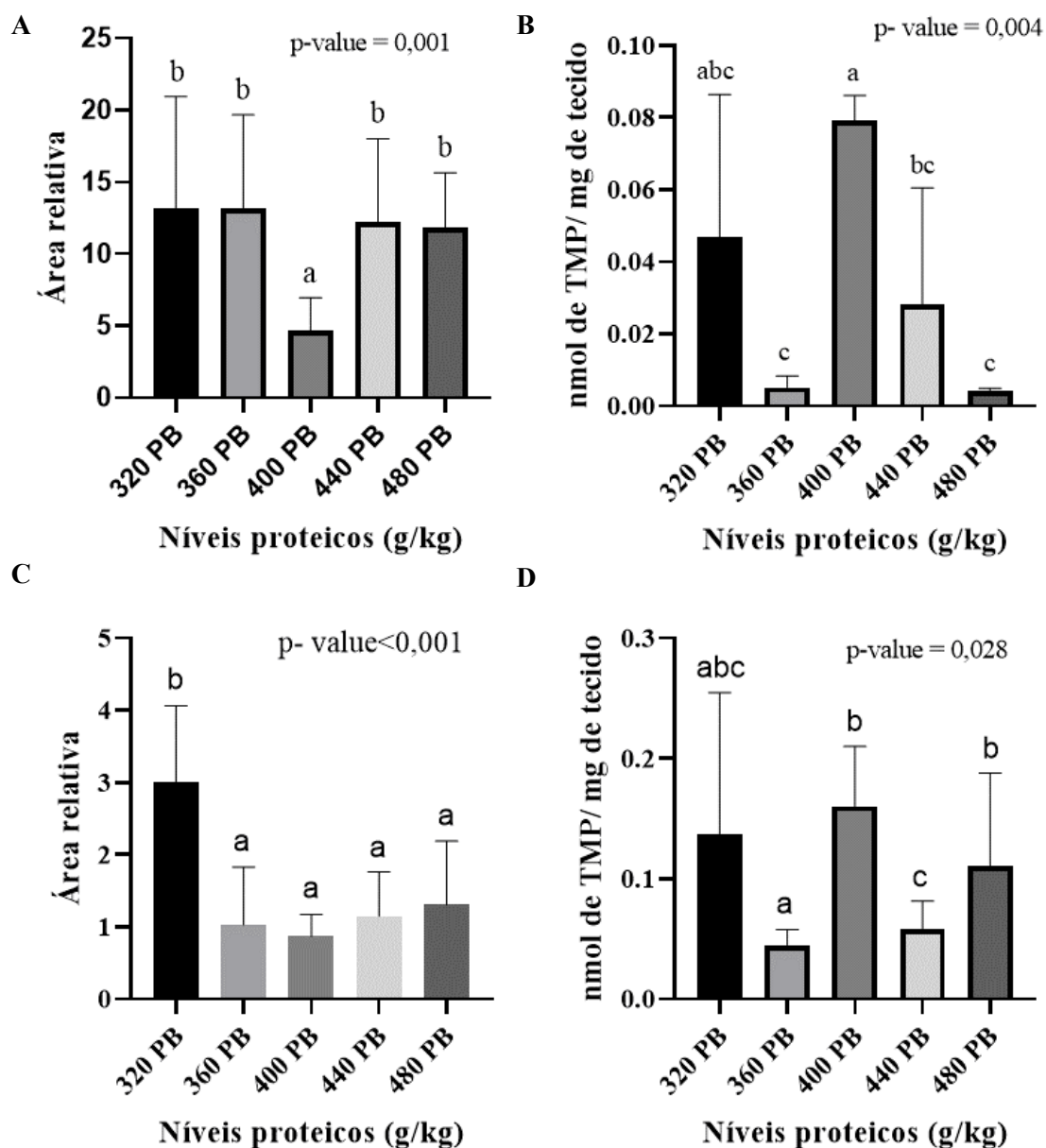


Figura 2 – Valores de capacidade antioxidante total contra radicais peróxil (expressa em área relativa) no músculo (2A) e hepatopâncreas (2C) e concentração de substâncias reativas aos ácidos tiobarbitúricos no músculo (2B) e hepatopâncreas (2D) de juvenis de *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistemas intensivos de bioflocos alimentados com diferentes níveis proteicos.

Custos com alimentação

Os índices de avaliação dos custos com a alimentação estão apresentados na Tabela 5. O aumento no teor proteico nas dietas resultou num acréscimo de até 10 % no custo total da ração. Os custos com alimentação foram proporcionais ao aumento no preço das dietas, com os maiores custos observados nos tratamentos de 440 e 480 PB ($p < 0,05$), totalizando um acréscimo de até 30 % quando comparado ao tratamento 320 PB. Entretanto, o maior fator de conversão alimentar econômico (eFCR) foi observado no tratamento 320 PB ($p < 0,05$).

Tabela 5- Variáveis econômicas (média $\pm$ desvio padrão) durante o cultivo superintensivos em bioflocos de *L. vannamei* alimentados com diferentes níveis proteicos nas dietas.

Variáveis	Tratamentos					Anova p-value
	32% CP	36% CP	40% CP	44% CP	48% CP	
Preço da ração (US\$)	1,92	1,97	2,02	2,07	2,12	-
Aumento preço da ração (%)	-	2,65	5,29	7,94	10,56	-
Custos de Alimentação (US\$)	0,21 $\pm$ 0,01 ^a	0,23 $\pm$ 0,01 ^a	0,25 $\pm$ 0,01 ^{ab}	0,25 $\pm$ 0,00 ^b	0,27 $\pm$ 0,01 ^b	0,002
Relação dos custos de alimentação (%)	-	10,86 $\pm$ 3,49 ^c	17,76 $\pm$ 2,76 ^{bc}	21,34 $\pm$ 1,12 ^{ab}	30,67 $\pm$ 6,12 ^a	0,004
eFCR (US\$/kg)	4,37 $\pm$ 0,82 ^b	2,83 $\pm$ 0,46 ^a	2,90 $\pm$ 0,13 ^a	2,83 $\pm$ 0,19 ^a	2,75 $\pm$ 0,56 ^a	0,002
TFCR econômico (%)	-	-34,85 $\pm$ 10,54	-33,38 $\pm$ 3,09	-35,00 $\pm$ 4,35	-36,70 $\pm$ 13,04	0,854

eFCR- Fator de conversão alimentar econômico, TFCR – Relação entre os fatores de conversão alimentar econômicos

DISCUSSÃO

Estudos para a determinação e otimização dos níveis proteicos em dietas de organismos aquáticos em sistemas de bioflocos são amplamente difundidos, principalmente para peixes (Green et al., 2019; Gullian Klanian et al., 2020) e camarões (Chu and Brown, 2022; Panigrahi et al., 2020; Pinho and Emerenciano, 2021). A demanda proteica para *Litopenaeus vannamei* varia amplamente de 303 a 480 g/kg, a depender do

estágio de vida e condições ambientais do cultivo, principalmente temperatura, salinidade (Hu et al., 2008; Rosas et al., 2001; Smith et al., 1985). Entretanto, as densidades de estocagem são pouco abordadas.

Os agregados de microrganismos e matéria orgânica em suspensão (bioflocos) presentes “in situ” podem ser utilizados como uma fonte de alimentação suplementar, participando com 63 a 100 % do carbono e 35 - 86% do nitrogênio do perfil alimentar de juvenis (0,80 g) de *L. vannamei* (Krummenauer et al., 2020). Além disso, a presença dos bioflocos pode reduzir a quantidade de alimento exógeno ofertado (Kaya et al., 2019; Lara et al., 2017; Prates et al., 2023; Tong et al., 2020) e, em alguns casos, realizar o efeito de poupador da proteína, possibilitando assim a redução dos teores proteicos nas dietas de camarões marinhos (Jatobá et al., 2014; Mansour et al., 2022b; Xu and Pan, 2014; Yun et al., 2016).

No presente estudo, o peso final e ganho de peso semanal são indicativos do possível efeito poupador das proteínas (entre 400 e 480 g/kg de proteína) realizado pelos bioflocos, entretanto reduções mais severas nos níveis proteicos das dietas, (principalmente para 320 g/kg de proteína) limitaram o crescimento dos juvenis de *L. vannamei*. Corroborando com o encontrado por Mansour et al. (2022) e Yun et al. (2016), os quais observaram que reduções do crescimento dos juvenis, de 0,23 g e 1,30 g respectivamente, quando os níveis proteicos das dietas foram inferiores a 350 g/kg. Além disso, os maiores valores de FCR foram observados nos tratamentos alimentados com os menores teores proteicos (320 e 360 g/kg) corroborando com o encontrado previamente por Xu e Pan (2014). Os mesmos autores afirmam que o aumento do FCR em tratamentos com menores teores proteicos pode estar relacionado com a tentativa de os animais compensarem o baixo teor proteico nas dietas aumentando o consumo do alimento

2289 fornecido. Por outro lado, o aumento do FCR pode estar diretamente relacionado com a
2290 relação proteína: energia (PB/EB) das dietas. Yun et al. (2016) relatam o menor
2291 aproveitamento de dietas com PB/EB inferiores a 2,0 g de proteína/ kJ, corroborando com
2292 o encontrado no presente experimento.

2293 No presente experimento, os resultados de broken-line (modelo não linear) e
2294 regressão quadrática para o peso final demonstram que os níveis proteicos das dietas
2295 devem estar entre 382,35 g /kg e 463,55 g/kg de proteína. O nível ótimo (419,05 g/kg) foi
2296 estabelecido no primeiro intercepto da regressão polinomial ao platô do modelo de
2297 broken-line, conforme metodologia de Baker et al. (2002). Além disso, a sobrevivência
2298 no presente estudo não foi afetada significativamente pelos diferentes níveis proteicos nas
2299 dietas.

2300 A variação dos resultados de participação dos flocos na redução da oferta de
2301 alimentos exógenos, ou até mesmo na redução dos níveis proteicos pode estar relacionada
2302 com a grande variabilidade nutricional dos bioflocos. Os bioflocos são normalmente
2303 caracterizados como um alimento com altos teores proteicos de 164,8 a 536,5 g/kg e
2304 baixos níveis lipídicos de 5,7 a 33,5 g/kg (Binalshikh-Abubkr et al., 2021; Ekasari et al.,
2305 2019; Rajkumar et al., 2016). Diversos fatores podem afetar a composição dos bioflocos,
2306 tais como condições bióticas (espécies de organismos cultivados, pressão seletiva dos
2307 animais, densidade de estocagem) e abióticas (fonte de carbono orgânico, relação carbono
2308 nitrogênio, luz, intensidade de aeração, salinidade, disponibilidade e qualidade do
2309 alimento ofertado) (Hamidoghli et al., 2019; Huang et al., 2022; Khanjani and Sharifinia,
2310 2022; Khoa et al., 2020; Magaña-Gallegos et al., 2018; Mansour et al., 2022b; Reis et al.,
2311 2019; Samocha et al., 2017), além da predominância/dominância das bactérias presentes
2312 no sistema BFT (Ferreira et al., 2021, 2020).

2313 No presente estudo, a quantidade de proteína bruta presente nas dietas de juvenis
2314 de *L. vannamei* alteraram a composição dos bioflocos, principalmente a níveis proteicos,
2315 corroborando com o encontrado previamente por Mansour et al. (2022). Entretanto,
2316 diferentemente do esperado, os maiores teores proteicos no bioflocos não foram
2317 diretamente relacionados com o teor de proteínas nas dietas. Isto pode estar associado
2318 com a diferença na predominância de bactérias presentes nos bioflocos durante o estudo.
2319 O maior consumo de alcalinidade, observado nos tratamentos 440 e 480 PB são
2320 indicativos de uma maior intensidade do processo de nitrificação nestes tratamentos
2321 (Ebeling et al., 2006), portanto com maior predominância de bactérias quimioautotróficas
2322 quando comparados aos tratamentos alimentados com menores teores proteicos (320 PB).
2323 Deste modo, os menores teores proteicos nos bioflocos observados no tratamento 440 PB
2324 (236,9 g/kg de proteína) corroboram com o encontrado por Ferreira et al. (2020), os quais
2325 observam um decréscimo no teor proteico dos bioflocos em sistemas dominados por
2326 bactérias quimioautotróficas quando comparados aqueles dominados por bactérias
2327 heterotróficas.

2328 Elevadas densidades de estocagem é a característica principal de cultivos
2329 super/hiperintensivos. Krummenauer et al. (2011) recomendam que a densidade de
2330 estocagem não ultrapasse 300 camarões/m² para sistema de bioflocos com aeração
2331 fornecida apenas por mangueiras rugosas, por exemplo ‘*aerotube*’®. No presente estudo,
2332 a densidade de estocagem foi superior ao recomendado, o que pode desencadear o efeito
2333 “*crowding*”, gerando um estresse crônico responsável pela diminuição do crescimento
2334 dos animais, aproveitamento das dietas e prejudicando o sistema imune e antioxidante
2335 dos animais (Lin et al., 2015; Liu et al., 2017). Além disso, condições estressantes no
2336 cultivo favorecem a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) (Amado et al.,

2337 2009) que por sua vez são capazes de oxidar e danificar biomoléculas, tais como
2338 proteínas, lipídios, DNA e RNA, com os consequentes efeitos deletérios em algumas
2339 funções biológicas (Liang et al., 2016; Sies, 2015). Amado et al. (2009) indicam que
2340 promover a melhoria do sistema antioxidante é uma estratégia para se adaptar às condições
2341 adversas de cultivo. De maneira geral, proteínas são diretamente correlacionadas com
2342 aumento da atividade de enzimas que atuam no sistema antioxidante dos animais, tais
2343 como a superóxido dismutase (SOD) (Panigrahi et al., 2020, 2019). Além de fontes de
2344 aminoácidos essenciais (EAA) que atuam na ativação do sistema antioxidante e resposta
2345 imune inata dos animais (Maiti et al., 2022).

2346 No presente estudo, a capacidade antioxidante total contra radicais peróxido
2347 (ACAP) foi diferente de acordo com os tecidos analisados, seguindo os padrões
2348 encontrados em estudos prévios em sistemas de bioflocos (hepatopâncreas > músculo)
2349 (Colombo et al., 2023; da Silva Martins et al., 2015). Isto se deve ao hepatopâncreas ser
2350 o principal órgão dos camarões, responsável por armazenar e produzir enzimas que
2351 participam do sistema imune e antioxidante dos animais. Alimentar juvenis de *L.*
2352 *vannamei* com dietas de 320 g/kg de proteína prejudicou ACAP no hepatopâncreas,
2353 indicando uma depleção do estado antioxidante dos animais, resposta similar à encontrada
2354 por Panigrahi et al. (2019) os quais observaram reduções na atividade da enzima SOD
2355 (outro mecanismo antioxidante) em indivíduos alimentados com dietas de teores
2356 proteicos 320 g/kg quando comparadas a dietas de 400 g/kg. Uma possível explicação é
2357 que fontes de aminoácidos essenciais (AAE) são importantes na ativação da resposta
2358 antioxidante dos organismos (Maiti et al., 2022). Entretanto, o mesmo perfil de resposta
2359 não foi observado nos músculos, onde a melhor ACAP (menor área relativa) foi
2360 observada no tratamento 400 g/kg. Estas variações podem estar relacionadas com o

2361 consumo de bioflocos, que podem atuar como fonte natural de compostos bioativos que
2362 aumentam o estado antioxidante dos animais, principalmente no hepatopâncreas
2363 (Colombo et al., 2023; da Silva Martins et al., 2015). Colombo et al. (2023) observaram
2364 maiores concentrações de flavonoides e polifenóis neste órgão quando comparados ao
2365 músculo. Estes compostos atuam como interceptadores ao ERO prevenindo assim o dano
2366 lipídico dos animais (Zamora and Hidalgo, 2016).

2367 Fatores estressantes, tais como elevadas densidades de estocagem, podem causar
2368 danos lipídicos nos animais (Xie et al., 2018). Durante os processos de peroxidação
2369 lipídica, um dos bio-produtos formados são radicais peroxil, os quais podem ser
2370 interceptados pela ACAP, reduzindo assim os danos com a peroxidação lipídica (Okpala
2371 et al., 2016). No presente estudo, maiores danos lipídicos são observados no
2372 hepatopâncreas comparados ao musculo dos animais, isso se deve principalmente a esse
2373 órgão ter maior presença de lipídeos o que o torna mais susceptível a estas reações. Apesar
2374 da redução da ACAP no tratamento alimentado com 320 g/kg de proteína, os TBARS não
2375 difeririam dos demais tratamentos, isto pode estar também relacionado a menor
2376 disponibilidade de lipídeos presente nos animais, uma vez que a quantidade de TBARS é
2377 diretamente correlacionada com quantidade de lipídeos presentes nos tecidos (Ouraji et
2378 al., 2011).

2379 A menor taxa de retenção proteica (TRP) associada com o menor nível proteico
2380 nos camarões alimentados com a dieta 320 g/kg de proteína, são indicativos do
2381 desbalanço nutricional desta dieta, e por consequência na redução das variáveis de
2382 desempenho zootécnico apresentadas neste tratamento. Além disso, estudos anteriores
2383 relatam que a composição proximal do corpo (*whole-body composition*) pode ser alterada
2384 por diversos fatores tais como a quantidade e qualidade das proteínas fornecidas nas

2385 dietas, fase de cultivo e frequência alimentar (Anand et al., 2021; Lee and Lee, 2018). O
2386 presente resultado corrobora ao encontrado por Lee e Lee (2018) os quais reportam que
2387 reduções severas nos níveis proteicos das dietas, reduzem o teor proteico na composição
2388 proximal dos animais. Além disso, no presente estudo, os juvenis de *L. vannamei*
2389 alimentados com níveis superiores a 400 g/kg de proteína bruta não resultou em
2390 incremento da deposição proteica nos tecidos dos animais, similar ao encontrado por
2391 Anand et al. (2021) para *Penaeus indicus*, podendo ser indicativo de excedente proteico
2392 nas dietas, os quais eram catabolizados em outras funções metabólicas não relacionadas
2393 ao crescimento dos animais (Emerenciano et al., 2022).

2394 Por outro lado, os bioflocos, além de participarem da alimentação dos animais,
2395 são os principais responsáveis pela manutenção da qualidade de água ao longo dos
2396 cultivos. De maneira geral, os parâmetros de qualidade de água não foram afetados pelos
2397 diferentes níveis proteicos nas dietas e estiveram dentro da faixa recomendada para o
2398 cultivo de camarões em sistema de bioflocos (Emerenciano et al., 2017). Entretanto, foi
2399 observado uma redução dos níveis de alcalinidade no tratamento 480 g/kg de PB. Isso
2400 evidencia o excesso de nitrogênio nestas dietas, uma vez que dietas ricas em proteína
2401 favorecem o catabolismo proteico (Emerenciano et al., 2022), liberando assim mais
2402 compostos nitrogenados na água. Ebeling et al. (2006) estabeleceram que o processo de
2403 nitrificação consome 7,05 g de alcalinidade para conversão de 1,0 g de nitrogênio
2404 amoniacal em nitrogênio do nitrato. Portanto, mesmo que não haja diferenças
2405 significativas entre os tratamentos para os teores de compostos nitrogenados, a redução
2406 na alcalinidade pode ser indicativa de um menor aproveitamento da proteína neste
2407 tratamento.

2408 Não houve diferença entre o peso final dos animais alimentados com dietas entre
2409 400 a 480 g/kg de proteína. Entretanto, o uso de dietas altamente proteicas promove um
2410 alto custo com a alimentação, evidenciado principalmente nos tratamentos 440 e 480 PB,
2411 corroborando com o proposto por Wang et al. (2015). Além disso, dietas com menores
2412 teores proteicos são mais vantajosas em relação a custo-benefício e ambientalmente, por
2413 reduzir a utilização da farinha de peixe, principal fonte proteica para organismos
2414 aquáticos (Ashour et al., 2021).

2415 Em relação as avaliações financeiras voltadas apenas aos custos empregados com
2416 alimentação, o fator de conversão alimentar econômico (eFCR) se torna uma das
2417 principais variáveis a ser observada, por relacionar o custo com alimentação e a biomassa
2418 produzida, sendo assim um bom indicativo de custo-benefício do cultivo. No presente
2419 estudo, os valores mais elevados de eFCR foram observados no tratamento 320 g/kg de
2420 proteína, devido ao menor aproveitamento desta dieta, e por consequência diminuindo a
2421 relação custo-benefício da utilização desta ração, apesar do menor custo com alimentação
2422 observado neste tratamento. Além disso, outros estudos devem ser realizados até
2423 obtenção de camarões com peso comercial.

2424 **5. Conclusão**

2425 A quantidade de proteína fornecida nas dietas de juvenis de *L. vannamei* afeta o
2426 crescimento dos animais, os resultados do broken-line indicam que os animais devem ser
2427 alimentados com dietas contendo no mínimo 382,35 g/kg de proteína bruta, enquanto o
2428 modelo de regressão do peso médio indica que alimentar os camarões com 463,55 g/kg
2429 de proteína bruta otimiza o crescimento dos juvenis em condições superintensivas.
2430 Reduções severas nos níveis proteicos da dieta afetam negativamente o sistema

2431 antioxidante dos animais, além de reduzir o desempenho zootécnico e aumentar a relação
2432 custo de alimentação/biomassa produzida dos cultivos.

2433 **AGRADECIMENTOS**

2434 Os autores gostariam de agradecer a Empresa Guabi Nutrição e Saúde Animal
2435 S.A., na figura de João Manoel Cordeiro Alves, pelo fornecimento da farinha de peixe
2436 utilizada no processo de fabricação das dietas experimentais.

2437 **REFERÊNCIAS**

- 2438 Almeida, M.S.; Carrijo-Mauad, J.R.; Gimenes, R.M.T.; Gaona, C.A.P.; Furtado, P.S.;
2439 Poersch, L.H.; Wasielesky, W.; Fóes, G.K. 2021. Bioeconomic analysis of the
2440 production of marine shrimp in greenhouses using the biofloc technology system.
2441 *Aquaculture International*, 29: 723–741. [https://doi.org/10.1007/s10499-021-](https://doi.org/10.1007/s10499-021-00653-1)
2442 [00653-1](https://doi.org/10.1007/s10499-021-00653-1)
- 2443 Amado, L.L.; Garcia, M.L.; Ramos, P.B.; Freitas, R.F.; Zafalon, B.; Ferreira, J.L.R.;
2444 Yunes, J.S.; Monserrat, J.M. 2009. A method to measure total antioxidant capacity
2445 against peroxy radicals in aquatic organisms: Application to evaluate microcystins
2446 toxicity. *Science of The Total Environment*, 407: 2115–2123.
2447 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.038>
- 2448 American Public Health Association (APHA), 2005. Standard Methods for the
2449 Examination of Water and Wastewater, 21th ed. Association of Official Analytical
2450 chemists, Gaithersburg.
- 2451 Aminot, A.; Chaussepied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
2452 Centre National pour l’exploitation des océans, França.
- 2453 Anand, P.S.S.; Aravind, R.; Biju, I.F.; Balasubramanian, C.P.; Antony, J; Saranya, C.;

Christina, L.; Rajamanickam, S.; Panigrahi, A.; Ambasankar, K.; Vijayan, K.K. 2021. Nursery rearing of Indian white shrimp, *Penaeus indicus*: Optimization of dietary protein levels and stocking densities under different management regimes. *Aquaculture*, 542: 736807. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736807>

Ashour, M.; Mabrouk, M.M.; Abo-Taleb, H.A.; Sharawy, Z.Z.; Ayoub, H.F.; Van Doan, H., Davies, S.J.; El-Haroun; E., Goda, A.M.S.A. 2021. A liquid seaweed extract (TAM®) improves aqueous rearing environment, diversity of zooplankton community, whilst enhancing growth and immune response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, challenged by *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 543: 736915. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736915>

Binalshikh-Abubkr, T.; Hanafiah, M.M.; Das, S.K. 2021. Proximate chemical composition of dried shrimp and tilapia waste bioflocs produced by two drying methods. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9: 1–16. <https://doi.org/10.3390/jmse9020193>

Chu, Y.T.; Brown, P.B. 2022. Optimal dietary crude protein in commercial feeds for shrimp and halophytes in marine aquaponic biofloc systems. *Frontiers in Marine Science*, 9: 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.824973>

Colombo, G.M.; dos Santos Simião, C.; Ramírez, J.R.B.; Sousa Araujo, A.C.; Gomes, R.M.M.; Buitrago, S.A.M.; Wasielesky, W.; Monserrat, J.M. 2023. Bioflocs enriched with lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) improved the survival and weight gain of *Litopenaeus vannamei* post-larvae cultivated in the BFT system. *Aquaculture*, 566: 739230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739230>

2477 Correia, E.S.; Wilkenfeld, J.S.; Morris, T.C.; Wei, L.; Prangnell, D.I.; Samocha, T.M.
 2478 2014. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus*
 2479 *vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a
 2480 biofloc-dominated system. *Aquaculture Engineering*, 59: 48–54.
 2481 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.02.002>

2482 Dumas, A.; de Lange, C.F.M.; France, J.; Bureau, D.P. 2007. Quantitative description of
 2483 body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus*
 2484 *mykiss*). *Aquaculture*, 273: 165–181.
 2485 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.026>

2486 Ebeling, J.M.; Timmons, M.B.; Bisogni, J.J. 2006. Engineering analysis of the
 2487 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of
 2488 ammonia – nitrogen in aquaculture systems. *Aquacultural*, 257: 346–358.
 2489 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>

2490 Ekasari, J.; Suprayudi, M.A.; Elas, P.; Senja, R.K. 2019. The digestibility of biofloc meal
 2491 from African catfish culture medium as a feed raw material for Pacific white shrimp.
 2492 *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18: 1–8. <https://doi.org/10.19027/jai.18.1.1-8>

2493 Emerenciano, M.G.C.; Martínez-Córdova, L.R.; Martínez-Porchas, M.; Miranda Baeza,
 2494 A. 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in
 2495 Aquaculture.

2496 Emerenciano, M.G.C.; Rombenso, A.N.; Vieira, F.D.; Martins, M.A.; Coman, G.,
 2497 Truong, H.H.; Noble, T.H.; Simon, C. 2022. Intensification of penaeid shrimp
 2498 culture: An applied review of advances in production systems , nutrition and
 2499 breeding. *Animals*, 12: 39. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

2500 Ferreira, G.S.; Silva, V.F.; Martins, M.A.; Silva, A.C.C.P.; Machado, C.; Seiffert, W.Q.;
 2501 Nascimento Vieira, F. 2020. Strategies for ammonium and nitrite control in
 2502 *Litopenaeus vannamei* nursery systems with bioflocs. *Aquacaculture Enginnering*,
 2503 88. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102040>
 2504 Furtado, S.; Poersch, L.H.; Wasielesky, W. 2015. The effect of different alkalinity levels
 2505 on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture*
 2506 *International*, 23: 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>
 2507 Gallagher, E.P.; Canada, A.T.; Di Giulio, R.T. 1992. The protective role of glutathione
 2508 in chlorothalonil-induced stoxicity to channel catfish. *Aquatic Toxicology*, 23: 155–
 2509 168. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(92\)90049-S](https://doi.org/10.1016/0166-445X(92)90049-S)
 2510 Green, B.W.; Rawles, S.D.; Schrader, K.K.; Gaylord, T.G.; McEntire, M.E. 2019. Effects
 2511 of dietary protein content on hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* × *O. niloticus*)
 2512 performance, common microbial off-flavor compounds, and water quality dynamics
 2513 in an outdoor biofloc technology production system. *Aquaculture*, 503: 571–582.
 2514 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.034>
 2515 Gullian Klanian, M.; Delgadillo Díaz, M.; Sánchez Solís, M.J.; Aranda, J.; Moreno
 2516 Moral, P. 2020. Effect of the content of microbial proteins and the poly-β-
 2517 hydroxybutyric acid in biofloc on the performance and health of Nile tilapia
 2518 (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed on a protein-restricted diet. *Aquaculture*,
 2519 519: 734872. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734872>
 2520 Hamidoghli, A.; Won, S.; Aya, F.A.; Yun, H.; Bae, J.; Jang, I.K.; Bai, S.C. 2019. Dietary
 2521 lipid requirement of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles cultured in
 2522 biofloc system. *Aquacaculture Nutrition*, 26: 603–612.

- 2523 <https://doi.org/10.1111/anu.13021>
- 2524 Hu, Y.; Tan, B.; Mai, K.; Ai, Q.; Zheng, S.; Cheng, K. 2008. Growth and body
2525 composition of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed different ratios of
2526 dietary protein to energy. *Aquaculture Nutrition*, 14: 499–506.
2527 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00555.x>
- 2528 Huang, H.H.; Liao, H.M.; Lei, Y.J.; Yang, P.H. 2022. Effects of different carbon sources
2529 on growth performance of *Litopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc
2530 system in low salinity. *Aquaculture*, 546: 737239.
2531 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737239>
- 2532 Jatobá, A.; Corrêa, B.; Souza, J.; Vieira, N.; Luiz, J.; Mouriño, P.; Quadros, W.; Massucci,
2533 T. 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc
2534 systems. *Aquaculture*, 432: 365–371.
2535 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.005>
- 2536 Jory, D.E.; Cabrera, T.R.; Dugger, D.M.; Fegan, D.; Lee, P.G.; Lawrence, L.; Jackson,
2537 C.J.; McIntosh, R.P.; Castañeda, J.; International, B.; Park, H.A.; Hwy, N.O.D.;
2538 Pierce, F. 2001. A global review of shrimp feed management: status and
2539 perspectives. *Aquaculture*, 104–152.
- 2540 Kaya, D.; Genc, M.A.; Aktas, M.; Yavuzcan, H.; Ozmen, O.; Genc, E., 2019. Effect of
2541 biofloc technology on growth of speckled shrimp, *Metapenaeus monoceros*
2542 (Fabricus) in different feeding regimes. *Aquaculture Research*, 50: 2760–2768.
2543 <https://doi.org/10.1111/are.14228>
- 2544 Khanjani, M.H.; Sharifinia, M. 2022. Biofloc technology with addition molasses as
2545 carbon sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the

- 2546 effects of different C/N ratios. *Aquaculture International*, 30: 383–397.
 2547 <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5>
- 2548 Khoa, T.N.D.; Tao, C.T.; Van Khanh, L.; Hai, T.N. 2020. Super-intensive culture of white
 2549 leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in outdoor biofloc systems with different
 2550 sunlight exposure levels: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 524:
 2551 735277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735277>
- 2552 Krummenauer, D.; Abreu, P.C.; Poersch, L.; Alice, P.; Paiva, C. 2020. The relationship
 2553 between shrimp (*Litopenaeus vannamei*) size and biofloc consumption determined
 2554 by the stable isotope technique. *Aquaculture*, 529: 735635.
 2555 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735635>
- 2556 Krummenauer, D.; Seifert Júnior, C.A.; Poersch, L.H.; FOES, G.K.; LARA, G.R.;
 2557 Wasielesky, W. 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos:
 2558 análise da reutilização da água. *Atlântica*, 34: 103–111.
 2559 <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.2.103>
- 2560 Lara, G.; Hostins, B.; Bezerra, A.; Poersch, L.; Wasielesky, W. 2017. The effects of
 2561 different feeding rates and re-feeding of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc culture
 2562 system. *Aquaculture Engineering*, 77: 20–26.
 2563 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.02.003>
- 2564 Lee, C.; Lee, K.J. 2018. Dietary protein requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus*
 2565 *vannamei* in three different growth stages. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 21: 1–6.
 2566 <https://doi.org/10.1186/s41240-018-0105-0>
- 2567 Li, E.; Wang, X.; Chen, K.; Xu, C.; Qin, J.G.; Chen, L. 2015. Physiological change and
 2568 nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low

2569 salinity. *Reviews in Aquaculture*, 7: 1–19. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>

2570 Liang, Z.; Liu, R.; Zhao, D.; Wang, L.; Sun, M.; Wang, M.; Song, L. 2016. Ammonia
 2571 exposure induces oxidative stress, endoplasmic reticulum stress and apoptosis in
 2572 hepatopancreas of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Fish & Shellfish*
 2573 *Immunology*, 54: 523–528. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.05.009>

2574 Lin, Y.C.; Chen, J.C.; Chen, Y.Y.; Yeh, S.T.; Chen, L.L.; Huang, C.L.; Hsieh, J.F.; Li,
 2575 C.C. 2015. Crowding of white shrimp *Litopenaeus vananmei* depresses their
 2576 immunity to and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome
 2577 virus. *Fish & Shellfish Immunology*, 45: 104–111.
 2578 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.02.012>

2579 Liu, G.; Zhu, S.; Liu, D.; Guo, X.; Ye, Z. 2017. Effects of stocking density of the white
 2580 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and
 2581 resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. *Fish & Shellfish Immunology*,
 2582 67: 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.038>

2583 Magaña-Gallegos, E.; González-Zúñiga, R.; Arevalo, M.; Cuzon, G.; Chan-Vivas, E.;
 2584 López-Aguiar, K.; Noreña-Barroso, E.; Pacheco, E.; Valenzuela, M.; Maldonado,
 2585 C.; Gaxiola, G. 2018. Biofloc and food contribution to grow-out and broodstock of
 2586 *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) determined by stable isotopes and
 2587 fatty acids. *Aquaculture Research*, 49: 1782–1794.
 2588 <https://doi.org/10.1111/are.13632>

2589 Maiti, M.K.; Sahu, N.P.; Sardar, P.; Garg, C.K.; Varghese, T.; Shamna, N.; Deo, A.D.;
 2590 Harikrishna, V. 2022. Dietary lysine requirement of juvenile Pacific white shrimp,
 2591 *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) reared in inland saline water of 10 ppt salinity.

2592 *Animal Feed Science and Technology*, 291: 1–14.
 2593 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115378>

2594 Mansour, A.T.; Ashour, M.; Alprol, A.E.; Alsaqufi, A.S. 2022a. Aquatic Plants and
 2595 aquatic animals in the context of sustainability: Cultivation techniques, integration,
 2596 and blue revolution. *Sustainability*, 14. <https://doi.org/10.3390/su14063257>

2597 Mansour, A.T.; Ashry, O.A.; Ashour, M.; Alsaqufi, A.S.; Ramadan, K.M.A.; Sharawy,
 2598 Z.Z. 2022b. The optimization of dietary protein level and carbon sources on biofloc
 2599 nutritive values, bacterial abundance, and growth performances of whiteleg shrimp
 2600 (*Litopenaeus vannamei*) juveniles. *Life*, 12: 888.

2601 Oakes, K.D.; Van Der Kraak, G.J. 2003. Utility of the TBARS assay in detecting
 2602 oxidative stress in white sucker (*Catostomus commersoni*) populations exposed to
 2603 pulp mill effluent. *Aquatic Toxicology*, 63: 447–463.
 2604 [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(02\)00204-7](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00204-7)

2605 Okpala, C.O.R.; Bono, G.; Geraci, M.L.; Sardo, G.; Vitale, S.; Schaschke, C.J. 2016.
 2606 Lipid oxidation kinetics of ozone-processed shrimp during iced storage using
 2607 peroxide value measurements. *Food Bioscience*, 16: 5–10.

2608 Oliva-Teles, A. 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish diseases*,
 2609 35: 83–108. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333.x>

2610 Ouraji, H.; Kenari, A.M.A.; Shabanpour, B.; Shabani, A.; Sodagar, M.; Jafarpour, S.A.;
 2611 Ebrahimi, G.H. 2011. Growth, survival, and fatty acid composition of Indian white
 2612 shrimp *Fenneropenaeus indicus* (Milne Edwards) fed diets containing different
 2613 levels of vitamin E and lipid. *Aquaculture International*, 19: 903–916.
 2614 <https://doi.org/10.1007/s10499-010-9409-5>

2615 Panigrahi, A.; Saranya, C.; Sundaram, M.; Vinoth Kannan, S.R.; Das, R.R.; Satish
 2616 Kumar, R.; Rajesh, P.; Otta, S.K. 2018. Carbon: Nitrogen (C:N) ratio level variation
 2617 influences microbial community of the system and growth as well as immunity of
 2618 shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. *Fish & Shellfish*
 2619 *Immunology*, 81: 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.07.035>

2620 Panigrahi, A.; Sivakumar, M.R.; Sundaram, M.; Saravanan, A.; Das, R.R.; Katneni, V.K.;
 2621 Ambasankar, K.; Syama Dayal, J.; Gopikrishna, G. 2020. Comparative study on
 2622 phenoloxidase activity of biofloc-reared pacific white shrimp *Penaeus vannamei* and
 2623 Indian white shrimp *Penaeus indicus* on graded protein diet. *Aquaculture*, 518:
 2624 734654. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734654>

2625 Panigrahi, A.; Sundaram, M.; Saranya, C.; Satish Kumar, R.; Syama Dayal, J.;
 2626 Saraswathy, R.; Otta, S.K.; Shyne Anand, P.S.; Nila Rekha, P.; Gopal, C. 2019.
 2627 Influence of differential protein levels of feed on production performance and
 2628 immune response of pacific white leg shrimp in a biofloc-based system.
 2629 *Aquaculture*, 503: 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.036>

2630 Peixoto, S.; Silva, E.; Costa, C.B.; Nery, R.C.; Rodrigues, F.; Silva, J.F.; Bezerra, R.;
 2631 Soares, R. 2017. Effect of feeding frequency on growth and enzymatic activity of
 2632 *Litopenaeus vannamei* during nursery phase in biofloc system. *Aquaculture*
 2633 *Nutrition*, 24: 579–585. <https://doi.org/10.1111/anu.12591>

2634 Pinho, S.M.; Emerenciano, M.G.C. 2021. Sensorial attributes and growth performance of
 2635 whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured in biofloc technology with
 2636 varying water salinity and dietary protein content. *Aquaculture*, 540: 736727.
 2637 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736727>

- 2638 Prates, E.; Holanda, M.; Pedrosa, V.F.; Monserrat, J.M.; Wasielesky, W. 2023.
2639 Compensatory growth and energy reserves changes in the Pacific white shrimp
2640 (*Litopenaeus vannamei*) reared in different temperatures and under feed restriction
2641 in biofloc technology system (BFT). *Aquaculture*, 562.
2642 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738821>
- 2643 Rajkumar, M.; Pandey, P.K.; Aravind, R.; Vennila, A.; Bharti, V.; Purushothaman, C.S.
2644 2016. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and
2645 growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*
2646 *Research*, 47: 3432–3444. <https://doi.org/10.1111/are.12792>
- 2647 Rego, M.A.S.; Sabbag, O.J.; Soares, R.; Peixoto, S. 2017. Financial viability of inserting
2648 the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study
2649 in the state of Pernambuco, Brazil. *Aquaculture International*, 25: 473–483.
2650 <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0044-7>
- 2651 Reis, W.G.; Wasielesky, W.; Abreu, P.C.; Brandão, H.; Krummenauer, D. 2019. Rearing
2652 of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in BFT system
2653 with different photoperiods: Effects on the microbial community, water quality and
2654 zootechnical performance. *Aquaculture*, 508: 19–29.
2655 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.067>
- 2656 Rosas, C.; Cuzon, G.; Taboada, G.; Pascual, C.; Gaxiola, G.; Van Wormhoudt, A. 2001.
2657 Effect of dietary protein and energy levels on growth, oxygen consumption,
2658 haemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic
2659 pressure of *Litopenaeus vannamei* (Boone) and *L. setiferus* (Linne) juveniles
2660 (Crustacea, Decapoda). *Aquaculture Research*, 32: 531–547.

- 2661 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00573.x>
- 2662 Samocha, T.M.; Prangnell, D.I.; Hanson, T.R.; Treece, G.D.; Morris, T.C.; Castro, L.F.;
 2663 Staresinic, N. 2017. Design and operation of super-intensive biofloc-dominated
 2664 systems for indoor production of the pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*,
 2665 first. ed. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana USA.
- 2666 Sies, H. 2015. Oxidative stress: A concept in redox biology and medicine. *Redox Biology*,
 2667 4: 180–183. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.01.002>
- 2668 Silva Martins, Á.C.; Artigas Flores, J.; Porto, C.; Wasielesky, W.; Monserrat, J.M. 2015.
 2669 Antioxidant and oxidative damage responses in different organs of Pacific white
 2670 shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) reared in a biofloc technology system.
 2671 *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 48: 279–288.
 2672 <https://doi.org/10.1080/10236244.2015.1041240>
- 2673 Silveira, L.G.P.; Rosas, V.T.; Krummenauer, D.; Fróes, C.; Silva, A.; Poersch, L.H.;
 2674 Fóes, G.; Wasielesky, W. 2022. Establishing the most productive stocking densities
 2675 for each stage of a multi-phase shrimp culture in BFT system. *Aquacaculture*
 2676 *International*, 30: 1889–1903. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00879-7>
- 2677 Smith, L.L.; Lee, P.G.; Lawrence, A.L.; Strawn, K. 1985. Growth and digestibility by
 2678 three sizes of *Penaeus vannamei* boone : Effects of dietary protein level and protein
 2679 source. *Aquaculture*, 46: 85–96.
- 2680 Sokolova, I.M.; Frederich, M.; Bagwe, R.; Lannig, G.; Sukhotin, A.A. 2012. Energy
 2681 homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress
 2682 tolerance in aquatic invertebrates. *Marine Environmental Research*, 79: 1–15.
 2683 <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>

- 2684 Tong, R.; Chen, W.; Pan, L.; Zhang, K. 2020. Effects of feeding level and C/N ratio on
2685 water quality, growth performance, immune and antioxidant status of *Litopenaeus*
2686 *vannamei* in zero –water exchange bioflocs-based outdoor soil culture ponds. *Fish*
2687 *& Shellfish Immunology*, 101: 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.051>
- 2688 UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
2689 Intergovernmental Oceanographic Commission.
- 2690 Wang, X.D.; Li, E.C.; Wang, S.F.; Qin, J.G.; Chen, X.F.; Lai, Q.M.; Chen, K.; Xu, C.;
2691 Gan, L.; Yu, N.; Du, Z.Y.; Chen, L.Q. 2015. Protein-sparing effect of carbohydrate
2692 in the diet of white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Aquaculture*
2693 *Nutritional*, 21: 904–912. <https://doi.org/10.1111/anu.12221>
- 2694 Xie, S.; Fang, W.; Wei, D.; Liu, Y.; Yin, P.; Niu, J.; Tian, L. 2018. Dietary
2695 supplementation of *Haematococcus pluvialis* improved the immune capacity and
2696 low salinity tolerance ability of post-larval white shrimp, *Litopenaeus vannamei*.
2697 *Fish & Shellfish Immunology*, 80: 452–457.
2698 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.06.039>
- 2699 Xu, W.J.; Pan, L.Q. 2014. Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-
2700 exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen
2701 control, biofloc composition and shrimp performance. *Aquaculture Research*, 45:
2702 1842–1851. <https://doi.org/10.1111/are.12126>
- 2703 Yun, H.; Shahkar, E.; Katya, K.; Jang, I.K.; Kim, S.K., Bai, S.C. 2016. Effects of bioflocs
2704 on dietary protein requirement in juvenile whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*.
2705 *Aquaculture Research*, 47: 3203–3214. <https://doi.org/10.1111/are.12772>
- 2706 Zamora, R.; Hidalgo, F.J. 2016. The triple defensive barrier of phenolic compounds

- 2707 against the lipid oxidation-induced damage in food products. Trends in Food Science
2708 & Technology, 54: 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.006>
2709 Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis. Prentice Hall.

CAPÍTULO IV - Influência de diferentes níveis lipídicos nas dietas de juvenis do camarão branco do pacífico cultivados em sistemas intensivos de bioflocos sobre: o crescimento, sobrevivência e conservação do músculo

Ítalo Felipe Mascena Braga^{a*}, Fellipy Augusto Holanda Chaves^a, Victor Torres Rosa^b, José Maria Monserrat^c, Marcelo Borges Tesser^d, Wilson Wasielesky^a, Geraldo Kipper Fóes^a.

^a Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

^b Environmental Science Center, Qatar University, P.O. Box: 2713, Doha – Qatar.

^c Laboratório de Bioquímica Funcional de Organismos Aquáticos, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

^d Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil

* Autor correspondente: Laboratório de Carcinocultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Grande-FURG-Rua do Hotel, 02 – Cassino- 96201-900, Brasil.

italo.braga1996@gmail.com

Artigo formatado segundo normas da revista **Aquaculture International**.

2739 **Resumo**

2740 Cultivos de camarão em condições de estresse tais como a densidade de estocagem podem
2741 gerar uma demanda energética maior como uma estratégia para compensar o incremento
2742 metabólico dos animais, porém o requerimento de fontes nutricionais energéticas como
2743 os lipídeos podem mudar de acordo com o grau de estresse ao que são submetidos. Foi
2744 realizado um cultivo berçário de *Litopenaeus vannamei* em sistemas superintensivos de
2745 bioflocos utilizando cinco dietas com diferentes níveis lipídicos (5,0, 7,0, 9,0, 11 e 13 %)
2746 e isoproteicas (40 %), cada dieta foi utilizada em quadruplicatas. Os camarões foram
2747 estocados em tanques de 50 L (volume útil) em densidade de 600 camarões/m³, por um
2748 período de 45 dias. Diferenças significativas na qualidade de água não foram registradas
2749 ($P>0,05$). O peso final e ganho de peso semanal e taxa de crescimento específico não
2750 foram afetados pelos diferentes tratamentos, entretanto as maiores taxas de sobrevivência
2751 e produtividade foram encontradas nos tratamentos 5,0 e 7,0 % EE. Os usos de dietas com
2752 teores lipídicos superiores a 7,0 % prejudicaram o aproveitamento das rações e retenção
2753 de nutrientes pelos camarões. A qualidade do músculo (pH e TBARS) foram
2754 influenciadas tanto pelo tempo de armazenamento quanto pelos níveis lipídicos nas
2755 dietas.

2756 **Palavras-chave:** capacidade antioxidante, alimentação, pH no músculo, energia

2757 1. Introdução

2758 Cultivos intensivos/superintensivos de camarões marinhos têm ganhado relativo
2759 destaque em termos de pesquisas nos últimos anos, além disso Joffre et al. (2018)
2760 reportam o aumento do uso destes sistemas de maneira comercial no sudeste da Ásia. Isto
2761 se deve ao fato da crescente demanda por pescado associada com o menor uso de recursos
2762 finitos (tal como área dos empreendimentos) que podem ser empregados em outras
2763 atividades (FAO 2022). Dentre os cultivos intensivos, a tecnologia de bioflocos (*Biofloc*
2764 *technology – BFT*) ganha destaque por além de permitir as reduções de áreas de cultivos,
2765 através do aumento da densidade, é capaz de reduzir o uso de água por meio de um
2766 eficiente manejo do sistema, tornando-o mais biosseguro e ambientalmente mais
2767 amigável (Wasielesky et al. 2006; Emerenciano et al. 2022).

2768 O camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) é a principal espécie
2769 cultivada neste sistema no mundo, devido suas características biológicas, principalmente
2770 comportamento gregário, menor exigência proteica e capacidade de se alimentar por
2771 pastação (*grazing*), o que os torna extremamente adaptáveis ao cultivo BFT (Kim et al.
2772 2015; Emerenciano et al. 2022). Durante a fase de crescimento (*grow-out phase*) as
2773 densidades de estocagem empregadas variam amplamente entre 150 – 2.250 camarões/m³
2774 (da Silveira et al. 2022), devido principalmente a diferença da capacidade de suporte do
2775 sistema, normalmente relacionada à diferença estrutural e de manejo dos cultivos.
2776 Krummenauer et al. (2011) determinaram que a densidade ótima de estocagem para
2777 engorda (1,0 a 17,0 g) seja de 300 camarões/m³ (em sistema de aeração via apenas de
2778 aerotube), enquanto que Silveira et al. (2022) utilizando macro e microcosmos,
2779 determinaram que a densidade de estocagem máxima é de 1.000 camarões/m³ e 750
2780 camarões/m³, para juvenis cultivados de 1,0 g a 5,7 g e 12,0 a 18,0 g, respectivamente.

2781 Reduções no crescimento, aproveitamento das dietas e diminuição das respostas
2782 dos sistemas imune e antioxidante dos animais podem ser observadas quando a densidade
2783 de estocagem é extremamente elevada (Lin et al. 2015; Liu et al. 2017; Fleckenstein et
2784 al. 2020). Sokolova et al. (2012) afirmam que frente às condições ambientais estressantes,
2785 assim como o uso de elevadas densidades de estocagem, os animais necessitam de uma
2786 mudança energética para manutenção da homeostase. Neste sentido, a nutrição tem papel
2787 fundamental para o sucesso dos cultivos, principalmente por o uso de dietas formuladas
2788 serem a principal fonte de aporte de nutrientes e energia para os animais (Oliva-Teles
2789 2012).

2790 Diversos estudos demonstram o papel dos bioflocos na redução parcial do uso da
2791 alimentação exógena (Lara et al. 2017; Tong et al. 2020; Prates et al. 2023), exigência
2792 proteica (Jatobá et al. 2014; Yun et al. 2016; Mansour et al. 2022) e substituição
2793 parcial/total de ingredientes nas dietas de camarões marinhos (Valle et al. 2015; Dantas
2794 et al. 2016; Ekasari et al. 2019; Barzamini et al. 2021). Entretanto, poucos estudos
2795 relacionam o uso do BFT com diferentes níveis lipídicos nas dietas e os resultados ainda
2796 são inconclusivos (Toledo et al. 2014; Hamidoghli et al. 2019). Estes autores
2797 determinaram que o nível ótimo de lipídeo nas dietas de *L. vannamei* variam de 8,5 a 9,5
2798 % e 5,6 a 6,0 %, para camarões de 2,87 e 0,95 g, respectivamente. Os lipídeos têm papel
2799 principal de fornecer energia aos animais e possibilitar a realização do processo poupador
2800 da proteína (*protein sparing effect*) (Cho and Kaushik 1990; Toledo et al. 2014; Li et al.
2801 2015; Hamidoghli et al. 2019). Além disso, os lipídios fornecem ácidos graxos e
2802 fosfolipídios que podem estar relacionados aos sistemas imune e antioxidante dos animais
2803 (Chen et al. 2014; Li et al. 2015).

2804 Chanmugam et al. (1983) afirmam que diferentes níveis lipídicos nas dietas são
2805 capazes de alterar o valor nutricional dos camarões, principalmente em termos da
2806 quantidade de lipídeos presentes no corpo dos animais. Hamidoghli et al. (2019)
2807 observaram que o aumento dos níveis lipídicos nas dietas é diretamente proporcional ao
2808 teor de lipídeos dos camarões. Diferentes níveis lipídicos podem afetar no tempo de
2809 prateleira dos camarões, teores mais elevados de lipídios, estão mais susceptíveis ao
2810 processo de oxidação, portanto podendo resultar em perdas na qualidade do pescado,
2811 principalmente em sabor, cor, textura e valor nutricional (Soyer et al. 2010). Diante do
2812 exposto, o presente estudo visa elucidar a influência de diferentes níveis lipídicos nas
2813 dietas do camarão branco do Pacífico, cultivado em sistemas intensivos de bioflocos
2814 sobre o crescimento, sobrevivência, capacidade antioxidante e tempo de prateleira dos
2815 animais.

2816 **2. Metodologia**

2817 *2.1 Origem dos animais e delineamento experimental*

2818 O delineamento experimental adotado foi composto por cinco tratamentos,
2819 consistindo na variação no nível lipídicos nas dietas (EE) (5,0, 7,0, 9,0, 11 e 13 %). Cada
2820 tratamento possuía quatro réplicas. Os dados de formulação e composição proximal das
2821 dietas estão disponíveis na Tabela 1. As dietas experimentais foram elaboradas para
2822 serem isoproteicas.

2823 **Tabela 1-** Formulações das dietas experimentais e composição centesimal das rações para
2824 engordas de *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivos de bioflocos

Ingredientes	Dietas (%)				
	5,0%EE	7,0% EE	9,0% EE	11% EE	13% EE
Farinha de peixe ^a	30,0	30,00	30,00	30,00	30,00
Farinha de soja ^b	33,0	33,00	33,00	33,00	33,00
Óleo de peixe ^c	1,50	3,50	5,50	7,50	9,50
Levedura	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Gelatina	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Amido de milho ^d	18,4	16,4	14,4	12,4	10,4
Celulose ^e	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Carbonato de cálcio	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Pré-mix ^f	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Metionina ^g	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição centesimal (%)					
Proteína bruta	40,23	39,87	40,11	39,84	38,77
Extrato etéreo	5,63	6,56	9,27	10,28	12,46
Cinzas	10,98	11,77	11,32	10,32	10,70
ENN ^h	43,16	41,8	39,30	39,56	38,07
Matéria seca (%)	96,9	97,4	97,0	97,2	97,6
Energia bruta (kJ/g) ⁱ	19,1	19,2	19,9	20,3	20,6
PB:EB (g /kJ) ^j	2,10	2,08	2,02	1,96	1,88

2825 ^aLeal Santos, Rio Grande, RS, Brasil

2826 ^bSulino, RS, Brasil

2827 ^cCampestre ®, São Paulo

2828 ^dMaizena®, Brasil

2829 ^eSynth ®, Brasil

2830 ^fMix mineral e vitamínico – Tectron, São Paulo, Brasil (Vitamina A 1.000.000 UI/kg, Vit. D3
2831 500.000 UI/kg, Vit. E 20.000 UI/kg, Vit. K3 500 mg/kg, Vit. B1 1.900 mg/kg, Vit. B2 2.000
2832 mg/kg, Vit. B6 2.400 mg/kg, Vit. B12 3.500 mg/kg, Vit., C 25 g/kg, niacina 5.000 mg/kg, ácido
2833 pantatênico 4.000 mg/kg, ácido fólico 200 mg/kg, biotina 40 mg/kg, magnésio 7.500 mg/kg, zinco
2834 25 g/kg, ferro 12.50 g/kg, cobre 2.000 mg/kg, iodo 200 mg/kg, selênio 70 mg/kg, e BHT 300
2835 mg/kg)

2836 ^gEvonik®

2837 ^h Extrato não nitrogenado (ENN) = 1000- (PB + EE + Cinzas + Fibra Bruta)

2838 ⁱ Energia Bruta (EB) = (PB x 23,6) + (EE x 39,5) + (NFE x 17,2)

2839 ^j P/E (mg CP/kJ GE) = mg PB/kJ EB

2840 As pós-larvas (PL 10) foram adquiridas da larvicultura comercial “Pós-larvas do
2841 Sul Larvicultura” localizada em Itapoá, Santa Catarina, Brasil e foram mantidas em um
2842 berçário na Estação Marinha de Aquacultura – EMA, Instituto Oceanografia da
2843 Universidade Federal do Rio Grande – IO/FURG até atingirem o peso médio de $0,59 \pm$
2844 $0,003$ g, quando foram transferidas e aclimatadas as condições experimentais. Os juvenis
2845 de *L. vannamei* foram estocados em 20 caixas de polipropileno (50 L de volume útil) em
2846 densidade de 600 juvenis/m³. Cada unidade experimental contava com sistema de
2847 aquecimento (Roxin HT1300, 100 W) para controle térmico (27,0 °C) e aeração foi
2848 fornecida através de mangueira porosa (15 cm, Aero-tube™, Swan®, Marion, OH)
2849 individual conectada a um “blower” (CR8, 7,5 CV, Ibran®). Os tanques foram abastecidos
2850 com 80% (40 L) de água marinha (salinidade 30,38 g/L) clorada (20 mg/L de cloro ativo)
2851 e declorada por uso de aeração constante, e posteriormente com 20 % (10 L) de inóculo
2852 de bioflocos previamente maturado, conforme metodologia proposta por Krummenauer
2853 et al. (2012), de maneira a garantir as seguintes condições iniciais: $0,07 \pm 0,04$ mg/L de
2854 NAT, $0,05 \pm 0,01$ mg/L de N-NO₂⁻, $15,27 \pm 2,77$ mg/L de N-NO₃⁻, $164,1 \pm 12,6$ mg/L de
2855 CaCO₃ e $137,10 \pm 28,70$ mg/L de SST. Além disso, o fotoperíodo foi controlado e
2856 mantido em 12: 12 luz: escuro.

2857 Os juvenis foram alimentados três vezes ao dia, às 8:00, 13:00 e 18:00 h, de acordo
2858 com metodologia de Peixoto et al. (2017) com objetivo de proporcionar melhor
2859 aproveitamento das dietas ofertadas. A quantidade de ração ofertada seguiu o proposto
2860 por Jory et al. (2001) e foi ajustada semanalmente após biometrias. Os tamanhos dos
2861 *pellets* (0,50 mm até 1,25 mm) foram ajustados de acordo com o crescimento dos animais.
2862 O período experimental foi ajustado para obtenção do crescimento mínimo de 300%, para
2863 todos os tratamentos, contando com a duração de 42 dias.

2864 2.2 Análises bromatológicas

2865 As análises de composição centesimal das dietas, camarões e bioflocos foram
2866 realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – LANOA (FURG,
2867 Brasil). Para cada dieta experimental foram coletadas amostras para determinação da
2868 umidade, por secagem em estufa (105 °C), proteína bruta pelo método de Kjeldahl,
2869 lipídeos pela metodologia de ‘*bligh-dyer*’, cinzas por combustão em mufla a 550 °C por
2870 cinco horas, e fibras brutas, todas as metodologias descritas no compêndio da A.O.A.C
2871 (2007), com todos os resultados expressos em base da matéria seca. Amostras de
2872 camarões foram coletadas no início e final do período experimental, além de amostras de
2873 bioflocos (ao final do experimento) utilizando malha (150 µm) para posterior análises,
2874 conforme descrito anteriormente. Os dados de composição dos camarões e bioflocos
2875 foram calculados com base na matéria natural e seca, respectivamente.

2876 2.3 Qualidade de água

2877 Durante o experimento, os dados de temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram
2878 aferidos diariamente duas vezes ao dia (7:00 e 16:30 h) usando oxímetro (EcoSense,
2879 DO200A, YSI) e pHmetro (FiveEasy, Metler Toledo). Os compostos nitrogenados,
2880 nitrogênio amoniacal total (NAT) e o nitrogênio do nitrito (N-NO_2^-) foram mensurados
2881 segundo a metodologia UNESCO (1983); Aminot e Chaussepied (1983),
2882 respectivamente. Semanalmente foram analisados o nitrogênio do nitrato (N-NO_3^-) e
2883 fosfato (P-PO_4^{3-}) pela metodologia de Aminot e Chaussepied (1983); salinidade
2884 utilizando aparelho multiparâmetros (Hanna, HI98194) e sólidos suspensos totais (SST)
2885 (APHA, 2005). Alcalinidade foi medida duas vezes por semana (APHA, 2005) e
2886 correções com cal hidratada foram realizadas para manter as concentrações de

2887 alcalinidade em 150 mg/L de CaCO₃ (Furtado et al. 2015). Ainda, uma vez por semana
 2888 foi adicionado 1,0 mg/L de probiótico comercial (Pro-W, Sanolife, INVE®) para ajudar
 2889 na manutenção da qualidade de água. Além disso, renovações parciais de água foram
 2890 realizadas quando as concentrações de SST foram superiores a 500 mg/L

2891 *2.4 Desempenho zootécnico*

2892 Biometrias foram realizadas uma vez por semana, 15 animais foram
 2893 aleatoriamente amostrados em cada unidade experimental para pesagem e ajuste da
 2894 quantidade da ração ofertada. Ao final do período experimental, os dados de desempenho
 2895 dos camarões foram avaliados pelos parâmetros peso final (g), ganho de peso –WG (%),
 2896 biomassa final (g), eficiência proteica - EP, taxa de crescimento específico – TCE (%/dia),
 2897 sobrevivência –S (%), Produtividade (kg/m³), fator de conversão alimentar – FCR e Taxa
 2898 de retenção proteica- TRP, regressão polinomial foi aplicada na produtividade.

$$2899 \quad GP = ((P_f - P_i)/P_i) * 100$$

$$2900 \quad EP = (B_f - B_i)/\text{consumo aparente de proteína}$$

$$2901 \quad FCA = \text{Quantidade de ração}/(B_f - B_i)$$

$$2902 \quad TCE = 100[(\ln P_f - \ln P_i)/\text{tempo}]$$

$$2903 \quad S = 100 \left(\frac{N^{\circ} \text{ final de animais}}{N^{\circ} \text{ inicial de camarões}} \right)$$

$$2904 \quad \text{Produtividade} = \frac{\text{Biomassa final (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}}$$

$$2905 \quad TRP = 100 * [((PC_f * P_f) - (PC_i * P_i))/CP]$$

2906 Onde: Pf é peso final (g); Pi é peso inicial (g); Quantidade de ração ofertada (g);
2907 Bf é biomassa final (g); Bi é biomassa inicial (g), PC_f é proteína corporal final, PC_i é
2908 proteína corporal inicial, CP é o consumo de proteína na matéria seca;

2909 2.5 Análises bioquímicas

2910 As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica
2911 Funcional de Organismos Aquáticos (BIFOA). Ao final do período experimental, três
2912 animais por tanque foram coletados (n= 12 por tratamento), e armazenados em ultra
2913 freezer (-80,0 °C) pra análises posteriores (tempo zero). Além disso, seis animais por
2914 tanque (n = 24 por tratamento) foram abatidos com água e gelo e conservados (inteiro)
2915 em freezer (- 20 °C) por 45 e 90 dias, para análises de pH do músculo e oxidação lipídica.
2916 Os tecidos dos animais (músculo e hepatopâncreas) foram homogeneizados a uma relação
2917 (1: 5) peso: volume, com tampão contendo Tris-Base (20 mM, pH 7,6), EDTA (1,0 mM)
2918 e sacarose (5,0 mM) (Gallagher et al. 1992). O homogeneizado foi centrifugado a 20.000
2919 g (14.010 rpm) por 20 minutos em 4,0 °C, os sobrenadantes foram coletados e utilizados
2920 para as análises posteriores.

2921 O conteúdo total de proteína nas amostras foi analisado pelo método de biureto
2922 (550 nm), em triplicatas utilizando um kit comercial (Bioclin, Brasil). Posteriormente, as
2923 amostras foram diluídas em 2,0 mg de proteína/ml, com o tampão de homogeneização
2924 utilizado previamente, então a capacidade antioxidante contra radicais de peróxido
2925 (ACAP) foi medida segundo a metodologia de Amado et al. (2009) através da
2926 determinação das espécies reativas de oxigênio (ROS) das amostras. A oxidação lipídica,
2927 foi aferida utilizando reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme a metodologia
2928 proposta por Oakes e Van Der Kraak (2003). Para a aferição do pH, o músculo foi

2929 homogenizado em água destilada na proporção de 1,0 g: 10 mL. Posteriormente o pH da
2930 solução foi aferido em um pHmetro de bancada (FiveEasy, Metler Toledo).

2931 *2.6 Avaliação estatística*

2932 Todos os dados foram avaliados para o atendimento do pressuposto de
2933 normalidade e homoscedasticidade das amostras. No caso de validação das premissas
2934 paramétricas, foi realizado a análise de variância de uma via (Anova de uma via),
2935 utilizando como critérios de decisão o nível de significância de $\alpha = 0,05$ e em caso de
2936 diferenças significativas, aplicou-se o teste post-hoc de Tukey ($p < 0,05$). Para os dados
2937 percentuais, como sobrevivência e taxa de crescimento específico, foram realizadas
2938 transformações do tipo arcsen segundo a metodologia proposta por Zar (2010). Em caso
2939 dos pressupostos da ANOVA não terem sido atingidos, utilizou-se o teste não
2940 paramétricos de Kruskal-Wallis com mesmo nível de significância anteriormente
2941 descrito, diferenças significativas entre os tratamentos foram determinadas com o auxílio
2942 do teste post-hoc de Duncan. Para análise de oxidação lipídica e pH do músculo ao longo
2943 do tempo, foi realizado um teste de Anova de duas vias. Todas as análises foram
2944 realizadas no software livre R-Studio versão 4.2.0, utilizando os pacotes “nparcomp”.

2945 **3. Resultados**

2946 *3.1 Qualidade de água*

2947 Os resultados do efeito dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de juvenis de *L.*
2948 *vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos sobre as variáveis de
2949 qualidade de água estão apresentados na Tabela 2. Foram encontradas diferenças
2950 significativas ($p < 0,05$) nas concentrações de NAT entre o tratamento 5,0 % EE e 11%
2951 EE, com concentrações médias menores no tratamento com menor teor lipídico. Para as
2952 demais variáveis não foram encontradas diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$).

2953 **Tabela 2** –Variáveis da qualidade de água (média± desvio padrão) durante engorda em sistemas superintensivo de *L. vannamei* em bioflocos
 2954 alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas.

Variáveis	Tratamentos					p- value ¹
	5,0% EE	7,0% EE	9,0% EE	11% EE	13% EE	
Temperatura (° C)	28,05±1,24	28,75±0,99	28,53±1,44	28,07±0,72	28,99±1,08	0,4257
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,37±0,51	5,47±0,98	5,38±0,52	5,52±0,44	5,34±0,43	0,620
pH	7,95±0,24	7,83±0,23	7,98±0,21	7,98±0,21	7,99±0,17	0,916
NAT (mg/L)	0,12±0,06 ^a	0,13±0,10 ^{ab}	0,13±0,07 ^{ab}	0,15±0,07 ^b	0,13±0,05 ^{ab}	0,017
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,21±0,19	0,18±0,15	0,23±0,21	0,19±0,17	0,19±0,13	0,543
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	75,19±37,16	81,31±45,58	67,72±32,46	74,68±33,04	73,38±31,51	0,902
Fosfato (mg/L)	3,15±1,50	4,12±2,78	2,90±1,28	3,45±3,28	3,56±2,48	0,628
Alcalinidade (mg/L)	147,33±24,21	148,28±24,72	147,68±24,04	147,97±24,44	148,33±24,02	0,993
Salinidade	31,47±1,35	30,98±1,15	31,02±1,22	31,58±1,26	31,44±1,21	0,548
SST (mg/L)	385,91±186,93	437,78±222,31	359,65±173,18	382,22±150,63	288,94±214,24	0,226

2966 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos

2967 ¹ p-value para as ANOVA de uma via e/ou teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (NAT, N-NO₂, N-NO₃, Fosfato, SST)

2968 *** p- value < 0,001

3.2 Desempenho zootécnico

Os resultados de desempenho zootécnico estão apresentados na Tabela 3. Diferenças significativas entre os tratamentos foram encontradas para biomassa, produtividade, FCR, eficiência proteica e TRP, com os menores resultados encontrados nos tratamentos 11 % e 13 % EE ($p < 0,05$). O aumento dos níveis lipídicos nas dietas afetou negativamente a sobrevivência dos animais, evidenciado principalmente em níveis superiores as 7,0 % na dieta. Além disso o resultado da análise de regressão polinomial indicou que os níveis lipídicos nas dietas de *L. vannamei* cultivados em sistemas superintensivos de bioflocos são inversamente proporcionais à produtividade ($R^2 = 0,991$) com o ponto de máxima encontrado com 5,82 % de lipídeos nas dietas (Figura 1).

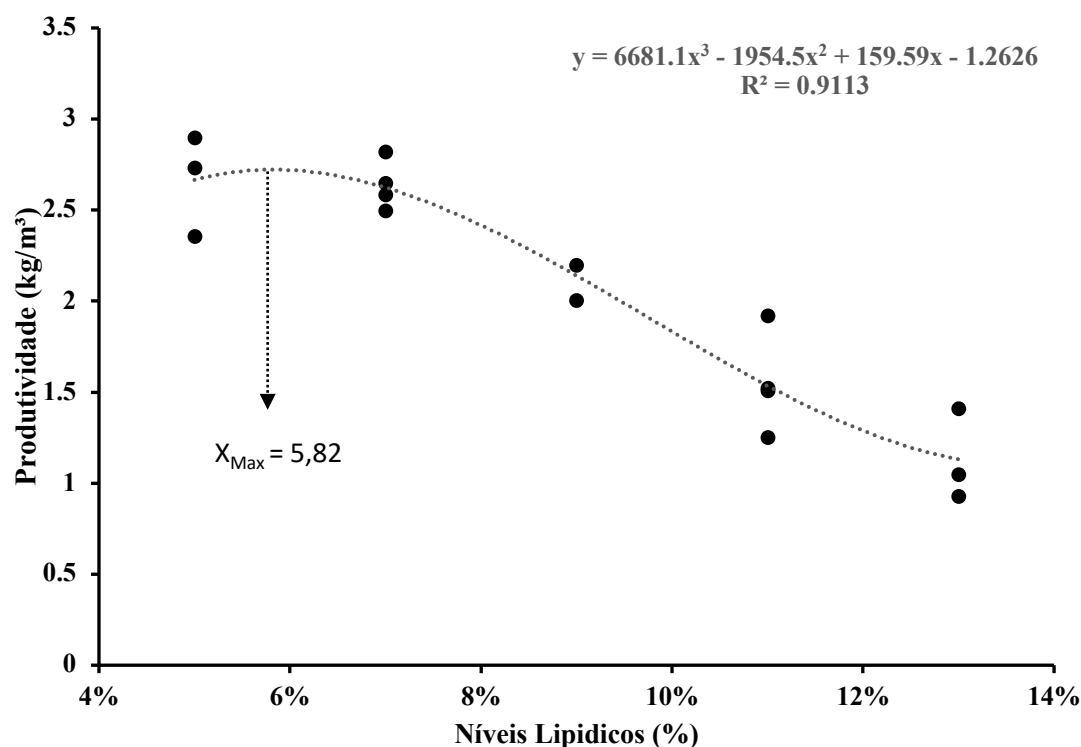


Figura 1- Análise de regressão polinomial da produtividade no cultivo intensivo de *Litopenaeus vannamei* em sistemas de bioflocos alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas. $X_{Max} = 5,82$ %

2983 **Tabela 3** – Desempenho zootécnico (média $\pm$ desvio padrão) durante o período de engorda de *L. vannamei* em sistema superintensivos de
 2984 bioflocos alimentados com diferentes níveis lipídicos nas dietas

Variáveis	Tratamentos					ANOVA
	5,0% EE	7,0% EE	9,0% EE	11% EE	13% EE	p-value
Peso médio inicial (g)	0,59 $\pm$ 0,003	0,59 $\pm$ 0,003	0,59 $\pm$ 0,003	0,59 $\pm$ 0,003	0,59 $\pm$ 0,003	2987
Peso médio final (g)	4,55 $\pm$ 0,47	4,95 $\pm$ 0,18	5,38 $\pm$ 0,15	4,49 $\pm$ 0,63	5,14 $\pm$ 0,71	0,237 2988
Ganho de peso (g/s)	0,66 $\pm$ 0,05	0,73 $\pm$ 0,02	0,80 $\pm$ 0,08	0,60 $\pm$ 0,08	0,76 $\pm$ 0,08	0,152 2989
Biomassa final (g)	133,10 $\pm$ 13,95 ^a	131,76 $\pm$ 6,80 ^a	104,98 $\pm$ 6,81 ^a	77,42 $\pm$ 13,78 ^b	56,34 $\pm$ 12,53 ^b	*** 2990
Sobrevivência (%)	96,67 $\pm$ 1,90 ^a	90,00 $\pm$ 3,35 ^a	65,00 $\pm$ 2,36 ^b	58,33 $\pm$ 13,47 ^{bc}	37,77 $\pm$ 13,47 ^c	*** 2991
EP	1,63 $\pm$ 0,11 ^a	1,54 $\pm$ 0,08 ^a	1,43 $\pm$ 0,01 ^a	1,06 $\pm$ 0,12 ^b	0,71 $\pm$ 0,22 ^b	*** 2992
Produtividade (kg/ m ³)	2,73 $\pm$ 0,28 ^a	2,62 $\pm$ 0,14 ^a	2,10 $\pm$ 0,14 ^{ab}	1,51 $\pm$ 0,28 ^b	1,05 $\pm$ 0,25 ^c	*** 2993
TCE (% /dia)	4,99 $\pm$ 0,25	5,19 $\pm$ 0,09	5,39 $\pm$ 0,07	4,78 $\pm$ 0,32	5,28 $\pm$ 0,33	0,213 2994
FCR	1,53 $\pm$ 0,15 ^a	1,62 $\pm$ 0,12 ^{ab}	1,75 $\pm$ 0,04 ^b	2,34 $\pm$ 0,47 ^c	3,52 $\pm$ 0,95 ^c	0,004 2995
TRP (%)	25,32 $\pm$ 1,44 ^a	25,20 $\pm$ 1,24 ^a	23,41 $\pm$ 0,09 ^{ab}	19,53 $\pm$ 1,68 ^{bc}	14,37 $\pm$ 2,86 ^c	*** 2996

2996 EP- Eficiência proteica, TCE – Taxa de crescimento específico, FCR – Fator de conversão alimentar

2997 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos

2998 *** p-value < 0,001

2999 *3.3 Composição nutricional do bioflocos e camarões*

3000 Os dados bromatológicos dos animais e dos bioflocos estão presentes na Tabela
3001 4. Para os juvenis de *L. vannamei*, diferenças significativas ($p<0,05$) foram registradas
3002 entre os resultados de umidade, teores lipídicos e de cinzas. A maior umidade dos
3003 camarões foi registrada no tratamento 13 % EE, assim como o menor teor de cinzas
3004 ($p<0,05$). Os tratamentos 7,0 e 11 % EE apresentaram maior concentração de lipídios no
3005 tecido dos animais quando comparados com o tratamento 5,0 % EE. Além disso,
3006 diferenças significativas na composição dos bioflocos não foram observadas entre os
3007 tratamentos ($p>0,05$).

3008 *3.4 Análises bioquímicas*

3009 Os dados das análises da capacidade antioxidante total (ACAP) no músculo e
3010 hepatopâncreas estão expressas na Figura 2. O tratamento 9,0 % apresentou um maior
3011 valor de ACAP quando comparado aos demais tratamentos ($p<0,05$). A atividade
3012 antioxidante total do hepatopâncreas foi maior que as encontradas no musculo dos
3013 camarões. Além disso o tratamento 13 % prejudicou ACAP no hepatopâncreas O pH do
3014 músculo (Figura 3A) demonstrou uma tendência de aumentar ao longo do tempo de
3015 armazenamento ($p<0,05$) para todos os tratamentos. Diferenças entre os tratamentos não
3016 foram observadas para o músculo no tempo 0 ($p>0,05$), enquanto que para os músculos
3017 armazenados por 90 dias maiores valores de pH foram registrados nos tratamentos
3018 alimentados com rações de 9,0, 11 e 13 % EE de lipídeos. A oxidação lipídica (Figura
3019 3B) teve uma tendência de redução ao longo do tempo ($p<0,05$) para todos os tratamentos.
3020 Diferenças no TBARs foram registrados apenas para o tempo 0, com menores resultados
3021 no tratamento 7,0 % de lipídeos ($p<0,05$).

3022 **Tabela 4-** Efeito de diferentes níveis lipídicos na alimentação de *L. vannamei* durante cultivos superintensivos em sistema BFT na composição
 3023 centesimal (média ± desvio padrão) dos bioflocos e camarões.

Variáveis	População	Tratamentos					ANOVA
	inicial	5,0% EE	7,0% EE	9,0% EE	11% EE	13% EE	p-value
Camarões							
Umidade (%)	78,46	81,47±1,32 ^a	80,25±0,50 ^a	80,62±0,82 ^a	80,10±1,91 ^a	85,83±4,13 ^b	0,025
Proteína bruta (%)	9,49	13,74±0,58	14,36±0,51	13,90±0,32	14,30±1,34	13,66±3,19	0,087
Lipídeos (%)	1,16	1,12±0,14 ^b	1,44±0,20 ^a	1,17±0,18 ^{ab}	1,57±0,32 ^a	1,12±0,22 ^{ab}	***
Cinzas (%)	2,99	3,27±0,32 ^a	3,00±0,08 ^{ab}	3,22±0,28 ^a	3,19±0,25 ^a	2,31±0,83 ^b	0,005
Bioflocos							
Proteína bruta (%)	-	26,25±4,22	25,92±1,88	27,09±3,68	24,34±1,54	25,89±1,56	0,423
Lipídeos (%)	-	2,08±0,44	2,61±0,24	2,50±0,26	2,58±0,56	2,59±0,70	0,093
Cinzas (%)	-	52,26±2,12	51,46±3,26	48,69±2,12	51,74±3,26	47,77±4,22	0,152
Matéria seca (%)	-	92,55±0,33	92,89±2,02	94,63±2,21	94,62±2,42	92,55±1,49	0,365

3024 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) entre os tratamentos.

3025 *** p-value <0,001

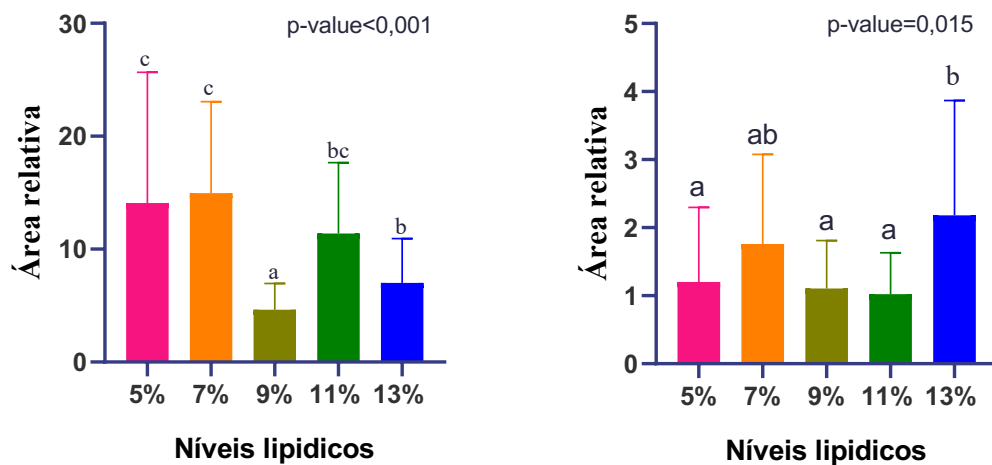
3026

3027

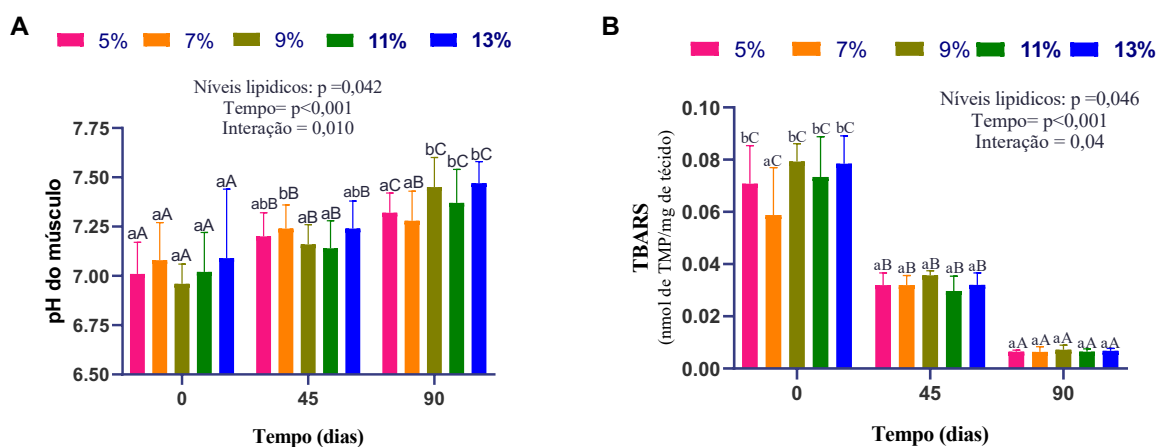
3028

3029

3030



3031 **Figura 2** - Influência dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de *Litopenaeus vannamei*
 3032 cultivados em sistemas intensivos de bioflocos nos valores de capacidade antioxidante
 3033 total contra radicais peróxil (expressa em área relativa) no músculo (2A) e hepatopâncreas
 3034 (2B)



3035 **Figura 3**- Influência dos diferentes níveis lipídicos nas dietas de *Litopenaeus vannamei*
 3036 cultivados em sistemas intensivos de bioflocos nos valores de pH (3A) e concentração de
 3037 substâncias reativas aos ácidos tiobarbitúricos- TBARs no músculo (3B) congelados ao
 3038 longo do tempo. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos
 3039 (p < 0,05) e Letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao longo do tempo.

4. Discussão

Os parâmetros de qualidade de água estiveram dentro dos níveis adequados para o cultivo de camarões em sistema BFT (Emerenciano et al. 2017). Apesar disso, a alcalinidade durante o experimento esteve levemente inferior ao sugerido por Furtado et al. (2015). Isso foi devido provavelmente à elevada densidade de estocagem no sistema. Ebeling et al. (2006) reportam que o processo de oxidação de 1,0 g de nitrogênio amoniacal consome 7,05 g de CaCO_3 , portanto em sistemas intensivos/superintensivos o maior aporte de ração e por consequência nitrogênio na água resulta em maior consumo da alcalinidade por parte da biomassa bacteriana. Apesar da diferença significativa encontrada no NAT entre os tratamentos 5,0 % e 11 % EE, os níveis estiveram abaixo do nível de segurança proposto por Frías-Espicueta et al. (2000).

Além de contribuir para o controle da qualidade de água, os bioflocos podem participar como uma fonte de alimento suplementar para juvenis de *L. vannamei* (Krummenauer et al. 2020). Diversos estudos demonstram que a formação e composição nutricional dos bioflocos podem ser afetadas por diferentes fatores, envolvendo principalmente o manejo de cultivo tais como relação carbono: nitrogênio, fontes de carboidrato, exposição a luz e fotoperíodo (Reis et al. 2019; Khoa et al. 2020; Huang et al. 2022; Khanjani and Sharifinia 2022) ou relacionadas a alterações na qualidade e quantidade da alimentação fornecidas aos organismos aquáticos (Hamidoghli et al. 2019; Wasielesky et al. 2020; Mansour et al. 2022), principalmente em termos de diferentes níveis proteicos nas dietas. Entretanto, a quantidade de lipídeos presentes nas dietas não alterou a composição nutricional dos bioflocos, corroborando com o encontrado por Toledo et al. (2014).

3063 Apesar da não diferença do peso médio final dos animais, a sobrevivência foi
3064 afetada bruscamente pelo aumento dos níveis lipídicos nas dietas, assim como o
3065 encontrado por Toledo et al. (2014) para juvenis de *L. vannamei* (2,87 g) cultivados em
3066 sistema de bioflocos (250 camarões/m²), os quais observaram mortalidades em camarões
3067 alimentados com níveis superiores a 8,5 % de lipídeos nas dietas. Mortalidades, geram
3068 por consequência uma diminuição das densidades de estocagem, o que permite que os
3069 animais sobreviventes tenham mais espaço para crescimento, corroborando com o
3070 encontrado por estudos anteriores (Wasielesky et al. 2013; da Silveira et al. 2022). Estes
3071 resultados somados com os maiores valores de FCR reportados principalmente nos
3072 tratamentos 11 % EE e 13 % EE, são fortes indicativos de um desbalanço na relação de
3073 proteína: energia das dietas. Yun et al. (2016) encontraram que há redução do
3074 aproveitamento das dietas quando a relação proteína: energia bruta é inferior a 2,0 g de
3075 proteína/kJ de energia bruta, corroborando com o encontrado no presente estudo, onde os
3076 melhores aproveitamentos das dietas foram observados nos tratamentos alimentados com
3077 até 9% de lipídeos. No presente estudo, a partir das produtividades alcançadas pode-se
3078 concluir que os níveis de lipídicos nas dietas não devam ser superiores a 9,0 % EE, os
3079 resultados de regressão quadrática mostram que os níveis lipídicos nas dietas indicados
3080 estejam entre 5,0 e 7,0 %.

3081 O uso de diferentes níveis lipídicos nas dietas além de fornecer energia e nutriente
3082 para os organismos cultivados, são uma fonte de ácidos graxos (AG) que tem mostrado
3083 propriedades quimioprotetoras contra espécies reativas do oxigênio (ROS) (López-Saiz
3084 et al. 2013) além disso podem estimular o sistema imune inato dos camarões (Ebadi et al.
3085 2021). No presente estudo, a capacidade antioxidante total foi mais intensa no
3086 hepatopâncreas (menor área relativa) quando comparado aos músculos, essa tendência

3087 pode ser observada também por Colombo et al. (2023). Isto pode estar relacionado com
3088 ao consumo de bioflocos pelos camarões (da Silva Martins et al. 2015) os bioflocos
3089 podem servir como fontes de antioxidantes aos organismos cultivados (Cardona et al.
3090 2015; Zhao et al. 2016; Panigrahi et al. 2020). No hepatopâncreas o decréscimo da ACAP,
3091 no tratamento de 13%, pode ser um indicativo da diminuição do sistema antioxidante dos
3092 animais, como reportado também por Zhang et al. (2013), os quais reportaram a
3093 diminuição da atividade enzimática da superperóxido dismutase (SOD), outro parâmetro
3094 do sistema imune dos camarões.

3095 O pH no músculo dos camarões foi afetado com a passagem do tempo de
3096 armazenamento, seguindo a tendência crescente, este fato pode estar diretamente
3097 correlacionado com o acúmulo de compostos alcalinos produzidos pela atividade
3098 enzimática de bactérias (principalmente bases nitrogenadas voláteis) que contribuem para
3099 deterioração do pescado (López-Caballero et al. 2007; Mu et al. 2012). A faixa de pH do
3100 músculo nos camarões frescos (0 dias), variou entre 6,96 e 7,09 estando de acordo com o
3101 encontrado na literatura para *L. vannamei* e outras espécies de camarões (Arancibia et al.
3102 2015; Pan et al. 2019). Além disso, durante os 90 dias, os valores de pH foram inferiores
3103 a 7,7, estando assim dentro da classificação de boa qualidade (Huang et al. 2012; Sun et
3104 al. 2014; Arancibia et al. 2015; Pan et al. 2019) e em níveis inferiores ao máximo
3105 permitido pela legislação brasileira (7,85). Apesar disto, as maiores concentrações de pH
3106 ao final dos 90 dias foram diretamente correlacionadas aos maiores teores de lipídeos nas
3107 dietas e nos camarões. Estes podem ser indicativos que níveis mais elevados de lipídeos
3108 podem prejudicar no tempo máximo de armazenamento de camarões congelados.

3109 No presente estudo, a oxidação lipídica no músculo dos camarões congelados
3110 sofreu uma redução ao longo do tempo. Esta tendência pode ser observada para outros

3111 pescados e subprodutos de pescados armazenados congelados (Shi et al. 2017), de acordo
3112 com Teimouri et al. (2013) o filé de peixes congelados tende a ter uma diminuição nos
3113 antioxidantes acumulados em músculo a partir do segundo mês de congelamento o que é
3114 uma consequência do contato com oxigênio e luz, o presente trabalho demonstra que
3115 quanto menor temperatura de armazenagem do pescado menor é o processo oxidante dos
3116 alimentos, informação corroborada por Pan et al. (2019), além disso alguns autores
3117 reportam perdas nas concentrações de carotenoides em pescados congelados,
3118 contribuindo para uma menor peroxidação lipídica (No e Storebakker, 1991). Diferente
3119 do proposto por Soyer et al. (2010) os maiores teores de lipídeos nos camarões não
3120 parecem ter afetado na oxidação sofrida no músculo, talvez por relação dos camarões
3121 apresentarem menor níveis lipídicos do que aqueles utilizados no estudo (filés de frango).

3122 **5. Conclusões**

3123 O uso de dietas com 5,0 e 7,0 % de lipídeos, proporcionaram melhores taxas de
3124 sobrevivência e desempenho zootécnico de camarões cultivados em sistemas intensivos
3125 de bioflocos, com máxima produtividade utilizando 5,8 % EE. O desbalanço na relação
3126 proteína: energia, observados nas dietas 9, 11 e 13% EE, afetou diretamente o
3127 aproveitamento das dietas e retenção de nutrientes pelos animais. A qualidade e
3128 conservação do músculo foi afetada pelo tempo de armazenamento e níveis lipídicos das
3129 dietas.

3130 **6. Agradecimentos**

3131 Os autores gostariam de agradecer a Empresa Guabi Nutrição e Saúde Animal
3132 S.A., na figura de João Manoel Cordeiro Alves, pelo fornecimento da farinha de peixe
3133 utilizada no processo de fabricação das dietas experimentais.

3134 **7. Referências**

3135 Amado LL, Garcia ML, Ramos PB, et al (2009) A method to measure total antioxidant
3136 capacity against peroxy radicals in aquatic organisms: Application to evaluate

3137 microcystins toxicity. Sci Total Environ 407:2115–2123.
 3138 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.038>

3139 Aminot A, Chaussepied M (1983) Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
 3140 Centre National pour l'exploitation des océans, França

3141 Arancibia MY, López-Caballero ME, Gómez-Guillén MC, Montero P (2015) Chitosan
 3142 coatings enriched with active shrimp waste for shrimp preservation. Food Control
 3143 54:259–266. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.004>

3144 Association APH (2007) Official Methods of Analysis, 18th edn. Association of Official
 3145 Analytical chemists, Gaithersburg

3146 Barzamini M, Harsij M, Adineh H, Jafaryan H (2021) The effect of biofloc-supplemented
 3147 diets on the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Analysis of water quality,
 3148 growth performance, and biochemical composition. Iran J Aquat Anim Heal 7:30–
 3149 43. <https://doi.org/10.52547/ijaah.7.2.30>

3150 Cardona E, Saulnier D, Lorgeoux B, et al (2015) Rearing effect of biofloc on antioxidant
 3151 and antimicrobial transcriptional response in *Litopenaeus stylirostris* shrimp facing
 3152 an experimental sub-lethal hydrogen peroxide stress. Fish Shellfish Immunol
 3153 45:933–939. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.041>

3154 Chanmugam P, Donovan J, Wheeler CJ, Hwang DH (1983) Differences in the lipid
 3155 composition of fresh water prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and marine shrimp.
 3156 J Food Sci 48:1440–1441. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb03511.x>

3157 Chen K, Li E, Gan L, et al (2014) Growth and lipid metabolism of the pacific white
 3158 shrimp *Litopenaeus vannamei* at different salinities. J Shellfish Res 33:825–832.
 3159 <https://doi.org/10.2983/035.033.0317>

3160 Cho CY, Kaushik SJ (1990) Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization

3161 in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). World Rev Nutr Diet 61:132–172.
 3162 <https://doi.org/10.1159/000417529>

3163 Colombo GM, dos Santos Simião C, Ramírez JRB, et al (2023) Bioflocs enriched with
 3164 lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) improved the survival and weight gain of
 3165 *Litopenaeus vannamei* post-larvae cultivated in the BFT system. Aquaculture
 3166 566:739230. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739230](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739230)

3167 Dantas EM, Valle BCS, Brito CMS, et al (2016) Partial replacement of fishmeal with
 3168 biofloc meal in the diet of postlarvae of the Pacific white shrimp *Litopenaeus*
 3169 *vannamei*. Aquac Nutr 22:335–342. <https://doi.org/10.1111/anu.12249>

3170 Ebadi H, Zakeri M, Mousavi SM, et al (2021) The interaction effects of dietary lipid,
 3171 vitamin E and vitamin C on growth performance, feed utilization, muscle proximate
 3172 composition and antioxidant enzyme activity of white leg shrimp (*Litopenaeus*
 3173 *vannamei*). Aquac Res 52:2048–2060. <https://doi.org/10.1111/are.15056>

3174 Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ (2006) Engineering analysis of the stoichiometry
 3175 of photoautotrophic , autotrophic , and heterotrophic removal of ammonia – nitrogen
 3176 in aquaculture systems. Aquacultural 257:346–358.
 3177 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>

3178 Ekasari J, Suprayudi MA, Elas P, Senja RK (2019) The digestibility of biofloc meal from
 3179 African catfish culture medium as a feed raw material for Pacific white shrimp. J
 3180 Akuakultur Indones 18:1–8. <https://doi.org/10.19027/jai.18.1.1-8>

3181 Emerenciano MGC, Martínez-Córdova LR, Martínez-Porchas M, Miranda Baeza A
 3182 (2017) Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in
 3183 Aquaculture

3184 Emerenciano MGC, Rombenso AN, Vieira F d. ., et al (2022) Intensification of penaeid

3185 shrimp culture: An applied review of advances in production systems, nutrition and
 3186 breeding. *Animals* 12:39. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

3187 FAO (2022) The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue
 3188 transformation. FAO, Rome

3189 Fleckenstein LJ, Kring NA, Tierney TW, et al (2020) The effects of artificial substrate
 3190 and stocking density on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance
 3191 and water quality dynamics in high tunnel-based biofloc systems. *Aquac Eng*
 3192 90:102093. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102093>

3193 Frías-Espericueta MG, Harfush-Melendez M, Páez-Osuna F (2000) Effects of ammonia
 3194 on mortality and feeding of postlarvae shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Bull Environ*
 3195 *Contam Toxicol* 65:98–103. <https://doi.org/10.1007/s001280000100>

3196 Furtado S, Poersch LH, Wasielesky W (2015) The effect of different alkalinity levels on
 3197 *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquac Int* 23:345–
 3198 358. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>

3199 Gallagher EP, Canada AT, Di Giulio RT (1992) The protective role of glutathione in
 3200 chlorothalonil-induced toxicity to channel catfish. *Aquat Toxicol* 23:155–168.
 3201 [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(92\)90049-S](https://doi.org/10.1016/0166-445X(92)90049-S)

3202 Hamidoghli A, Won S, Aya FA, et al (2019) Dietary lipid requirement of whiteleg shrimp
 3203 *Litopenaeus vannamei* juveniles cultured in biofloc system. *Aquac Nutr* 26:603–
 3204 612. <https://doi.org/10.1111/anu.13021>

3205 Huang HH, Liao HM, Lei YJ, Yang PH (2022) Effects of different carbon sources on
 3206 growth performance of *Litopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc
 3207 system in low salinity. *Aquaculture* 546:737239.
 3208 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737239>

3209 Huang J, Chen Q, Qiu M, Li S (2012) Chitosan-based edible coatings for quality
 3210 preservation of postharvest whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). J Food Sci
 3211 77:491–496. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02651.x>

3212 Jatobá A, Corrêa B, Souza J, et al (2014) Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-
 3213 intensive and biofloc systems. Aquaculture 432:365–371.
 3214 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.005>

3215 Joffre OM, Klerkx L, Khoa TND (2018) Aquaculture innovation system analysis of
 3216 transition to sustainable intensification in shrimp farming. Agron Sustain Dev 38:.
 3217 <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0511-9>

3218 Jory DE, Cabrera TR, Dugger DM, et al (2001) a Global Review of Shrimp Feed
 3219 Management : Status and Perspectives. Aquaculture 104–152

3220 Khanjani MH, Sharifinia M (2022) Biofloc technology with addition molasses as carbon
 3221 sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the effects of
 3222 different C/N ratios. Aquac Int 30:383–397. [https://doi.org/10.1007/s10499-021-](https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5)
 3223 [00803-5](https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5)

3224 Khoa TND, Tao CT, Van Khanh L, Hai TN (2020) Super-intensive culture of white leg
 3225 shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in outdoor biofloc systems with different sunlight
 3226 exposure levels: Emphasis on commercial applications. Aquaculture 524:735277.
 3227 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735277>

3228 Kim SK, Guo Q, Jang IK (2015) Effect of biofloc on the survival and growth of the
 3229 postlarvae of three penaeids (*Litopenaeus vannamei*, *Fenneropenaeus chinensis*, and
 3230 *Marsupenaeus japonicus*) and their biofloc feeding efficiencies, as related to the
 3231 morphological structure of the third ma. J Crustac Biol 35:41–50.
 3232 <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002304>

- 3233 Krummenauer D, Abreu PC, Poersch L, et al (2020) The relationship between shrimp
3234 (*Litopenaeus vannamei*) size and biofloc consumption determined by the stable
3235 isotope technique. Aquaculture 529:735635.
3236 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735635>
- 3237 Krummenauer D, Peixoto S, Cavalli RO, et al (2011) Superintensive culture of white
3238 shrimp, *L. vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different
3239 stocking densities. J World Aquac Soc 42:726–733. [https://doi.org/10.1111/j.1749-](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x)
3240 [7345.2011.00507.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x)
- 3241 Krummenauer D, Seifert Júnior CA, Poersch LH, et al (2012) Cultivo De Camarões
3242 Marinhos Em Sistema De Bioflocos: Análise Da Reutilização Da Água. Atlântica
3243 34:103–111. <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.2.103>
- 3244 Lara G, Hostins B, Bezerra A, et al (2017) The effects of different feeding rates and re-
3245 feeding of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc culture system. Aquac Eng 77:20–26.
3246 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.02.003>
- 3247 Li E, Wang X, Chen K, et al (2015) Physiological change and nutritional requirement of
3248 Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. Rev Aquac 7:1–19.
3249 <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- 3250 Lin YC, Chen JC, Chen YY, et al (2015) Crowding of white shrimp *Litopenaeus*
3251 *vananmei* depresses their immunity to and resistance against *Vibrio alginolyticus*
3252 and white spot syndrome virus. Fish Shellfish Immunol 45:104–111.
3253 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.02.012>
- 3254 Liu G, Zhu S, Liu D, et al (2017) Effects of stocking density of the white shrimp
3255 *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and resistance
3256 against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. Fish Shellfish Immunol 67:19–26.

3257 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.038>

3258 López-Caballero ME, Martínez-Alvarez O, Gómez-Guillén MDC, Montero P (2007)

3259 Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with

3260 melanosis-inhibiting formulations during chilled storage. Int J Food Sci Technol

3261 42:1029–1038. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01328.x>

3262 López-Saiz CM, Suárez-Jiménez GM, Plascencia-Jatomea M, Burgos-Hernández A

3263 (2013) Shrimp lipids: A source of cancer chemopreventive compounds. Mar Drugs

3264 11:3926–3950. <https://doi.org/10.3390/md11103926>

3265 Mansour AT, Ashry OA, Ashour M, et al (2022) The optimization of dietary protein level

3266 and carbon sources on biofloc nutritive values , bacterial abundance , and growth

3267 performances of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juveniles. Life 12:888.

3268 Mu H, Chen H, Fang X, et al (2012) Effect of cinnamaldehyde on melanosis and spoilage

3269 of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. J Sci Food Agric

3270 92:2177–2182. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5605>

3271 No HK, Storebakken T (1991) Color stability of rainbow trout fillets during frozen

3272 storage. J. Food Sci. 56(4):969-972.

3273 Oakes KD, Van Der Kraak GJ (2003) Utility of the TBARS assay in detecting oxidative

3274 stress in white sucker (*Catostomus commersoni*) populations exposed to pulp mill

3275 effluent. Aquat Toxicol 63:447–463. [https://doi.org/10.1016/S0166-](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00204-7)

3276 [445X\(02\)00204-7](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00204-7)

3277 Oliva-Teles A (2012) Nutrition and health of aquaculture fish. J Fish Dis 35:83–108.

3278 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01333.x>

3279 Pan C, Chen S, Hao S, Yang X (2019) Effect of low-temperature preservation on quality

3280 changes in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: a review. J Sci Food Agric

99:6121–6128. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9905>

Panigrahi A, Sivakumar MR, Sundaram M, et al (2020) Comparative study on phenoloxidase activity of biofloc-reared pacific white shrimp *Penaeus vannamei* and Indian white shrimp *Penaeus indicus* on graded protein diet. Aquaculture 518:734654. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734654>

Peixoto S, Silva E, Costa CB, et al (2017) Effect of feeding frequency on growth and enzymatic activity of *Litopenaeus vannamei* during nursery phase in biofloc system. Aquac Nutr 24:579–585. <https://doi.org/10.1111/anu.12591>

Prates E, Holanda M, Pedrosa VF, et al (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 562:. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738821>

Reis WG, Wasielesky W, Abreu PC, et al (2019) Rearing of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in BFT system with different photoperiods: Effects on the microbial community, water quality and zootechnical performance. Aquaculture 508:19–29. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.067>

Silva Martins AC, Artigas Flores J, Porto C, et al (2015) Antioxidant and oxidative damage responses in different organs of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) reared in a biofloc technology system. Mar Freshw Behav Physiol 48:279–288. <https://doi.org/10.1080/10236244.2015.1041240>

Silveira LGP, Rosas VT, Krummenauer D, et al (2022) Establishing the most productive stocking densities for each stage of a multi-phase shrimp culture in BFT system. Aquac Int 30:1889–1903. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00879-7>

Shi J, Zhang L, Lu H, et al (2017) Protein and lipid changes of mud shrimp (*Solenocera*

3305 *melanthero*) during frozen storage: chemical properties and their prediction. Int J Food
3306 Prop 20:2043–2056. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1361973>

3307 Sokolova IM, Frederich M, Bagwe R, et al (2012) Energy homeostasis as an integrative
3308 tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates.
3309 Mar Environ Res 79:1–15. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.04.003>

3310 Soyer A, Özalp B, Dalmiş Ü, Bilgin V (2010) Effects of freezing temperature and
3311 duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. Food
3312 Chem 120:1025–1030. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.042>

3313 Sun H, LH, Yuan G, Fang X (2014) Effect of grape seed extracts on the melanosis and
3314 quality of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. Food
3315 Sci Technol Res 20:671–677. <https://doi.org/10.3136/fstr.20.671>

3316 Teimouri, M, Amirkolae, AK, Yeganeh,S (2013) the effects of dietary supplement of
3317 *Spirulina platensis* on blood carotenoid concentration and fillet color stability in
3318 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 414: 224-228.

3319 Toledo TM, Silva BC, Vieira, FN, et al (2014) Effects of different dietary lipid levels and
3320 fatty acids profile in the culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in
3321 biofloc technology: Water quality, biofloc composition, growth and health. Aquac
3322 Res 47:1841–1851. <https://doi.org/10.1111/are.12642>

3323 Tong R, Chen W, Pan L, Zhang K (2020) Effects of feeding level and C/N ratio on water
3324 quality, growth performance, immune and antioxidant status of *Litopenaeus*
3325 *vannamei* in zero –water exchange bioflocs-based outdoor soil culture ponds. Fish
3326 Shellfish Immunol 101:126–134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.051>

3327 UNESCO (1983) Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
3328 Intergovernmental Oceanographic Commission

- 3329 Valle BCS, Dantas EM, Silva JFX, et al (2015) Replacement of fishmeal by fish protein
3330 hydrolysate and biofloc in the diets of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. Aquac Nutr
3331 21:105–112. <https://doi.org/10.1111/anu.12149>
- 3332 Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL (2006) Effect of natural production in
3333 a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for
3334 white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258:396–403.
3335 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>
- 3336 Wasielesky W, Bezerra A, Poersch L, et al (2020) Effect of feeding frequency on the
3337 white shrimp *Litopenaeus vannamei* during the pilot-scale nursery phase of a
3338 superintensive culture in a biofloc system. J World Aquac Soc 51:1175–1191.
3339 <https://doi.org/10.1111/jwas.12694>
- 3340 Wasielesky W, Froes C, Fóes G, et al (2013) Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in
3341 a biofloc system: The effect of stocking densities and compensatory growth. J
3342 Shellfish Res 32:799–806. <https://doi.org/10.2983/035.032.0323>
- 3343 Yun H, Shahkar E, Katya K, et al (2016) Effects of bioflocs on dietary protein
3344 requirement in juvenile whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquac Res
3345 47:3203–3214. <https://doi.org/10.1111/are.12772>
- 3346 Zar JH (2010) Biostatistical Analysis. Prentice Hall
- 3347 Zhang S peng, Li J feng, Wu X chun, et al (2013) Effects of different dietary lipid level
3348 on the growth, survival and immune-relating genes expression in Pacific white
3349 shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish Shellfish Immunol 34:1131–1138.
3350 <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.01.016>
- 3351 Zhao D, Pan L, Huang F, et al (2016) Effects of different carbon sources on bioactive
3352 compound production of biofloc, immune response, antioxidant level, and growth

- 3353 performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange culture tanks. J
3354 World Aquac Soc 47:566–576. <https://doi.org/10.1111/jwas.12292>

3355 **Considerações gerais**

3356 De acordo com os resultados obtidos na presente tese, é possível afirmar que o
3357 uso de dietas específicas para condições de cultivo superintensivos em bioflocos, durante
3358 as fases de berçário e engorda, podem contribuir para melhorar a qualidade de água,
3359 desempenho zootécnico bem como reduzir os custos com alimentação. As variáveis de
3360 qualidade de água durante o berçário e engorda dos camarões cultivados em sistemas
3361 superintensivos de bioflocos são pouco influenciadas pelas dietas utilizadas,
3362 principalmente devido ao uso adequado do inóculo de bioflocos. Entretanto, a
3363 composição nutricional dos bioflocos foram alteradas de acordo com as dietas
3364 empregadas, principalmente em termos proteicos e lipídicos.

3365 A presença de bioflocos no cultivo de camarões em sistemas superintensivos se
3366 demonstrou eficiente na redução da exigência proteica dos animais em até 32 % de
3367 proteína bruta (PB) durante o berçário (Capítulo 1) e 36 % de PB durante a engorda
3368 (Capítulo III), contrapondo a ideia de que fases iniciais possuem maior exigência
3369 proteicas que fases finais. Entretanto, ressalta-se que as densidades de estocagem durante
3370 o cultivo berçário foi superior (~8x) às empregadas durante engorda, o efeito da
3371 competição intraespecífica e tempo de cultivo podem influenciar nesses resultados. Além
3372 disso, as reduções dos níveis proteicos permitem um ganho ambiental principalmente na
3373 redução do uso de ingredientes como a farinha de peixe.

3374 Por outro lado, o fornecimento de dietas altamente energéticas, através do
3375 aumento do teor lipídicos, se demonstrou prejudicial a sobrevivência e desempenho dos
3376 animais cultivados em sistemas superintensivos, tendo limite máximo de 9,0 % e 7,0 %,
3377 para as fases de berçário e engorda, respectivamente (Capítulos II e IV). Relações de
3378 proteína e energia bruta inferiores a 2,0 g/kJ se demonstraram prejudiciais ao
3379 aproveitamento das dietas e retenções nutrientes. Influenciando também no aumento dos
3380 custos com alimentação nestes tratamentos.

3381 Os resultados presentes na tese, mostram que a composição nutricional dos
3382 animais é significativamente afetada pela composição das dietas. O aumento dos níveis
3383 proteicos nas dietas a níveis superiores a 36 %, mostram uma correlação positiva com o
3384 incremento do teor proteico nos camarões (Capítulo III). O teor de lipídico dos animais
3385 foi diretamente proporcional aos das rações (Capítulo IV). De maneira geral, a presença

3386 de bioflocos permitiu equilibrar os efeitos das diferentes dietas sobre ACAP e TBARS,
3387 principalmente nas fases de berçário (Capítulos I e II).

3388 **Perspectivas futuras**

3389 A nutrição tem um papel fundamental para otimizar o cultivo de animais em
3390 sistemas superintensivos de bioflocos, entretanto é necessário compreender melhor as
3391 interações relacionadas as relações proteína e energia das dietas com as diferentes
3392 densidades de estocagem, duração e fases de cultivos. Além disso abordar diferentes
3393 aspectos do sistema imune metabólicos dos animais em sistemas superintensivos podem
3394 auxiliar na determinação adequada das dietas. Além disso, estudos com diferentes
3395 estratégias de manejo alimentar podem ser empregados.

3396 O presente estudo, apresenta resultados preliminares (centrados nos custos com
3397 alimentação) em relação aos custos produtivos e o uso de diferentes dietas no cultivo de
3398 camarões marinhos em sistemas superintensivos. Abordagem mais detalhadas devem ser
3399 empregadas visando a otimização e viabilização destes cultivos para as diferentes fases
3400 de vida do *Litopenaeus vannamei*.

Anexos



Figura 1 – Unidades experimentais



Figura 2 – Coleta de material biológico para análises bioquímicas



Figura 3 – Pesagem e preparação das amostras