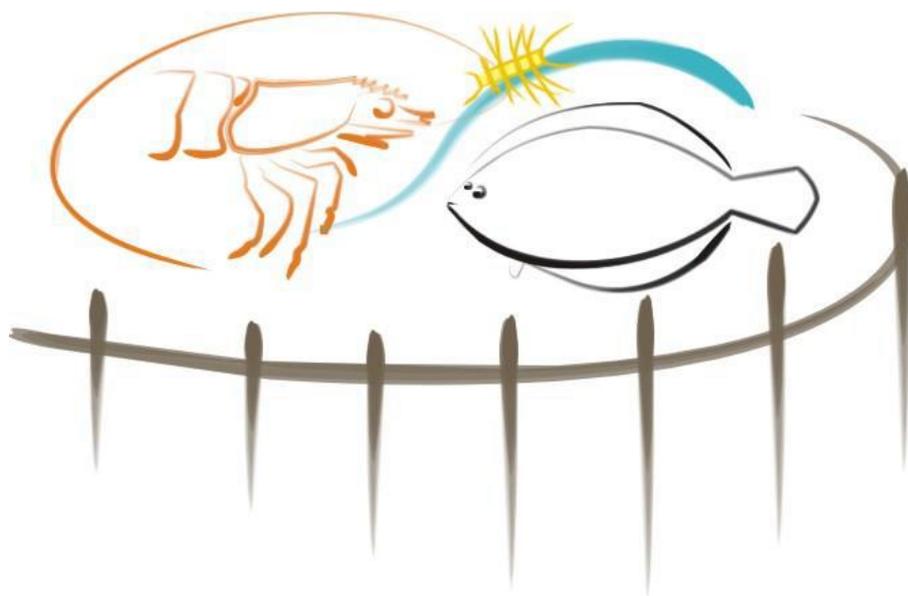




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE-FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE PEIXE ANÁLOGA NA DIETA DO
CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Gabriel Barboza dos Santos

Rio Grande/RS

Julho de 2015

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

**UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE PEIXE ANÁLOGA NA ENGORDA DO
CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Gabriel Barboza dos Santos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr

Co-orientador: Dr. Geraldo Kipper Fóes

Rio Grande/RS – Brasil

Julho de 2015

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Carcinocultura e sistema de bioflocos	1
1.2. Farinha de peixe	2
1.3. Farinha de peixe análoga	4
2. OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo geral	6
2.2. Objetivos específicos	6
3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	7
3.1. Local	7
3.2. Origem dos animais	7
3.3. Origem da ração	7
3.4. Formação dos bioflocos	9
3.5. Desempenho zootécnico	10
3.6. Análise estatística	10
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
5. CAPÍTULO 1 – Utilização da farinha de peixe análoga na dieta do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> em fase de engorda intensiva em sistema de bioflocos	16
5.1. INTRODUÇÃO	16
5.2. OBJETIVOS	17
5.2.1. Objetivo Geral	17
5.2.2. Objetivos específicos	17
5.3. MATERIAL E MÉTODOS	18
5.3.1. Delineamento experimental	18
5.3.2. Variáveis físico-químicas da água	18
5.4. RESULTADOS	19
5.4.1. Variáveis físico-químicas da água	19

5.4.2. Desempenho zootécnico	25
5.5. DISCUSSÃO	27
5.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
6. CAPÍTULO 2 – Utilização da farinha de peixe análoga na dieta do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> em engorda superintensiva em <i>raceways</i> com sistema de bioflocos	35
6.1. INTRODUÇÃO	35
6.2. OBJETIVOS	36
6.2.1. Objetivo geral	36
6.2.2. Objetivos específicos	36
6.3. MATERIAL E MÉTODOS	37
6.3.1. Delineamento experimental	37
6.3.2. Variáveis físico-químicas da água	38
6.4. RESULTADOS	39
6.4.1. Variáveis físico-químicas da água	39
6.4.2. Desempenho zootécnico	44
6.5. DISCUSSÃO	45
6.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
7. DISCUSSÃO GERAL	54
8. CONCLUSÕES	58
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

DEDICATÓRIA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

Dedico este trabalho à minha família, raiz que me sustenta, e ao Povo Trabalhador, que pagou minha educação com seu suor sagrado.

“O mar não é um obstáculo; é um caminho”

Amyr Klink

AGRADECIMENTOS

33

34

35 Agradeço ao Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr. pelas orientações deste trabalho, e
36 ao Mano pelos incentivos e pelas críticas construtivas que me mantiveram com os pés
37 no chão ao longo deste processo.

38 Agradeço ao Dr. Geraldo Fóes pela co-orientação e pela dedicação neste
39 trabalho e ao Seu Hermes, Euclides, Joaquin e especialmente ao Júlio Zemor por toda a
40 ajuda que me deram e energia que despenderam no experimento de viveiros e em
41 muitas outras situações.

42 Agradeço ao Dr. Dariano Krummenauer pelos conselhos e ajuda, e em especial a
43 Aline e ao André por toda a ajuda não só no experimento da GHIII, mas também em
44 incontáveis ocasiões ao longo deste mestrado.

45 Agradeço ao João Manoel e à Guabi Nutrição Animal pela formulação,
46 fabricação e doação da ração, principal ingrediente deste trabalho.

47 Agradeço aos meus irmãos de coração Gohan, Laís, Lucas Pacheco e Marco
48 Adriano pela amizade que me mantém são (ou não) no dia a dia do extremo sul.

49 Agradeço aos meus amigos e companheiros de trabalho Aline, Julio, Gabi,
50 Joaquin, João, Bárbara e André por tornarem o local de trabalho uma segunda casa.
51 Vocês deram cores a este trabalho.

52 Agradeço a Bianca que caminhou ao meu lado durante quase todo o processo me
53 dando forças para continuar.

54 Agradeço aos professores do PPG-Aquicultura da FURG que de uma forma
55 direta ou indireta contribuíram com este trabalho.

56 Agradeço a toda equipe do Projeto Camarão pela força e a todo o pessoal da
57 EMA-FURG, em especial ao Sandro, Diango e Anderson que estão sempre dispostos a
58 ajudar no que for preciso.

59 Agradeço a CAPES pelo auxílio financeiro.

60

61 Por fim agradeço muito a minha mãe Valéria, meu pai-drasto Zé Mário, meus
62 tios Marco e Donna e aos meus avôs Nelson e Edna, mas não consigo traduzir em
63 palavras todos os motivos.

64

65 **RESUMO**

66 A produção de camarões marinhos em cativeiro no Brasil e no mundo depende mais
67 do que nunca do aprimoramento das técnicas de manejo e dos insumos utilizados, a fim
68 de garantir maior produtividade da forma mais sustentável possível. O sistema de
69 bioflocos (Biofloc Technology System – BFT) já é uma alternativa viável ao sistema
70 convencional, uma vez que garante maior produtividade sem aumento de áreas e com
71 consumo significativamente menor de água, além da minimização dos impactos
72 ambientais e maior biossegurança do cultivo. Entretanto ainda existem alguns gargalos
73 para o pleno desenvolvimento sustentável da atividade, dentre eles a utilização de
74 farinha de peixe como principal fonte protéica das rações utilizadas. A estagnação dos
75 estoques pesqueiros causa flutuação da oferta e conseqüente aumento do preço deste
76 produto. Além disso, a utilização de pescado para fins não humanos e sua baixa
77 eficiência trófica na produção de espécies carnívoras e onívoras é alvo de duras críticas.
78 Assim, muitos esforços têm sido empregados nas últimas décadas para driblar a
79 dependência deste ingrediente na aquicultura. No presente estudo foi testada a utilização
80 de uma farinha de peixe análoga (FPA), fabricada com diversos ingredientes oriundos
81 de subprodutos da indústria animal terrestre, na produção comercial de *Litopenaeus*
82 *vannamei* em sistema BFT. Três tratamentos (0 %, 50 % e 100 % de substituição da
83 farinha de peixe por FPA) com três réplicas cada, foram confrontados em dois
84 experimentos: (1) engorda intensiva em nove viveiros de 600 m², onde os juvenis de *L.*
85 *vannamei* foram engordados de 2,0 - 10,0 g durante nove semanas, numa densidade
86 inicial de 120 camarões/m²; e (2) engorda superintensiva em nove *raceways* cobertos
87 por estufa, onde camarões foram engordados de 9,0 – 18,0 g durante 11 semanas, em
88 uma densidade de estocagem inicial de 220 camarões/m². Em ambos os experimentos
89 não foram observadas diferenças significativas entre os três tratamentos, tanto para os
90 parâmetros de qualidade da água monitorados, quanto para os índices de desempenho
91 zootécnico testados. Assim, no presente estudo foi concluído que a farinha de peixe
92 análoga é um ingrediente viável à produção comercial de *Litopenaeus vannamei*, e que
93 a mesma pode substituir em até 100 % o uso da farinha de peixe na produção desta
94 espécie sem prejuízos ao produtor.

95 **Palavras chave:** *Litopenaeus vannamei*, bioflocos, substituição, farinha de peixe,
96 farinha de peixe análoga.

97 **ABSTRACT**

98 The production of marine shrimp in captivity in Brazil and worldwide, depends
99 more than ever of management techniques improvement as well as of inputs used in
100 order to ensure greater productivity in the most sustainable way as possible. Biofloc
101 Technology System (BFT system) is already a viable alternative to the conventional
102 system, since it ensures higher productivity with no increase in land utilization with
103 significantly lower water consumption, in addition of minimal environmental impacts
104 and greater biosecurity. However there are still some challenges to achieve a full
105 sustainable development shrimp culture, including the use of fish meal as the main
106 protein source of shrimp feed. Stagnation of natural fish stocks fluctuates fishmeal
107 supply and consequently increases its market value. Furthermore, the use of fish for
108 nonhuman purposes and its trophic inefficiency to produce carnivorous and omnivorous
109 aquatic species is a target of harsh critics worldwide. Many efforts have been made in
110 recent decades to circumvent the dependence of fishmeal in aquaculture. The present
111 study tested the use of a fishmeal analog (FMA), made with various ingredients
112 originating from terrestrial animal industry byproducts, in a commercial production of
113 *Litopenaeus vannamei* in BFT system. Three treatments (0, 50 and 100% replacement
114 of fishmeal by FMA) with three replicates each, were confronted in two experiments:
115 (1) intensive grow out in nine of 600 m², where *L. vannamei* juveniles were grown from
116 2.0 to 10.0 g during a 9 weeks period, at an initial stocking density of 120 shrimps / m²;
117 and (2) superintensive grow out in nine raceways in a greenhouse enclosed, where
118 shrimps were grown from 9.0 to 18.0 g during a 11 weeks period at an initial stocking
119 density of 220 shrimps / m². No significant differences were observed in both
120 experiments between the three treatments, for water quality parameters monitored, as
121 well for growth performance. Thus, the present study confirms that fishmeal analog is a
122 viable ingredient for commercial production of *Litopenaeus vannamei*, and can replace
123 up to 100% of fishmeal without any damage to the producer.

124

125

126

127

128 **Keywords:** *Litopenaeus vannamei*, biofloc, replacement, fishmeal, fishmeal analog.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Carcinocultura e Sistema de Bioflocos

A produção aquícola vem crescendo neste início de século, representando 42 % da produção mundial de pescado e estima-se que, no ano de 2030, este índice alcançará 65 % da produção mundial (Welch *et al.*, 2010). Com os estoques pesqueiros estáveis há algumas décadas e sem perspectivas de alterações neste quadro, a aquicultura vem se mostrando como uma alternativa altamente viável no suprimento da crescente demanda por pescado e na manutenção da estabilidade dos estoques naturais. Neste cenário, a produção aquícola de crustáceos chega a aproximadamente 10 % do total do pescado cultivado (FAO, 2012), sendo que os camarões peneídeos, tais como *Litopenaeus vannamei* e *Penaeus monodon*, representam uma das principais *commodities* no mercado mundial de pescados. No Brasil, a produção de *L. vannamei* vem dominando o mercado de camarões cultivados desde a década de 1990 (Moles & Bunge, 2002), quando ganhou notoriedade sobre as espécies nativas devido a sua elevada capacidade de adaptação aos mais variados tipos de ambientes, boas taxas de crescimento, elevada sobrevivência e boa aceitação no mercado (Barbieri Jr. & Ostrensky, 2002). Entretanto, o cultivo deste organismo no Brasil é realizado, em sua maioria, na forma de sistemas semi-intensivos, os quais são alvo de muitas críticas no âmbito ambiental, principalmente em relação ao descarte de efluentes ricos em matéria orgânica e nutrientes (nitrogenados e fosfatados), utilização de espécie exótica, disseminação de patógenos e dependência de farinha de pescado como fonte proteica (Naylor *et al.*, 2000; Boyd, 2003; Kuhn *et al.*, 2008; Tacon & Metian, 2008; Lightner, 2011).

Neste sentido, existe uma crescente necessidade do aprimoramento das tecnologias utilizadas para o cultivo de camarões, para que se alcance a sustentabilidade da atividade sem que se deixe de atender a demanda do mercado. O cultivo em sistema de bioflocos, ou BFT (Biofloc Technology System), é uma técnica que vem sendo desenvolvida desde a década de 1990 nos Estados Unidos e que unem de forma eficiente métodos de minimização de impactos ao meio ambiente e otimização de medidas de biossegurança (Pruder, 2004). Além disso, o sistema prevê aumento na produtividade com elevadas densidades de estocagem em unidades produtivas menores (Wasielesky *et al.*, 2006) e também surge como uma alternativa para o cultivo em regiões subtropicais e temperadas como o estado do Rio Grande do Sul (Krummenauer

162 *et al.*, 2011). A base desse sistema é o cultivo em meio aos bioflocos – agregados de
163 bactérias, protozoários, rotíferos, microalgas, detritos, entre outros (Avnimelech, 2007)
164 e a não renovação (ou renovação mínima) da água durante o processo produtivo,
165 reduzindo o risco de introdução e dispersão de patógenos, além de fornecer benefícios
166 nutricionais aos camarões (McIntosh *et al.*, 2000; Samocha *et al.*, 2001).

167 A manutenção da comunidade bacteriana no meio de cultivo é estimulada pela
168 adição de carbono ao sistema, aumentando a relação C:N para 15-20:1, (Avnimelech,
169 1999) e se torna essencial uma vez que estes organismos são responsáveis pela
170 degradação da matéria orgânica e disponibilização da amônia e nitrito, compostos
171 tóxicos aos organismos, na forma de proteína microbiana (Avnimelech, 2007).

172 Os bioflocos servem como uma complementação alimentar na dieta dos camarões
173 devido a sua composição (McIntosh *et al.*, 2000, Burford *et al.*, 2003) rica em proteínas,
174 mas não são suficientes para suprir toda sua necessidade nutricional. Assim, existe a
175 necessidade da oferta de ração durante todo o ciclo produtivo, o que vem sendo um
176 desafio ao desenvolvimento das atividades aquícolas por todo o mundo, uma vez que
177 farinha de peixe é a principal fonte de proteína utilizada na formulação de rações
178 comerciais para aquicultura (Kiron *et al.*, 2012). Considerada um ingrediente essencial
179 nas dietas de camarões peneídeos, a farinha de peixe é altamente balanceada em seu
180 conteúdo de aminoácidos essenciais, ácidos graxos altamente poli insaturados e
181 vitaminas, além de possuir elevada palatabilidade e boa digestibilidade (Suárez *et al.*,
182 2009).

183

184 **1.2. Farinha de Peixe**

185 Estima-se que a aquicultura absorve 53,2 % de total de farinha de peixe produzida
186 (Naylor & Burke, 2005; Tacon *et al.*, 2006) e de acordo com o último relatório da FAO
187 (2014), cerca de 16,3 milhões de toneladas de todo pescado produzido mundialmente
188 em 2010 foi destinado à fabricação de farinha de peixe e óleo de peixe, sendo que a
189 carcinocultura marinha foi a que mais consumiu (27,2 % da produção total) na
190 formulação de rações no ano de 2008 (FAO, 2012). Entretanto, neste cenário de
191 crescente demanda, a farinha de peixe está se tornando cada vez mais cara devido à alta
192 flutuação da produção pesqueira. Essa variação na produção pesqueira é causada pela
193 estagnação dos estoques naturais associada às variabilidades climáticas que influenciam
194 a pesca (ex. Fenômeno *El Niño*) e seu uso vem sendo muito criticado e questionado

195 quanto à eficiência trófica uma vez que são estimados 3,75 kg de pescado para produzir
196 1,0 kg de camarão (Fox *et al.*, 2004).

197 Assim, diversos testes vêm sendo conduzidos buscando alternativas ao uso de
198 farinha de peixe na dieta de *L. vannamei*. Por exemplo, utilização de farinha de carne e
199 ossos de frango (Forster *et al.*, 2003), farinha de caranguejo vermelho (*Pleuroncodes*
200 *planipes*) (Goytortúa-Bores *et al.*, 2006), concentrado proteico de soja e farinha de
201 bioflocos (Bauer *et al.*, 2012), farinha de flocos microbianos (Khun, 2010), concentrado
202 proteico de arroz (Oujifard *et al.*, 2012), utilização de macroalgas como a *Gracilaria*
203 *cervicornis* (Marinho-Soriano *et al.*, 2007), uso de *Spirulina sp.* (Macias-Sancho *et al.*,
204 2014), uso de rações preparadas com farelos procedente da microalga *Haematococcus*
205 *pluvialis* (Ju *et al.*, 2012) e também combinações de farinha de peixe com proteínas
206 animais e vegetais terrestres (Amaya, 2007). Com base nos resultados dos estudos
207 citados, observa-se que produtos de origem vegetal, tais como proteínas de soja,
208 possuem fatores antinutricionais, baixa palatabilidade e digestibilidade, além de
209 deficiência em amino ácidos essenciais tais como metionina, lisina e leucina e ácidos
210 graxos como ácido eicosapentenoico (EPA) e decosahexanoico (DHA), podendo limitar
211 sua utilização na formulação de rações. Por sua vez, rações feitas com base em
212 bioflocos ou flocos microbianos mostraram bons resultados, mas ainda possuem uma
213 forte dependência de farinha de peixe na sua produção em escala comercial por não
214 suprirem totalmente os requisitos nutricionais dos organismos.

215 Uma outra alternativa que já vem sendo testada na substituição da farinha de peixe
216 é a utilização de fontes de proteína de animais terrestres na fabricação de ração para
217 aquicultura. Farinha de carne e ossos, farinha de sangue, farinha de vísceras de aves ou
218 hidrolisada de penas são alguns dos produtos já testados, pois apresentam alto
219 percentual de proteína bruta, de 45 % a 65 % como observado na tabela 1, e possuem
220 um perfil de amino ácidos essenciais mais completo quando comparado a fontes vegetais
221 (Tan *et al.*, 2005; Naylor *et al.*, 2009). Todos os ingredientes de origem animal terrestre,
222 porém, devem passar por um processamento cuidadoso, ficando isento de qualquer
223 material como pelos, urina, fezes, cascos, chifres, ou partes decompostas.

224 No Brasil, subprodutos de abate de animais terrestres como os citados acima tem seu
225 uso proibido para a fabricação de rações para bovinos, caprinos e ovinos desde 1996
226 (MAPA, 2008) devido ao risco das Encefalopatias Espongiformes Transmissíveis
227 (EETs), em especial a mais conhecida como “doença da vaca louca” (EET Bovina).
228 Entretanto não existem registros na literatura da transmissão de tais patologias a animais

229 aquáticos como peixes e camarões, não havendo então nenhuma restrição ao uso destes
230 ingredientes na fabricação de rações para uso na aquicultura (Naylor *et al.*, 2009).

231

232 **Tabela 1.** Teor de proteína bruta e lipídios nos ingredientes de origem animal terrestre
233 utilizados como substitutos da farinha de peixe em dietas de animais aquáticos.

Ingrediente	Proteína (%)	Lipídios (%)	Referência
Farinha de sangue	82,2	0,48	Rostagno et al. (2005)
Farinha de carne e ossos	54,5	9,8	
Farinha hidrolisada de penas	74,7	5,20	
Farinha de vísceras de aves	57	14,9	

234

235

236 1.3. Farinha de Peixe Análoga

237 Com base nos diversos estudos sobre utilização de subprodutos de origem animal
238 terrestre em substituição a farinha de peixe para alimentação na aquicultura (tabela 2),
239 surge um combinado de ingredientes com perfil nutricional análogo à farinha de peixe,
240 que aqui denominamos de farinha de peixe análoga (FPA). A FPA é uma combinação
241 balanceada de diferentes fontes proteicas (farinha de carne e ossos, farinha de sangue,
242 farinha de subprodutos de aves), farinha de lula e misturas comerciais de minerais,
243 vitaminas e amino-ácidos necessários à dieta de camarões peneídeos, mantendo assim
244 um perfil de amino ácidos e ácidos graxos semelhante ao da farinha de peixe, porém
245 sem a necessidade de utilização da mesma.

246

247 **Tabela 2.** Resultados de estudos realizados com substituição de farinha de peixe por
248 farinha de carne e ossos, farinha de vísceras de aves e farinha de sangue na dieta do
249 camarão *Litopenaeus vannamei*.

Ingrediente	Resultado	Referência
Farinha de carne e ossos	25% e 75% de substituição sem redução do crescimento	Forester et al. (2003)
	Mais 60% de substituição sem prejuízos	Tan et al. (2005)
Farinha de vísceras de	Até 80% de substituição	Cruz-Suárez et al. (2007)

aves	sem efeitos deletérios	
	Até 70% de substituição sem prejuízos	Chi et al. (2009)
Farinha de sangue	Até 60% de substituição sem afetar o crescimento	Niu et al. (2011)

250

251

252 Diante do desafio de substituir a farinha de peixe em rações para camarões
 253 marinhos, o presente estudo testou a utilização parcial e total da FPA como fonte
 254 proteica na engorda de *L. vannamei* em escala comercial e em dois tipos de sistema, os
 255 quais estão descritos nos capítulos seguintes: **Capítulo 1** – Utilização da farinha de
 256 peixe análoga na dieta do camarão *Litopenaeus vannamei* em fase de engorda intensiva
 257 em sistema de bioflocos; **Capítulo 2** – Utilização da farinha de peixe análoga na dieta
 258 do camarão *Litopenaeus vannamei* em fase de engorda superintensiva em *raceways* com
 259 sistema de bioflocos.

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276 **2. OBJETIVOS**

277

278 **2.1 Objetivo Geral**

279 Avaliar o efeito da substituição total e parcial de farinha de peixe por farinha de
280 peixe análoga na ração utilizada na fase de engorda do camarão *Litopenaeus vannamei*
281 cultivado em sistema de bioflocos em escala comercial.

282

283 **2.2 Objetivos específicos**

284

285 Avaliar o desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em
286 sistema de bioflocos submetido a dietas com substituição total e parcial da farinha de
287 peixe por farinha de peixe análoga durante a fase de engorda;

288

289 Avaliar a qualidade da água do cultivo do camarão *L. vannamei* alimentado com
290 rações contendo farinha de peixe análoga em total ou parcial substituição da farinha de
291 peixe.

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

3.1. Local

Foram realizados dois experimentos subsequentes (Experimento 1 – E1 e Experimento 2 – E2) nas estruturas experimentais da Estação Marinha de Aquicultura (EMA-FURG) do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO-FURG), Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. O primeiro experimento (E1) caracterizou-se por um ciclo de engorda pós-berçário, realizado em nove viveiros de 600 m² revestidos por geomembrana. O segundo experimento (E2) constituiu uma fase de engorda de camarões de 20 g (50/60 peças por kg), iniciado com animais previamente engordados no primeiro experimento e foi realizado em nove tanques de 35 m³, revestidos com geomembrana e recobertos por estufa.

3.2. Origem dos camarões

Foram adquiridos náuplios de *L. vannamei* da empresa Aquatec (RN) e estocados no setor de larvicultura da Estação Marinha de Aquicultura (EMA-IO/FURG), onde permaneceram até o estágio de pós-larva de 15 dias (PL 15). Posteriormente as pós-larvas foram transferidas para uma estufa com tanque berçário onde permaneceram estocados por 30 dias para posterior uso nos experimentos.

3.3. Origem da Ração

A ração utilizada *Potimar Active 38*[®] (Guabi[®]) foi formulada com três diferentes quantidades de farinha de peixe análoga (FPA) (0 % FPA, 50 % FPA e 100 % FPA) sendo isoprotéicas e isolipídicas (38 % de proteína bruta e 7,5 % de extrato etéreo), em substituição à farinha de peixe (FP):

0 % FPA: formulação contendo FP como principal fonte protéica e 0 % de substituição por FPA;

50 % FPA: formulação com 50 % do conteúdo de FP substituído por FPA;

100 % FPA: formulação com 100% de substituição de FP por FPA.

339 Observa-se na tabela 3 a composição centesimal comum às três formulações. Na
 340 tabela 4 estão descritos os ingredientes utilizados no desenvolvimento da farinha de
 341 peixe análoga utilizada na substituição da farinha de peixe nas formulações 50 % FPA e
 342 100 % FPA e na tabela 5 a composição nutricional FPA.
 343

Tabela 3. Composição centesimal da ração *Potimar Active38®* utilizada no crescimento de *Litopenaeus vannamei* em viveiros e raceway.

Umidade (%)	10,0
Proteína bruta mín. (%)	38,0
Extrato etéreo mín. (%)	7,5
Fibra bruta máx. (%)	5,0
Matéria mineral máx. (%)	13,0
Cálcio máx. (%)	3,0
Fósforo mín. (%)	1,45
Vitamina A (UI/kg)	13000
Vitamina D (UI/kg)	2500
Vitamina E (mg/kg)	200
Vitamina C (mg/kg)	500
Selênio mineral (mg/kg)	0,3
Selênio orgânico (mg/kg)	0,15
Cromo orgânico (mg/kg)	0,2

*Valores fornecidos pela fabricante.

344
 345
 346

Tabela 4. Ingredientes utilizados na fabricação da Farinha de Peixe Análoga.

Farinha de carne
Farinha de carne e ossos
Farinha de sangue
Farinha de pena e rejeitos de frango
Farinha de lula
Produtos solúveis de peixe
Óleo de peixe
Lectina

Lisina
Hemoglobina
Metionina
Colesterol
Triptofano
Micro minerais
Premix Vitamínico
Premix Amino ácidos

347 *Fornecido pela fabricante.

348

Tabela 5. Composição centesimal da Farinha de Peixe Análoga (%).

Proteína bruta	53,2
Lipídios	18,3
Ác. Linoleico	2,4
Fosfolipídios	4,0
Colesterol	0,3
Ác. Graxos HUFA	1,7
Fibras	0,9
Cinzas	19,0
Cálcio	6,0
Fósforo total	3,0
Lisina total	3,9
Cisteína total	0,9
Metionina total	1,4

349 *Valores fornecidos pela fabricante.

350

351 **3.4. Formação dos bioflocos**

352 Para a formação acelerada dos agregados microbianos foi utilizado um inóculo de
353 1,0 % do volume total da unidade experimental nos viveiros e 20,0 % do volume das
354 unidades nos *raceways* (Krummenauer *et al.*, 2014). Os inóculos procederam de tanques
355 de cultivo com sistema de bioflocos da EMA-FURG. O processo foi realizado dois dias
356 antes da estocagem dos camarões em ambos os experimentos e foi acompanhado de
357 fertilização orgânica, conforme metodologia descrita por Avnimelech (1999) e Ebeling
358 *et al.* (2006). A fertilização orgânica se faz importante, pois permite a manutenção da
359 relação carbono/nitrogênio em 15-20: 1 (C: N) no desenvolvimento da comunidade
360 microbiana (Avnimelech, 1999). Como fonte de carbono utilizou-se melão de cana

361 líquido (37,46 % de carbono) e como fonte de nitrogênio foi utilizada a ração fornecida
362 aos camarões.

363

364 **3.5. Desempenho zootécnico**

365 Para a avaliação do desempenho zootécnico dos camarões, em ambos experimentos,
366 foi realizada uma biometria inicial (n=100) para estimar o peso médio dos camarões..
367 Durante os períodos experimentais, foram feitas biometrias semanais com 100
368 indivíduos por viveiro (E1) ou tanque (E2), os quais foram amostrados aleatoriamente
369 com a utilização de uma rede para captura e pesados individualmente utilizando balança
370 digital com precisão de 0,01 g (MARTE, AS 1000 C). Por meio dessas biometrias, foi
371 calculado o peso médio dos camarões, ajustando-se semanalmente a quantidade de
372 ração a ser fornecida (Jory *et al.*, 2001). Ao final de cada experimento foi realizada uma
373 biometria final com 100 indivíduos de cada viveiro (E1) ou tanque (E2). Para a
374 avaliação do desempenho zootécnico, foi calculada a taxa de conversão alimentar
375 aparente (CAA) pela seguinte fórmula: $C.A.A. = \text{alimento oferecido} / \text{incremento de}$
376 biomassa ; o ganho de peso semanal (GPS) determinado pelo seguinte cálculo: $GPS =$
377 $((\text{peso final} - \text{peso inicial}) / n^\circ \text{ semanas de cultivo})$; produtividade (kg m^{-2}) através da
378 equação: $Prod = (\text{biomassa final} / \text{volume do tanque})$; e sobrevivência: $S\% = (\text{biomassa}$
379 $\text{final} / \text{peso médio individual}) / (n^\circ \text{ indivíduos estocados}) \times 100$.

380

381 **3.6. Análise estatística**

382 Todos os parâmetros analisados no E1 e E2 foram submetidos à análise de variância
383 de uma via ANOVA, primeiramente entre as réplicas de cada tratamento e depois entre
384 os tratamentos, desde que as premissas de normalidade e homocedasticidade dos dados
385 fossem aceitas através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente.
386 Os dados de sobrevivência (%) foram convertidos pela fórmula arco-seno de sua raiz
387 quadrada (Zar, 1996). No caso de diferenças significativas foi aplicado o teste *post-hoc*
388 de Tukey ($\alpha = 0,05$).

389

390

391

392

393

394

395 **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

396

397 AMAYA, E, ALLEN DAVIS, D, ROUSE DB. 2007. Alternative diets for the Pacific
398 white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 262: 419-425.

399 AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon: nitrogen ratio as a control element in aquaculture
400 systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.

401 AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge
402 bio- flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264:140–147.

403 BARBIERI JUNIOR, RC & A OSTRENSKY NETO. 2002. Camarões marinhos:
404 engorda. Viçosa: *Aprenda Fácil*. 370 p.

405 BAUER, W, PRENTICE-HERNANDEZ, C, TESSER, MB, WASIELESKY, W,
406 POERSCH, LH. 2012. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy
407 protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*.
408 *Aquaculture*, 342-343: 112-116.

409 BOYD, CE. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm- level.
410 *Aquaculture*, 226: 101-112

411 BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RH BAUMAN & DC PEARSON. 2003. Nutrient
412 and microbial dynamics in high-intensive, zero-exchange shrimp ponds in
413 Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411

414 CHI, S, TAN, B, MAI, K, ZHENG, S. 2009. Growth and feed efficiency of juvenile
415 shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets containing different levels of
416 poultry by-product meal. *J. Ocean Univ. China*, 8: 399-403.

417 CRUZ-SUÁREZ, LE, NIETO-LÓPEZ, M, GUAJARDO-BARBOSA, C, TAPIA-
418 SALAZAR, M, SCHOLZ, U, RICQUE-MARIE, D. 2007. Replacement of fish
419 meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*,
420 and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture*, 272: 466-476.

421 EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the
422 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of
423 ammonia – nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.

424 FAO, 2012. Food and agriculture organization of the United Nations. The State of
425 World Fisheries and Aquaculture 2011 Food and Agriculture Organization of the
426 United Nations, Rome (231 pp.).

427 FAO. 2014. The State of Word Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Disponível em:
428 <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf> . Acesso em: 17/03/2015.

429 FORSTER, IP, W DOMINY, L OBALDO & AGT TACON. 2003. Rendered meat and
430 bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone,
431 1931). *Aquaculture*, 219: 655-67

432 FOX, JM, AL LAWRENCE & F SMITH. 2004. Development of a low-fish meal feed
433 formulation for commercial production of *Litopenaeus vannamei*. *Avances en*
434 *Nutricion Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de*
435 *Nutricion Acuicola*. 16–19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, Mexico.

436 GOYTORTÚA-BORES, E, R CIVERA-CERECEDO, S ROCHA-MEZA & A
437 GREEN-YEE. 2006. Partial replacement of red crab (*Pleurocondes planipes*)
438 meal for fish meal in practical diets for white shrimp *Litopenaeus vannamei*.
439 Effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture*, 256: 414-422.

440 JORY, ED, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE,
441 CJ JACKSON, RP McINTOSH & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of
442 shrimp feed management: status and perspectives. Em: CL BROWDY and DE
443 JORY. *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable*
444 *Shrimp Culture*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, p.
445 104–152.

446 JU, ZY, DF DENG & WG DOMINY. 2012. A defatted microalgae (*Haematococcus*
447 *pluvialis*) meal as a protein ingredient to partially replace fishmeal in diets of
448 Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), Boone, 1931. *Aquaculture*. 354-
449 286 355: 50–55.

450 KUHN, DD, SR CRAIG, GJ FLICK & E McLEAN. 2008. Use of microbial flocs
451 generated from tilapia effluent as a nutritional supplement for shrimp ,
452 *Litopenaeus vannamei* , in recirculating aquaculture systems. *Journal of the*
453 *World Aquaculture Society*, 39(1): 72–82. 300

454 KUHN, DD, AL LAWRENCE, GD BOARDMAN, S PATNAIK, L MARSH & GJ
455 FLICK. 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological
456 treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp,
457 *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 303, 28–33. 304

458 KIRON V, W PHROMKUNTHONG, M HUNTLEY, JA ARCHIBALD & G DE
459 CHEEMAKER. 2012. Marine microalgae from refinery as a potential feed
460 protein source for Atlantic salmon, common carp and white leg shrimp.
461 *Aquaculture Nutrition*. 18: 521-531.

462 KRUMMENAUER, D, S PEIXOTO, RO CAVALLI, LHS POERSCH, W
463 WASIELESKY & V WYK. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp ,
464 *Litopenaeus vannamei* in a Biofloc Technology System in southern Brazil at
465 different stocking densities. Journal of the World Aquaculture Society, 42(5):
466 295 726–733.

467 KRUMMENAUER, D, SAMOCHA, T, POERSCH, L, LARA, G, WASIELESKY, W.
468 2014. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus*
469 *vannamei*, in BFT System. Journal of the World Aquaculture Society., 45. doi:
470 10.1111/jwas.12093

471 LIGHTNER, DV. 2011. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere
472 (the Americas): a review. Journal of Invertebrate Pathology, 106(1): 110–30.

473 MACIAS-SANCHO, J, LHS POERSCH, W BAUER, LA ROMANO, W
474 WASIELESKY & MB TESSER. 2014. Fishmeal substitution with *Arthrospira*
475 (*Spirulina platensis*) in a practical diet for *Litopenaeus vannamei*: Effects on
476 growth and immunological parameters. Aquaculture, 426–427 (2014) 120–125 .

477 MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2008. Encefalopatia
478 espongiforme bovina – EEB: doença da vaca louca. Ministério da Agricultura,
479 Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília :
480 MAPA/SDA, 24 p.

481 MARINHO-SORIANO E, MR CAMARA, T CABRAL & MA CARNEIRO. 2007.
482 Preliminary evaluation of the seaweed *Gracilaria cervicornis* (Rhodophyta) as a
483 partial substitute for the industrial feeds used in shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
484 farming. Aquaculture Research, 38: 182-187. 314

485 MCINTOSH, D, TM SAMOCHA, ER JONES, AL LAWRENCE, DA MCKEE, S
486 HOROWITZ & A HOROWITZ. 2000. The effect of a bacterial supplement on
487 the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet in
488 outdoor tank system and no water exchange. Aquacult. Eng., 21: 215–227.

489 MOLES, P, J BUNGE. 2002. Shrimp farming in Brazil: An industry overview.
490 Relatório Shrimp Farming and Enviroment do Programa de Consórcio World
491 Bank, NACA, WWF e FAO. Publicado pelo Consórcio. 26 p.

492 NAYLOR, R, RJ GOLDBURG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY MCM
493 BEVERIDGE, J CLAY, J LUBCHENCO, H MOONEY & M TROELL. 2000.
494 Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature, 405: 1017-1024.

495 NAYLOR R & M BURKE. 2005. Aquaculture and ocean resources: Raising tigers of
496 the sea. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 185-218.

497 NAYLOR, RL, HARDY, RW, BUREAU, DP, CHIU, A, ELLIOTT, M, FARRELL,
498 AP, FORSTER, I, GATLIN, DM, GOLDBURG, RJ, HUA K, NICHOLS, PD.
499 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS* vol. 106, no 36.

500 NIU, H; CHANG, J, GUO, S, XIE, Z, ZHU, A. 2011. Effects of spray-dried blood cell
501 meal with microencapsulated methionine substituting fish meal on the growth,
502 nutrient digestibility and amino acid retention of *Litopenaeus vannamei*.
503 *Aquaculture Research*, 42: 480-489.

504 OUJIFARD A, J SEYFABADI, AA KENARI & M REZAEI. 2012. Fish Meal
505 replacement with rice protein concentrate in a practical diet for the Pacific white
506 shrimp, (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). *Aquaculture International*, 20:
507 117-129.

508 PRUDER, G. D. 2004. Biosecurity : application in aquaculture. *Aquacultural*
509 *Engineering*, 32: 3–10.

510 ROSTAGNO, HS, ALBINO, LFT, DONZELE, JL, GOMES, PC, OLIVEIRA, RF,
511 LOPES, DC, FERREIRA, AS, BARRETO, SLT. 2005. Tabelas brasileiras para
512 aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2ª ed. Viçosa:
513 Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia. 186p.

514 SAMOCHA, TM, A LAWRENCE, CR COLLINS, CR EMBERSON, JL HARVIN & P
515 VAN WYK. 2001. Development of integrated, environmentally sound, inland
516 shrimp production technologies for *Litopenaeus vannamei*. Em: BROWDY, CL,
517 DE JORY. 2001. The New Wave, Proceedings of the special session on
518 sustainable shrimp culture. *Aquaculture. Journal of the World Aquaculture*
519 *Society*, 64–75.

520 SUÁREZ, JA, G GAXIOLA, R MENDOZA, S CADAVID, G GARCIA, G ALANIS,
521 A SUÁREZ, J FAILLACE & G CUZON. 2009. Substitution of fish meal with
522 plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei*
523 (Boone, 1931). *Aquaculture*, 289, 118–123.

524 TACON AG, MR HASAN & RP SUBASINGHE. 2006. Use of fishery resources as
525 feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO
526 (Food and Agriculture Organization of the United Nations): FAO Fisheries
527 Circular No. 1018, p. 110. 348

528 TACON, AG & M METIAN. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish
529 oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects.
530 Aquaculture, 285: 146–158.

531 TAN, B, MAI, K, ZHENG, S, ZHOU, Q, LIU, L, YU, Y. 2005. Replacement of fish
532 meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus*
533 *vannamei* (Boone). Aquaculture Research., 36: 439-444.

534 WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY CL. 2006. Effect of
535 natural production in a zero exchange suspended microbialfloc based super-
536 intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture.
537 258: 296-403.

538 WELCH A, R HOENIG, J STIEGLITZ, D BENETTI, A TACON, N SIMS & B
539 O'HANLON. 2010. From fishing to the sustainable farming of carnivorous
540 marine finfish. Reviews in Fisheries Science, 18: 235-247.

541 ZAR, JH., 1996. Biostatistical Analysis. Third Edition New Jersey: Prentice Hall, 662p.
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559

560 **5. CAPÍTULO 1 – UTILIZAÇÃO DA FARINHA DE PEIXE ANÁLOGA NA**
561 **DIETA DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM FASE DE ENGORDA**
562 **INTENSIVA EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

563 **5.1. INTRODUÇÃO**

564 Nos últimos anos o Brasil produziu uma média de 70 mil toneladas de camarões
565 marinhos em cativeiro (ABCC, 2013). A grande maioria desta produção se concentra na
566 região nordeste do país e é baseada em sistemas semi-intensivos e intensivos de
567 produção, com utilização de extensas áreas ocupadas por viveiros de engorda e
568 quantidades massivas de ração a base de farinha de peixe. Segundo os últimos dados da
569 Associação Brasileira de Criadores de Camarão (2013) o país conta hoje com cerca de
570 20.000 ha de lâmina d'água ativamente produzindo camarão marinho, sendo toda a
571 produção dominada pela espécie *Litopenaeus vannamei*.

572 A constante demanda e o bom valor do camarão no mercado interno incentivam o
573 aumento de produção, gerando a necessidade de intensificação dos sistemas, melhoria
574 das técnicas e tecnologias, da qualidade nutricional da ração oferecida, da seletividade
575 genética e da implementação de boas práticas de manejo e biossegurança nas unidades
576 de produção. A engorda de camarões em viveiros utilizando sistema de bioflocos,
577 apesar de ainda não ser a realidade da produção do país, atende a estes requisitos e
578 garante alta produtividade. A utilização de viveiros menores e recobertos com
579 geomembrana facilita o manejo e práticas de biossegurança e, apesar de utilizar menos
580 área, permite maiores densidades e, portanto, maior produtividade. Não obstante, os
581 bioflocos servem de suplemento alimentar e por serem ricos em proteína, podem chegar
582 a compor mais de 29 % do consumo diário dos camarões (Burford *et al.*, 2004),
583 representando uma economia no consumo de ração. Sendo assim, menor conversão
584 alimentar e maior crescimento também são reflexos do consumo de bioflocos pelos
585 camarões (Wasielesky *et al.*, 2006) e também representam uma economia de ração.

586 A ideia da redução do uso da farinha de peixe como principal fonte protéica das
587 rações para camarão contribui com o escopo de benefícios do sistema de bioflocos ao
588 meio ambiente e ao produtor. A constante redução de oferta, flutuações de mercado e
589 aumento dos preços, além do aumento da pressão sobre os estoques pesqueiros vem
590 incentivando o uso de ingredientes alternativos. A incorporação de tais ingredientes e
591 consequente redução do uso da farinha de peixe na dieta de camarões é um fator crucial
592 para o crescimento sustentável do setor.

593 A farinha de peixe análoga (FPA) é uma alternativa promissora ao uso da farinha de
594 peixe nas rações de engorda de camarões marinhos, mas ainda é um produto
595 desconhecido no mercado, bem como são desconhecidos seus efeitos sobre o
596 desempenho zootécnico dos camarões e sobre a qualidade da água no cultivo. Feita a
597 partir de ingredientes protéicos oriundos de rejeitos da indústria animal (carne, ossos,
598 sangue, vísceras de aves, penas etc.), acredita-se que seu uso associado ao sistema de
599 bioflocos é um passo importante rumo ao desenvolvimento sustentável da
600 carcinocultura, uma vez que tais ingredientes são subprodutos e rejeitos de outras
601 indústrias animais não destinados a alimentação humana e que não dependem de uma
602 produção ou exploração específica para este fim.

603 .

604

605 **5.2. OBJETIVOS**

606

607 **5.2.1. Objetivo Geral**

608

609 Avaliar a utilização de farinha de peixe análoga como fonte protéica na engorda do
610 camarão *Litopenaeus vannamei* em viveiros intensivos em sistema de bioflocos.

611

612 **5.2.2. Objetivos específicos**

613 Avaliar o desempenho zootécnico do *L. vannamei* submetido a dietas com diferentes
614 níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de peixe análoga como fonte
615 protéica.

616

617 Avaliar a qualidade da água do cultivo de *L. vannamei* submetido a dietas com
618 diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de peixe análoga como
619 fonte protéica.

620

621

622

623

624

625

626

627 5.3.MATERIAL E MÉTODOS

628

629 5.3.1. Delineamento experimental

630 O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura (EMA-FURG)
631 entre dezembro de 2013 e fevereiro de 2014, em nove viveiros de 600 m² revestidos
632 com geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD). A estrutura contou com
633 sistema de aeração por aeradores de tipo *paddle wheel* com potência total de aeração de
634 2,0 HP por viveiro (equivalente a 33 HP por hectare). A água utilizada no experimento
635 foi proveniente de captação direta da zona costeira e misturada com água captada do
636 subsolo, ajustando-se as proporções entre ambas a fim de obter salinidades médias
637 homogêneas entre todos os viveiros.

638

639 Para uma fase de adaptação prévia ao experimento, foram estocados juvenis de
640 *Litopenaeus vannamei* com peso médio inicial de 0,75 g oriundos de berçário realizado
641 na EMA-FURG. O período de adaptação teve duração de 25 dias, durante os quais os
642 camarões foram alimentados com ração de alto teor de proteína (40%; Guabi). Após
643 este período, o experimento teve início com os viveiros estocados em densidade de 120
644 camarões m⁻² e peso médio inicial de 1,95 ± 0,66 g. Assim, foram confrontados três
645 tratamentos (com três repetições cada) diferenciados entre si pela quantidade de farinha
646 de peixe (FP) substituída por farinha de peixe análoga (FPA) na formulação da ração
647 ofertada: tratamento 0 % FPA, 50 % FPA e 100 % FPA. A formulação das rações foi a
648 mesma da (Guabi), sendo isoprotéicas e isolipídicas.

649 Durante o período experimental, os camarões foram alimentados três vezes ao dia e
650 a quantidade de ração oferecida seguiu a metodologia sugerida por *Jory et al. (2001)*.
651 Foram utilizadas bandejas de alimentação para auxiliar no controle do consumo.

652 Ao longo de todo o experimento foram realizadas aplicações de probiótico comercial
653 Pro-W (INVE[®]) diretamente na água (0,5 ppm três vezes por semana).

654 Foram realizadas biometrias semanais (n=100) para avaliação do desempenho
655 zootécnico, como descrito no item 3.5 da metodologia geral.

656

657 5.3.2. Variáveis físico-químicas da água

658 O monitoramento da temperatura, oxigênio dissolvido e pH foi realizado duas vezes
659 ao dia, às 08H00 e às 17H00 com auxílio de um aparelho multiparâmetro YSI 556 MPS

660 (YSI® Inc., Yellow Springs, Ohio, Estado Unidos). O mesmo equipamento foi utilizado
661 para monitoramento da salinidade duas vezes por semana.

662 Uma vez por semana foram mensuradas as concentrações de amônia total e nitrito
663 através do método UNESCO (1983) e nitrato e fosfato de acordo com a metodologia de
664 Strickland & Parsons (1972).

665 Semanalmente também foram determinados: alcalinidade, segundo APHA (1998),
666 sólidos suspensos totais (SST), por meio do método de análise adaptado de Strickland &
667 Parsons (1972) e transparência da água com auxílio de um disco de Secchi.

668

669 5.4. RESULTADOS

670 5.4.1. Variáveis físico-químicas da água

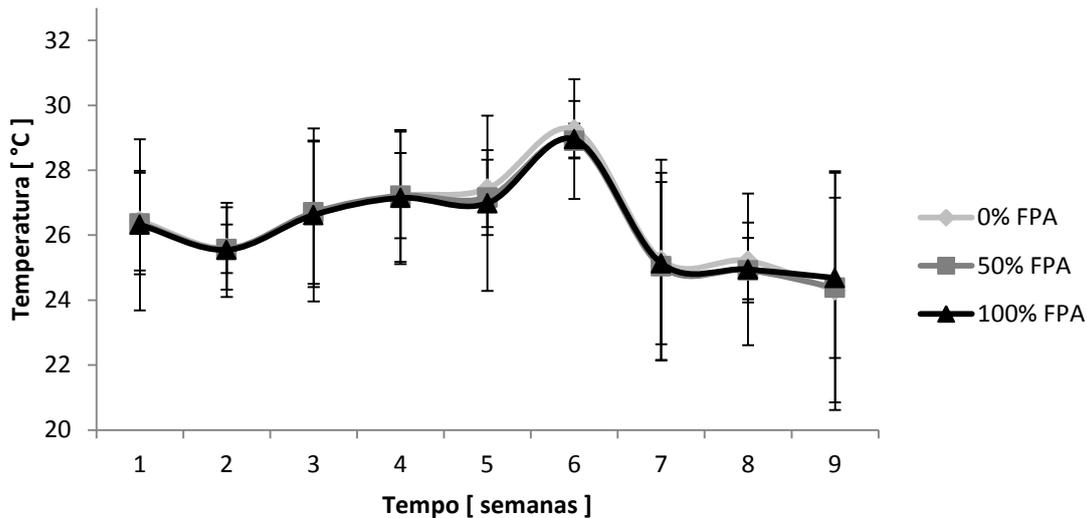
671 As médias dos resultados de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH,
672 salinidade e alcalinidade (mg CaCO₃ L⁻¹) da água para cada tratamento estão expressas
673 na tabela 6. Não houve diferença significativa (p>0,05) entre os tratamentos para
674 quaisquer destes parâmetros.

675 **Tabela 6.** Valores (média ± desvio padrão) de qualidade de água (temperatura, oxigênio
676 dissolvido (OD), pH, salinidade e alcalinidade) para os tratamentos 0 , 50 e 100 % FPA
677 para *Litopenaeus vannamei* em BFT.

Tratamento	0 %	50 %	100 %
Temperatura (°C)	25,9 ± 3,0	25,9 ± 2,9	25,9 ± 2,9
OD (mg.L ⁻¹)	8,15 ± 1,64	7,98 ± 1,36	8,16 ± 1,36
pH	8,60 ± 0,50	8,58 ± 0,44	8,63 ± 0,41
Salinidade	7,97 ± 0,48	7,92 ± 0,55	7,83 ± 0,45
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	200,93 ± 56,66	222,13 ± 43,75	236,287 ± 33,82

678

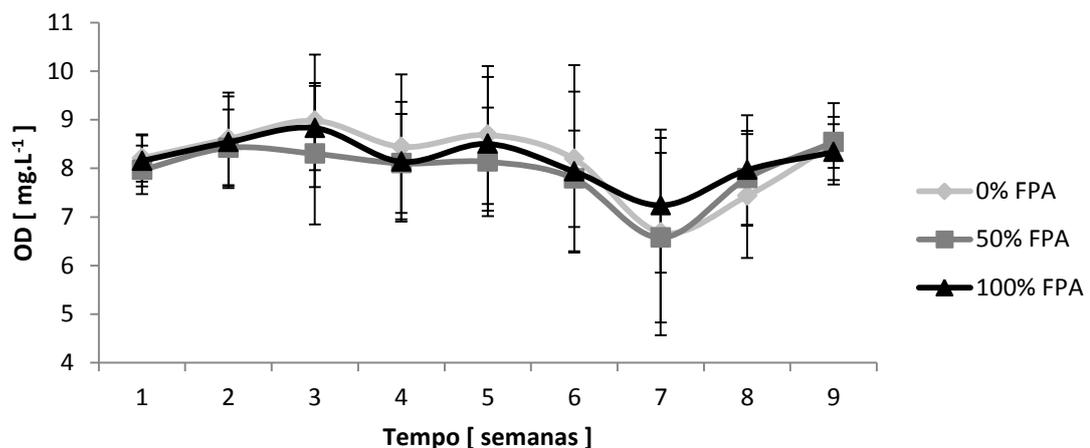
679 Observa-se na figura 1 a flutuação da temperatura ao longo do período
680 experimental, com um pico atingindo 30°C e queda nos dias subsequentes.



681
 682 **Figura 1.** Variação da temperatura ao longo de um ciclo do ciclo de cultivo de *L.*
 683 *vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe
 684 análoga (0, 50 e 100 % FPA) na ração. Valores médios de cada tratamento e barras
 685 representando desvio padrão.

686
 687 Os níveis de oxigênio dissolvido (OD) na água mantiveram-se entre um máximo de
 688 10,0 e 5,0 mg.L⁻¹, apresentando uma acentuada variação de frequência diária e semanal.
 689 A flutuação do oxigênio está expressa na figura 2, onde se observa uma queda nas
 690 concentrações de OD na sétima semana, com subsequente recuperação nas semanas
 691 seguintes. O pH também apresentou flutuação semanal (figura 3) com leve declínio ao
 692 longo do período experimental, porém sem diferenças (p>0,05) entre os tratamentos.

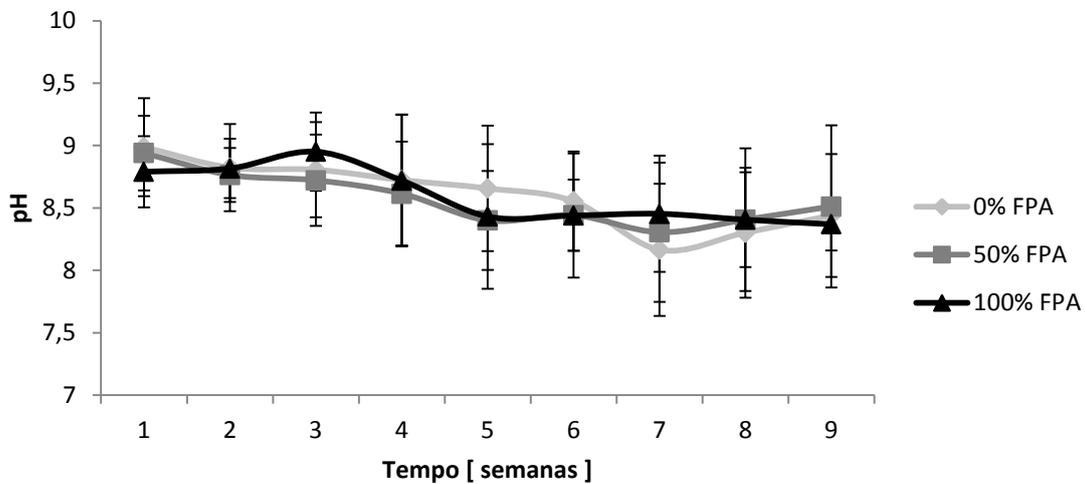
693



694
 695 **Figura 2.** Variação do oxigênio dissolvido ao longo de um ciclo do ciclo de cultivo
 696 de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis 0, 50 e 100%

697 de farinha de peixe análoga (FPA) na ração. Valores médios de cada tratamento e barras
 698 representando desvio padrão.

699



700

701 **Figura 3.** Variação do pH ao longo de um ciclo do ciclo de cultivo de *L. vannamei*
 702 em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe análoga na
 703 ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio padrão.

704

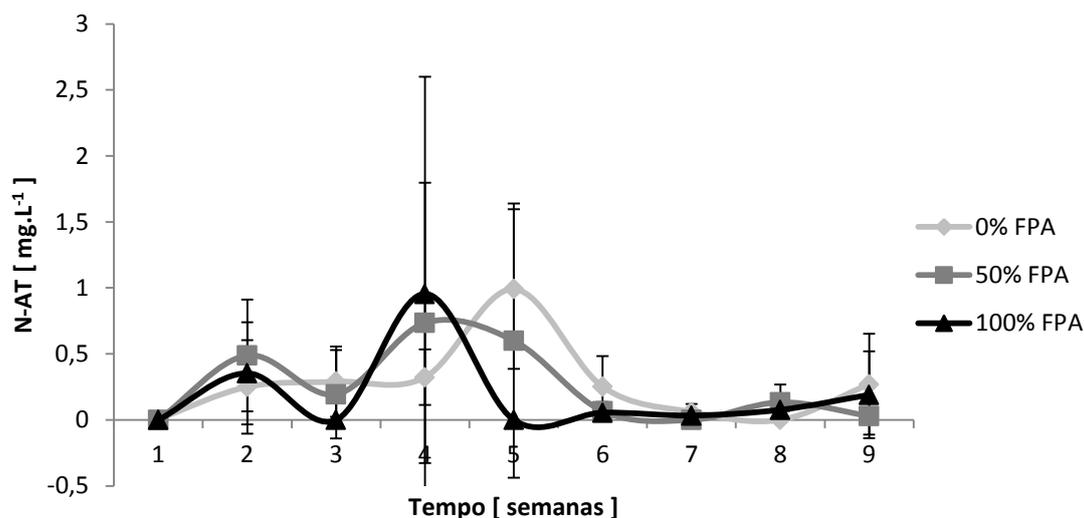
705 Os resultados médios dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato)
 706 monitorados durante o experimento, bem como do fosfato, são apresentados na tabela 7.
 707 As concentrações médias de amônia total (mg N-AT.L^{-1}) não diferiram entre os
 708 tratamentos ($p > 0,05$). A figura 4, que expressa a flutuação temporal da amônia total,
 709 mostra um pico inicial na segunda semana, onde as médias atingiram concentrações de
 710 até $2,0 \text{ mg N-AT.L}^{-1}$ de amônia. Um segundo pico pode ser observado entre a quarta e a
 711 quinta semana, onde nos tratamentos 0 % e 50 % FPA as concentrações subiram até
 712 níveis de $3,5\text{-}4,0 \text{ mg N-AT.L}^{-1}$, enquanto o tratamento 100 % FPA manteve suas médias
 713 abaixo de $0,25 \text{ mg N-AT.L}^{-1}$.

714

715 **Tabela 7.** Concentrações médias dos compostos nitrogenados e fosfato (média \pm desvio
 padrão) nos tratamentos 0%, 50% e 100% FPA ao longo do período experimental.

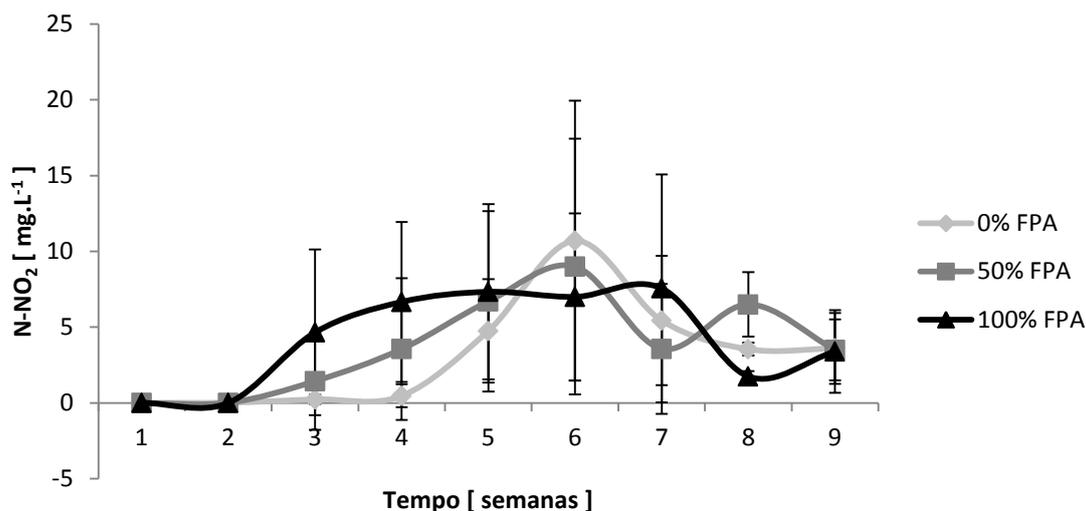
Tratamento FPA (%)	0	50	100
N-AT (mg L^{-1})	$0,23 \pm 0,38$	$0,22 \pm 0,57$	$0,16 \pm 0,55$
N-NO ₂ (mg L^{-1})	$2,28 \pm 3,90$	$2,64 \pm 4,38$	$3,12 \pm 3,66$
N-NO ₃ (mg L^{-1})	$0,87 \pm 2,83$	$1,41 \pm 3,15$	$2,25 \pm 4,24$
P-PO ₄ ³⁻ (mg L^{-1})	$0,18 \pm 0,30$	$0,25 \pm 0,42$	$0,23 \pm 0,33$

716



717 **Figura 4.** Variação das concentrações de amônia total ao longo do ciclo de cultivo
 718 de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de
 719 de peixe análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando
 720 desvio padrão.
 721

722
 723 A figura 5 refere-se ao comportamento do nitrito, que foi ausente nos primeiros
 724 20 dias, período após o qual se elevou a níveis críticos rapidamente, primeiro no
 725 tratamento 100 % FPA, cinco dias depois no tratamento 50 % FPA e, mais cinco dias
 726 depois no tratamento 100 % FPA. Após atingir médias de aproximadamente 8,0 mg.L⁻¹,
 727 o tratamento 100 % FPA apresentou uma aparente estabilidade. Os demais tratamentos
 728 tenderam a uma crescente concentração desde seu aparecimento no sistema, atingindo
 729 médias de até 10,0 mg.L⁻¹. Entretanto, mesmo apresentando estas médias, houve uma
 730 alta variabilidade do nitrito entre as réplicas de mesmo tratamento. Algumas réplicas
 731 chegaram a apresentar níveis de até 18,0 a 20,0 mg N-NO₂.L⁻¹. Ainda assim as médias
 732 não apresentaram diferenças (p>0,05) entre os tratamentos.
 733



734

735

736

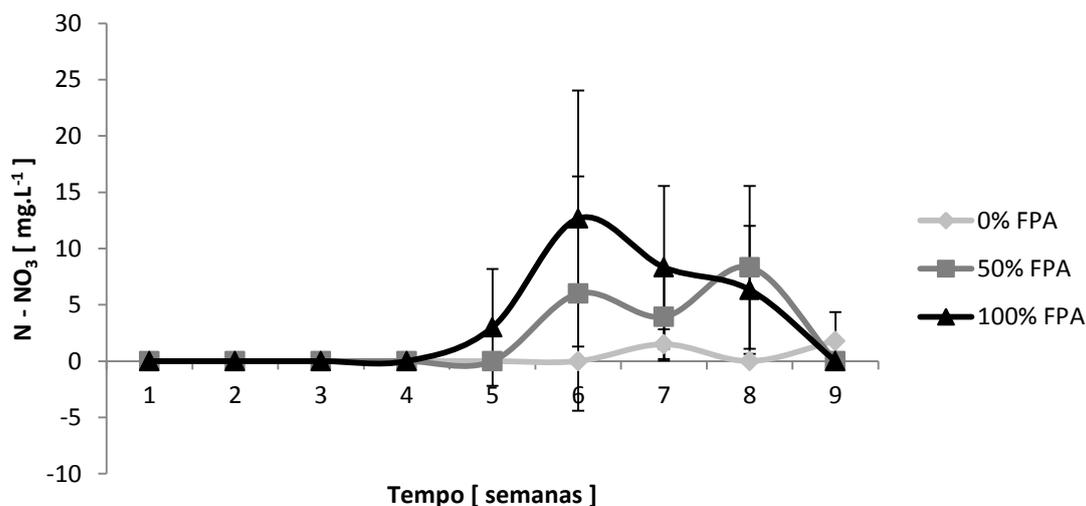
Figura 5. Variação das concentrações de nitrito ao longo de do ciclo de cultivo de *L.*

737 *vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe

738 análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio

739 padrão.

740



741

Figura 6. Variação das concentrações de nitrato ao longo de do ciclo de cultivo de

743 *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe

744 análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio

745 padrão.

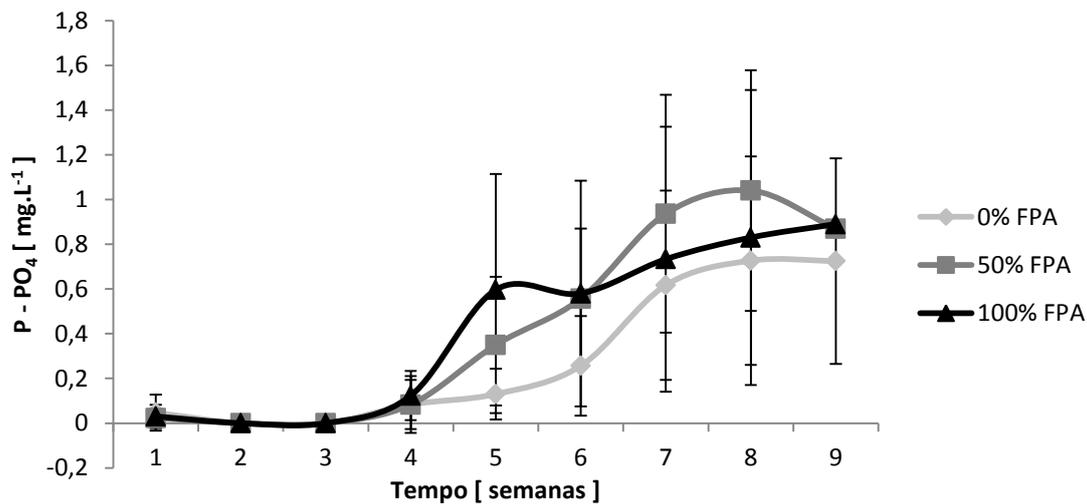
746

747 O nitrato apareceu no sistema após a quarta semana, seguindo o mesmo padrão

748 cronológico do nitrito. Um pico dos tratamentos 50% e 100% FPA foi registrado na

749 sexta semana, atingindo médias de 8,0 a 12,0 mg.L⁻¹, respectivamente (figura 6).

750 Os valores médios de fosfato ($\text{mg P-PO}_4^{3-} \cdot \text{L}^{-1}$) não diferiram significativamente
 751 ($p > 0,05$) entre os tratamentos. A variação temporal deste nutriente representada na
 752 figura 9 mostra que o fósforo apareceu em níveis significativos no sistema após a quarta
 753 semana, não atingindo concentrações maiores que $2,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ mas com acúmulo dentro
 754 das unidades experimentais.
 755



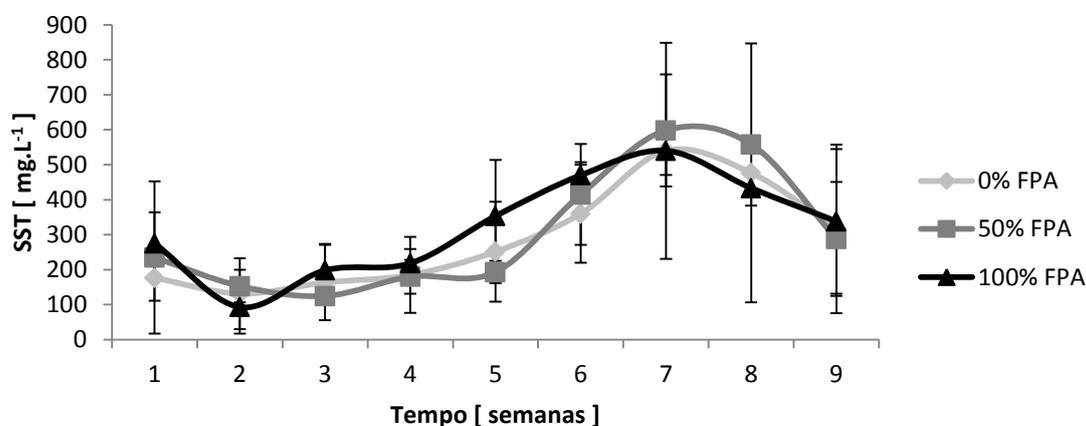
756 **Figura 7.** Variação das concentrações de fosfato ao longo de do ciclo de cultivo de
 757 *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe
 758 análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio
 759 padrão.
 760

761
 762 **Tabela 8.** Valores médios (média \pm desvio padrão) de sólidos suspensos totais (SST) e
 763 transparência da água observados durante o período experimental.
 764

Tratamento	0%	50%	100%
SST ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	249,31 \pm 182,52	259,72 \pm 194,76	279,16 \pm 168,41
Transparência (cm)	16,57 \pm 13,47	15,23 \pm 9,75	17,53 \pm 12,11

765
 766 Os resultados médios dos sólidos suspensos totais (SST) e transparência da água,
 767 monitorados ao longo do experimento estão expressos na tabela 8. Não houve diferença
 768 ($p > 0,05$) entre os tratamentos para ambas variáveis. A flutuação temporal dos SST está
 769 expressa na figura 8. Nota-se um aumento gradual nas concentrações de SST até um
 770 pico na sétima semana com subsequente queda. Durante as primeiras semanas, foi

771 observada floração de cianobactéria identificada como pertencente ao gênero *Nodulária*
772 sp.
773



774

775 **Figura 8.** Variação das concentrações de sólidos suspensos totais ao longo de do
776 ciclo de cultivo de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis
777 de farinha de peixe análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras
778 representando desvio padrão.

779

780

781 5.4.2. Desempenho zootécnico

782 Os resultados do desempenho zootécnico do *L. vannamei* submetido a três dietas
783 com diferentes quantidades de farinha de peixe análoga (FPA) são apresentados abaixo
784 como média e desvio padrão na tabela 9. A partir da sexta semana, foi registrada
785 mortalidade de camarões em diversas réplicas de todos os tratamentos. A taxa de
786 crescimento chegou a 1,2 g/semana, sendo o peso médio final na despesca de 10,4 g.
787 Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) em nenhum índice de
788 desempenho zootécnico entre os tratamentos testados.

789 **Tabela 9.** Desempenho zootécnico de *L. vannamei* em sistema intensivo com dietas de
790 diferentes níveis de farinha de peixe análoga (FPA). Resultados expressos em média \pm
791 desvio padrão para os índices de peso inicial e final, biomassa produzida, produtividade,
792 crescimento semanal, sobrevivência e conversão alimentar aparente (CAA).

Tratamento	0%	50%	100%
Sobrevivência (%)	60,4 ± 17,90	56,30 ± 26,24	63,90 ± 13,31
Peso Inicial (g)	2,0 ± 0,70	2,0 ± 0,60	1,90 ± 0,70
Peso Final (g)	11,2 ± 2,1	10,3 ± 2,0	9,7 ± 1,6
Crescimento Semanal (g)	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,5	1,0 ± 0,5
Biomassa Produzida (kg)	430,76 ± 109,08	358,21 ± 133,28	403,94 ± 5,78
Produtividade (kg.m ⁻²)	0,75 ± 0,14	0,64 ± 0,30	0,70 ± 0,13
Produtividade (ton/ha)	7,5 ± 1,4	6,4 ± 3,0	7,0 ± 1,3
CAA	1,7	2,1	1,8

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

5.5. DISCUSSÃO

A temperatura é um parâmetro fundamental na regulação metabólica dos camarões peneídeos, possuindo efeitos diretos sobre o consumo alimentar e as taxas de crescimento em ambientes de cultivo (Lowery, 1988; Wyban *et al.* 1995; Wasielesky, 2000). A temperatura média observada no experimento foi de 25,9°C, situada dentro da faixa ideal para o crescimento do camarão *L. vannamei* entre 24-35°C (Van Wyk & Scarpa, 1999).

O nível de oxigênio dissolvido (OD) no meio de cultivo é um parâmetro essencial para o sucesso da produção, especialmente em sistema de bioflocos onde a demanda de oxigênio é bastante intensa para suprir a respiração não só dos camarões, mas também da comunidade microbiana presente no meio (Cohen *et al.* 2005; Schryver *et al.* 2008; Avnimelech, 2009). Recomenda-se que as concentrações de OD mantenham-se acima de 5,0 mg.L⁻¹ (Boyd, 1989; Van Wyk & Scarpa, 1999), sendo a média observada no experimento em questão ideal para a espécie. Uma leve queda nas concentrações de OD pode ser observada na figura 2 durante a sétima semana de experimento, provavelmente devido ao aumento da biomassa associado à mortalidade observada durante o mesmo período, o que teria aumentado os níveis de matéria orgânica disponível para decomposição aeróbica pelos microrganismos. Todavia as concentrações de OD não atingiram níveis críticos para sobrevivência e crescimento dos camarões e tornaram a subir nas semanas subsequentes sem maiores prejuízos no desempenho zootécnico.

O pH e a salinidade durante o experimento mantiveram-se dentro das faixas ideais recomendadas por Van Wyk & Scarpa (1999). Da mesma forma se comportou a alcalinidade no sistema, cuja média de 220 mg.L⁻¹ manteve-se acima do mínimo de 100 mg CaCO₃.L⁻¹ recomendado por Ebeling *et al.* (2006) e Furtado (2014) para sistemas com limitada troca de água. A concentração média de fosfato foi de 0,22 mg.L⁻¹, valor este seguro para *L. vannamei* em sistema de bioflocos (Barboza, 2013).

A variação da concentração dos sólidos suspensos totais (SST) ao longo do experimento está expressa na figura 8. Para um melhor desempenho zootécnico os SST devem ficar em até 500 mg.L⁻¹, segundo estudos realizados em raceways em sistema superintensivo (Samocho *et al.* 2007; Avnimelech, 2009; Gaona *et al.* 2011). A concentração média observada no presente estudo (260 mg.L⁻¹) está dentro da faixa recomendada para a espécie. Para o controle de cianobactérias do gênero *Nodulária* sp., foram necessárias renovações parciais de 25 % do total de algumas unidades de todos os

846 tratamentos, o que explica a redução de SST observada entre a primeira e terceira
847 semana na figura 8.

848 Entretanto, a partir da sétima semana observou-se uma queda continua das
849 concentrações médias de SST (figura 8), associado a um *die-off* da comunidade
850 fitoplanctônica observada em réplicas dos três tratamentos. No período entre a sexta e
851 sétima semana de experimento foram registradas as maiores amplitudes térmicas do
852 período experimental (figura 1), com diferenças de mais de 10 °C na temperatura da
853 água em poucos dias. Nos dias subsequentes, observou-se a mudança de cor nos
854 viveiros, de verde para marrom pardo, sendo que a camada mais superficial da coluna
855 d'água tornou-se mais transparente, possibilitando a observação de uma densa massa
856 marrom parda logo abaixo da camada mais superficial, indicando a mortalidade e
857 parcial decantação do fitoplâncton. O observado *die-off* afetou também os compostos
858 nitrogenados no sistema. As concentrações de N-AT mantiveram-se dentro dos limites
859 seguros para o cultivo de *L. vannamei* (Lin & Chen, 2001). O nitrito, apesar de manter
860 sua média dentro dos limites seguros para a espécie ao longo do experimento,
861 apresentou picos no mesmo período de queda de temperatura das concentrações de SST
862 (sexta e sétima semana) conforme a se observa na figura 5.

863 Assim, duas hipóteses para as altas concentrações alcançadas pelo nitrito são
864 lançadas: (1) O pleno estabelecimento das comunidades de bactérias autotróficas
865 nitrificantes no sistema ocorrem após 30-40 dias de cultivo (Cohen *et al.*, 2005;
866 Krummenauer *et al.*, 2014), sendo que primeiro se estabelecem as bactérias amônia-
867 oxidantes (Krom *et al.*, 1995; Cohen *et al.*, 2005). O *die-off* ocorreu após o 40º dia de
868 experimento (entre a quinta e sexta semana), quando provavelmente as bactérias
869 amônia-oxidantes já estavam bem estabelecidas no sistema. Assim, mesmo com maior
870 disponibilização de amônia no sistema pela decomposição do fitoplâncton morto (Boyd
871 *et al.*, 1975), os níveis de amônia mantiveram-se estáveis pela sua oxidação em nitrito.
872 Entretanto, a comunidade de bactérias nitrito-oxidantes demora mais a se estabelecer
873 plenamente, estando ainda imatura durante o relatado evento, não suprindo, portanto a
874 demanda de nitrito a ser oxidado em nitrato. Ou (2), a quantidade de material
875 decomposto gerando amônia convertida em nitrito foi grande o suficiente para que,
876 mesmo com a comunidade de bactérias nitrito-oxidantes bem estabelecida durante o
877 evento de *die-off*, não havia biomassa suficiente de bactérias para total oxidação do
878 nitrito em nitrato.

879 Como se observa na figura 6, o nitrato já aparece no sistema desde a quarta semana
 880 de cultivo e isto, associado com o fato do sistema ter recebido inóculo de um sistema de
 881 bioflocos maduro, corrobora com a segunda hipótese apresentada. Entretanto só seria
 882 possível afirmar uma hipótese sobre a outra se análises mais específicas tivessem sido
 883 feitas ao longo de todo o ciclo.

884 Sabe-se que a toxicidade do nitrito é inversamente proporcional à salinidade do meio
 885 (Lin & Chen, 2003; Schuler *et al.*, 2010) Assim, acredita-se que para a salinidade média
 886 de 7,9 do presente estudo, as concentrações de 20 mg.L⁻¹ foram letais para o *L.*
 887 *vannamei*. Isto explica a baixa sobrevivência obtida no experimento, sendo que foi
 888 observada grande mortalidade de camarões na semana subsequente ao *die-off* e pico de
 889 nitrito. Todavia, a mortalidade em questão ocorreu no período final do experimento, não
 890 tendo relações com o desempenho das rações testadas, como mostram os resultados de
 891 desempenho zootécnico.

892 Abaixo, na tabela 10, segue uma comparação dos resultados de desempenho
 893 zootécnico do experimento em questão com trabalhos anteriores realizados nas mesmas
 894 unidades experimentais da EMA-FURG em ciclos de produção anteriores.

895

896 **Tabela 10.** Estudos realizados em experimentos anteriores nas mesmas unidades
 897 experimentais, juntamente com os resultados do presente estudo. CAA = conversão
 898 alimentar aparente

Trabalhos desenvolvidos na EMA-FURG com <i>L. vannamei</i> em sistema de bioflocos					
	Fróes <i>et al.</i> (2012)	Costa (2013)	Magalhães (2013)	Zemor (2014)	Presente estudo (2014)
Semanas	15	15	11	16	9
Densidade estocagem (camarões m. ⁻²)	85	100	42	100	120
Peso final (g)	10,72	10,05	11,70	14,37	10,4
Sobrevivência (%)	96,2	97,0	80,0	87,5	60,2
Crescimento (g.semana ⁻¹)	0,63	0,67	0,98	0,83	1,10
CAA	1,01	1,20	1,20	1,51	1,80

899

900 Os estudos anteriores utilizaram rações convencionais à base de farinha de peixe. O
901 presente estudo obteve um peso final de 10,4 g com substituição parcial e total da FP
902 por FPA, valor equiparável aos estudos de Fróes *et al.* (2012) e Costa (2013), porém
903 com maior densidade de estocagem e em metade do tempo de cultivo. Magalhães
904 (2013) obteve peso final de 11,7 g, entretanto trabalhando em sistema semi-intensivo
905 (42 camarões m.⁻²) e Zemor (2014) atingiu 14,37 g com o dobro de tempo de cultivo. O
906 presente estudo também apresentou a melhor taxa de crescimento semanal, chegando a
907 1,1 g semana⁻¹. A baixa conversão alimentar observada no presente estudo se deve à
908 baixa sobrevivência causada pelo nitrito, como discutido anteriormente.

909 Não foram observadas diferenças significativas no crescimento e peso final entre os
910 três tipos de rações testadas, indicando que a substituição parcial (50 %) ou total (100
911 %) da farinha de peixe por farinha de peixe análoga apresentou eficiência integral em
912 um cenário de produção comercial. As taxas de sobrevivência, apesar de afetadas pelas
913 altas concentrações pontuais de nitrito, também não diferiram entre os tratamentos, da
914 mesma forma que a produtividade (ton/ha), a qual foi o dobro da produtividade
915 nacional, sustentando a ideia de que os três tipos de ração possuíram igual desempenho.
916 Assim, a farinha de peixe análoga pode substituir em até 100 % a farinha peixe em
917 cultivos comerciais de *Litopenaeus vannamei* em viveiros intensivos com bioflocos.

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931 **5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

932

933 ABCC. 2013. Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos,
934 econômicos, sociais e ambientais da carcinocultura marinha no Brasil em 2011.

935 77p.

936 APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the
937 examination of water and wastewater. 20st edition. Washington, DC. 1193p.

938 AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon: nitrogen ratio as a control element in aquaculture
939 systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.

940 AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc technology - A practical guide book, first ed. The
941 World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.

942 BARBOZA, G, LARA, G, WASIELESKY JR, W. 2013. Efeito crônico do fósforo
943 sobre o desempenho zootécnico de juvenis de *Litopenaeus vannamei*. Trabalho
944 de conclusão de curso. Curso de Oceanologia. Universidade Federal do Rio
945 Grande.

946 BOYD, CE, PRATHER, EE, PARKS, RW. 1975. Sudden mortality of a massive
947 phytoplankton bloom. *Weed Science*, 23 (1): 61-67.

948 BOYD, CE. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming.
949 Alabama Agricultural experiment.Station, Auburn University.Alabama.

950 BURFORD, MA, THOMPSON, RP, MCINTOSH, RP, BAUMAN, RH, PEARSON,
951 DC. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus*
952 *vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*,
953 232:525–537.

954 COHEN, JM, SAMOCHA, TM, FOX, JM, GANDY, RL, LAWRENCE, AL. 2005.
955 Characterization of water quality factors during intensive raceway production of
956 juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure
957 management tools. *Aquacultural Engineering.*, 32: 425-442.

958 COSTA, CM. 2013. Cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, em sistema de
959 bioflocos em viveiros com diferentes densidades de estocagem e utilização de
960 água de subsolo. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em
961 Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 45 f.

962 EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the
963 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of
964 ammonia – nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.

965 FRÓES, C, G FÓES, D KRUMMENAUER, E BALLESTER, LH POERSCH & WJR
966 WASIELESKY. 2012. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo
967 em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*.
968 *Atlântica*, Rio Grande, 34(1) 31-39.

969 FURTADO, PS, GAONA, CAP, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2014.
970 Application of different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp
971 *Litopenaeus vannamei* with the biofloc technology (BFT). *Aquaculture*
972 *International.*, 22: 1009-1023.

973 GAONA, CAP, POERSCH, LH, KRUMMENAUER, D, FOES, GK, WASIELESKY,
974 W. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of
975 *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International*
976 *Journal of Recirculating Aquaculture*.11: (in press).

977 JORY, ED, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE,
978 CJ JACKSON, RP McINTOSH & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of
979 shrimp feed management: status and perspectives. Em: CL BROWDY and DE
980 JORY. *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable*
981 *Shrimp Culture*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, p.
982 104–152.

983 KROM, MD, ELLNER, S, VAN RIJN, J, NEORI, A. 1995. Nitrogen and phosphorus
984 cycling and transformations in a prototype ‘non-polluting’ integrated mariculture
985 system. *Eilat, Israel. Marine Ecology Program Service*, 118: 25–36.

986 KRUMMENAUER, D, SAMOCHA, T, POERSCH, L, LARA, G, WASIELESKY, W.
987 2014. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus*
988 *vannamei*, in BFT System. *Journal of the World Aquaculture Society.*, 45. doi:
989 10.1111/jwas.12093

990 LIN, YC, CHEN, JC. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei*
991 (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 259:109-
992 119.

993 LIN, YC, CHEN, JC. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
994 juveniles at different salinity levels. *Aquaculture.*, 224: 193-201.

- 995 LOWERY, RS. 1988. Growth, molting and reproduction. In: HOLDICH, DM &
996 LOWERY, RS (eds). Freshwater Crawfish: Biology Management and
997 Exploitation. Timber Press, Portland.
- 998 MAGALHÃES V. 2013 Análise comparativa da produção do camarão *Litopenaeus*
999 *vannamei* durante um ou dois ciclos intensivos em sistema BFT em viveiros no
1000 extremo sul do Brasil. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em
1001 Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 66f.
- 1002 SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, ALI, AM, BURGER, JM, ALMEIDA,
1003 RV, AYUB, Z, HARISANTO, M, HOROWITZ, A, BROOK, DL. 2007. Use of
1004 molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for
1005 *L. vanammei*. Aquacultural Engineering., 36: 184-191.
- 1006 SCHRYVER, P, CRAB, R, DEFOIRDT, T, BOON, N, VERSTRAETE, W. 2008. The
1007 basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. Aquaculture.,
1008 277: 125-137.
- 1009 SHULER, A, LEFFLER, JW. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth
1010 performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with
1011 zero water exchange: interaction of water quality variables. Aquacultural
1012 Engineering, 42:17–24.
- 1013 STRICKLAND, JDH, PARSONS, TR. 1972. A practical handbook of seawater
1014 analysis. Canada, Ottawa. Fishery Research Board. 310 p.
- 1015 UNESCO.1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
1016 Manual and Guides12, Intergovernmental Oceanographic Commissiony. Paris,
1017 France. 53 p.
- 1018 VAN WYK, P, SCARPA, J. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., *et*
1019 *al.* (eds.). Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Florida
1020 Department of Agriculture and Consumer Services. Tallahassee.
- 1021 WASIELESKY, W. 2000. Cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*
1022 (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros
1023 ambientais e manejo de cultivo. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica),
1024 Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 147p.
- 1025 WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY CL. 2006. Effect of
1026 natural production in a zero exchange suspended microbialfloc based super-
1027 intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture.
1028 258: 296-303.

1029 WYBAN, J, WA WALSH & DM GODIN. 1995. Temperature effects on growth,
1030 feeding rate and feed conversion of the pacific white shrimp *Penaeus vannamei*.
1031 *Aquaculture*, 138: 267-279.

1032 ZEMOR, JC, FÓES, GK. 2014. Utilização de diferentes sistemas de aeração em
1033 viveiros na fase de engorda do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, em
1034 cultivo intensivo com bioflocos. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-
1035 Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 37f.

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056 **6. CAPÍTULO 2 – UTILIZAÇÃO DA FARINHA DE PEIXE ANÁLOGA NA**
1057 **DIETA DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM ENGORDA**
1058 **SUPERINTENSIVA EM RACEWAYS COM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

1059 **6.1. INTRODUÇÃO**

1060 A produção de camarões marinhos na região sul do Brasil chegou a 5 mil
1061 toneladas/ano na década passada, o que correspondia a 6,0 % da produção nacional.
1062 Entretanto, perdeu força após a disseminação do vírus da mancha branca (WSSV) que
1063 dizimou as produções no estado de Santa Catarina, principal produtor da região.
1064 Atualmente, a somatória da produção dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio
1065 Grande do Sul, representa apenas 0,6 % da produção nacional (ABCC, 2013), com
1066 poucas fazendas espalhadas pelos três estados. Ainda assim, a região possui alto
1067 potencial para a atividade, com disponibilidade de áreas cultiváveis e fontes de água
1068 salgada e salobra em abundância. Unidades experimentais biosseguras com bioflocos
1069 em Santa Catarina já mostraram bons resultados sem manifestação do vírus da mancha
1070 branca (Poersch *et al.*, 2012), e no Rio Grande do Sul, a utilização de estufas para
1071 cultivo em sistema de bioflocos vem permitindo a produção nas estações mais frias do
1072 ano (Krummenauer *et al.*, 2011).

1073 Dados como estes corroboram a ideia de que a região pode voltar a representar uma
1074 parcela significativa da produção nacional. O sistema de bioflocos é a tecnologia mais
1075 adequada para viabilizar este processo. As unidades de produção em estufas
1076 (*greenhouse enclosed*) são muito menores em área se comparadas a viveiros abertos, o
1077 que propicia instalações de sistemas fechados com reúso da água nos ciclos de produção
1078 com mínimo, ou nenhum, despejo de efluentes (Burford *et al.*, 2004; De Schryver &
1079 Verstraete, 2009; Krummenauer *et al.*, 2014). Da mesma forma, unidades menores
1080 facilitam a implementação de medidas de biossegurança, reduzindo os riscos de
1081 introdução e disseminação de patógenos (Pruder, 2004).

1082 Outra vantagem da produção em estufas é a manutenção da temperatura, visto que
1083 tal parâmetro ambiental é de extrema importância para o sucesso da produção. Sendo
1084 organismos pecilotérmicos, os camarões sofrem forte influência da temperatura na sua
1085 regulação metabólica, o que dita seu consumo alimentar e consequente crescimento e,
1086 em casos mais extremos, pode interferir nas taxas de sobrevivência (Lowery, 1988;
1087 Wyban *et al.* 1995; Wasielesky, 2000). Sabe-se que a temperatura ideal da água para o
1088 crescimento do *Litopenaeus vannamei* é em torno de 28 °C (Ponce-Palafox *et al.*, 1997;
1089 Van Wyk & Scarpa, 1999), temperatura esta que só pode ser atingida nos cultivos em

1090 regiões subtropicais e temperadas com auxílio de aquecedores ou utilização de estufas
1091 nas estações mais frias do ano (Cohen *et al.*, 2005; Samocha *et al.*, 2007;
1092 [Krummenauer, 2012](#)). A produção de camarões em estufas na região sul do Brasil pode
1093 viabilizar a extensão do período de engorda, possibilitando a realização de ciclos mais
1094 longos ou fases de produção específicas para camarões de maior tamanho, ou seja, até
1095 20 g ou, conforme a classificação utilizada no mercado, camarões 50/60 (50 a 60 peças
1096 por quilograma), os quais possuem maior valor de mercado.

1097 Entretanto, esta técnica de produção se caracteriza como um sistema superintensivo,
1098 com elevadas densidades, grande biomassa no sistema e, portanto elevado consumo de
1099 ração, fazendo-se assim necessário aprimorar a tecnologia, tanto dos métodos de cultivo
1100 quanto dos próprios insumos. O uso de farinha de peixe como ingrediente das rações é
1101 um dos principais gargalos para o desenvolvimento sustentável da carcinocultura, e
1102 como discutido anteriormente, sua substituição por um ingrediente de eficiência
1103 equivalente é alvo de grande esforço de pesquisadores ao redor do mundo.

1104 Buscando simular uma situação real de produção para a região sul do Brasil, o
1105 presente estudo realizou uma fase de engorda específica para camarões 50/60 peças kg⁻¹
1106 utilizando farinha de peixe análoga como fonte proteica na ração. Esta fase foi
1107 subsequente a uma primeira fase de engorda realizada em viveiros abertos durante o
1108 verão que produziu camarões com tamanho comercial de 80/100 (aproximadamente 10
1109 g).

1110

1111 **6.2. OBJETIVOS**

1112 **6.2.1. Objetivo Geral**

1113 Avaliar a utilização de farinha de peixe análoga como fonte proteica na engorda do
1114 superintensiva do camarão *Litopenaeus vannamei* em *raceways* com sistema de
1115 bioflocos.

1116 **6.2.2. Objetivos específicos**

1117 Avaliar o desempenho zootécnico do *L. vannamei* submetido a dietas com diferentes
1118 níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de peixe análoga (FPA) como
1119 fonte proteica na produção de camarões de grande porte;

1120 Avaliar a qualidade da água do cultivo de *L. vannamei* submetido a dietas com
1121 diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de peixe análoga como
1122 fonte proteica na produção de camarões de grande porte.

1123

1124 **6.3. MATERIAL E MÉTODOS**

1125

1126 **6.3.1. Delineamento experimental**

1127 O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA-FURG)
1128 entre o verão e outono de 2014. Foram utilizados juvenis de *L. vannamei* com peso
1129 médio inicial de $9,25 \pm 1,9$ g provenientes de um único viveiro do experimento 1, o qual
1130 fez parte do tratamento 0 % FPA, sem nenhuma alimentação com rações a base de
1131 farinha de peixe análoga.

1132 O experimento foi realizado em nove tanques de 35 m^2 revestidos por
1133 geomembrana (Nortene[®] 1,5 mm) e recobertos por uma estufa. A estrutura contou com
1134 sistema de aeração por difusão de ar, alimentado por um soprador de 7,0 HP e
1135 distribuído pelos tanques por linhas de mangueiras microperfuradas (Aerotubes[®]). Em
1136 cada tanque foram utilizados dois substratos artificiais com panagens do tipo
1137 Needlona[®], aumentando a área de superfície vertical de cada tanque em $15,36 \text{ m}^2$ (80 %
1138 da área vertical de cada tanque). Cada substrato artificial possui $7,68 \text{ m}^2$ de área, sendo
1139 quatro panagens de 1,2 m largura por 0,8m de altura (os dois lados de cada panagem
1140 foram considerados para o cálculo). Os camarões foram estocados a uma densidade de
1141 $220 \text{ camarões.m}^{-2}$ e o experimento teve duração de 11 semanas.

1142 Foram confrontados três tratamentos (com três repetições cada) diferenciados
1143 entre si pela quantidade de farinha de peixe (FP) substituída por farinha de peixe
1144 análoga (FPA) na formulação da ração ofertada: tratamento 0 % FPA com 0 % do
1145 conteúdo de FP da ração substituído por FPA; tratamento 50 % FPA com 50 % do
1146 conteúdo de FP da ração substituído por FPA; e tratamento 100 % FPA com 100 % de
1147 substituição de FP da ração por FPA. A ração utilizada foi a *Potimar Active 38*[®],
1148 fabricada pela Guabi[®] e as três formulações, apesar de diferirem na fonte de proteína
1149 utilizada eram isoproteicas e isoenergéticas (38 % de proteína bruta e 7,5 % de extrato
1150 etéreo). Durante o período experimental, os camarões foram alimentados três vezes ao
1151 dia e a quantidade de ração oferecida seguiu a metodologia sugerida por *Jory et al.*

1152 (2001). Foram utilizadas bandejas de alimentação para auxiliar no controle do consumo
1153 aparente.

1154 A água utilizada no experimento foi proveniente de captação direta da zona
1155 costeira e misturada com água captada do subsolo. Após o ajuste de salinidade a fim de
1156 que todas as repetições dos três tratamentos estivessem isoalinas, a água foi clorada a
1157 1,0 ppm e posteriormente declorada com vitamina C a 1,0 ppm.

1158 Para acelerar a formação dos bioflocos foi utilizado um inóculo correspondente a 20
1159 % do volume total da unidade experimental (Krummenauer *et al.*, 2014), proveniente de
1160 uma produção de camarão em andamento na EMA-FURG.

1161 Ao longo de todo o experimento foram realizadas aplicações de probiótico comercial
1162 Pro-W (INVE[®]) por meio de duas vias de aplicação: diretamente na água (0,5 ppm três
1163 vezes por semana) e misturada na ração (diariamente 3 g kg⁻¹ ração).

1164 Foram realizadas biometrias semanais (n=100) para avaliação do desempenho
1165 zootécnico, como descrito no item 3.5 da metodologia geral.

1166

1167 **6.3.2. Variáveis físicas e químicas da água**

1168 O monitoramento da temperatura, oxigênio dissolvido e pH foi realizado duas
1169 vezes ao dia, as 0800 h e as 1700 h com auxílio de um aparelho multiparâmetro YSI
1170 556 MPS (YSI[®] Inc., Yellow Springs, Ohio, Estado Unidos). O mesmo equipamento
1171 foi utilizado para monitoramento da salinidade duas vezes por semana.

1172 Concentrações de amônia total e nitrito foram mensuradas três vezes por semana
1173 através do método UNESCO (1983) e nitrato e fosfato uma vez por semana de acordo
1174 com a metodologia de Strickland & Parsons (1972).

1175 Alcalinidade foi mensurada três vezes por semana utilizando o método APHA
1176 (1998) e quando esta se apresentava abaixo de 160 mg CaCO₃.L⁻¹ eram feitos ajustes
1177 com hidróxido de cálcio, caso o pH decaísse para valores menores de 7,3 (níveis
1178 recomendados por Ebeling *et al.*, 2006), seguindo a metodologia descrita por Furtado *et*
1179 *al.* (2011).

1180 Três vezes por semana foram mensurados os sólidos suspensos totais, por meio do
1181 método de análise adaptado de Strickland & Parsons (1972). Os níveis dos sólidos
1182 foram mantidos abaixo de 500 mg.L⁻¹ conforme recomendado por Samocha *et al.*
1183 (2007) e Gaona *et al.* (2011) por meio de processo de clarificação em decantadores.
1184 Duas vezes por semana foi determinado o volume dos flocos (mL.L⁻¹) por meio da

1185 utilização de cone Imhoff, no qual era registrado o volume dos bioflocos em 1,0 L de
1186 amostra de água após 15 minutos de sedimentação (Avnimelech, 2007).

1187

1188 6.4. Resultados

1189 6.4.1. Variáveis físico-químicas da água

1190 As médias dos resultados obtidos para temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido
1191 (mg.L⁻¹), alcalinidade (mg CaCO₃.L⁻¹) e salinidade (‰) durante o período experimental
1192 nos diferentes tratamentos são apresentados na tabela 11. Não foram observadas
1193 diferenças significativas (p>0,05) para tais parâmetros entre os tratamentos.

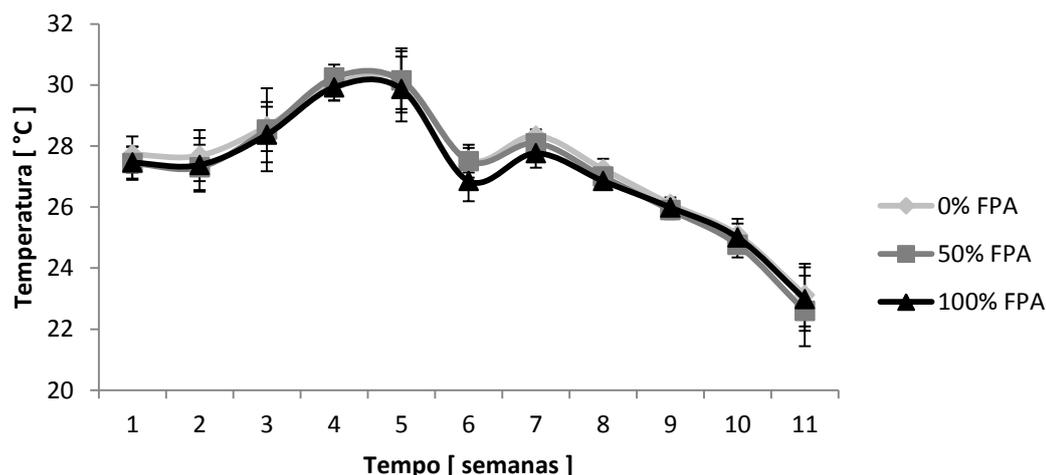
1194 **Tabela 11.** Valores (média ± desvio padrão) de temperatura, oxigênio dissolvido (OD),
1195 pH, salinidade e alcalinidade para os tratamentos 0%, 50% e 100% FPA durante o
1196 período experimental.

Tratamento	0%	50%	100%
Temperatura (°C)	27,5 ± 2,1	27,3 ± 2,3	27,5 ± 1,9
O.D. (mg.L ⁻¹)	5,67 ± 0,79	5,71 ± 0,75	5,84 ± 0,72
pH	7,70 ± 0,31	7,70 ± 0,20	7,75 ± 0,22
Salinidade (‰)	18,20 ± 0,54	18,17 ± 0,81	17,43 ± 0,99
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	138,87 ± 37,16	142,27 ± 43,07	153,44 ± 42,43

1197

1198 As variações de temperatura, oxigênio dissolvido e pH estão representadas nas
1199 figuras 9, 10 e 11, respectivamente. É possível observar que durante as quatro primeiras
1200 semanas de experimento a temperatura média dos três tratamentos (figura 9) se
1201 manteve acima dos 27 °C, atingindo seu pico de 31 °C entre a quarta e quinta
1202 semana, a partir da queda gradual até o mínimo de 21 °C, no final do experimento, início
1203 do período de outono na região sul do Brasil.

1204



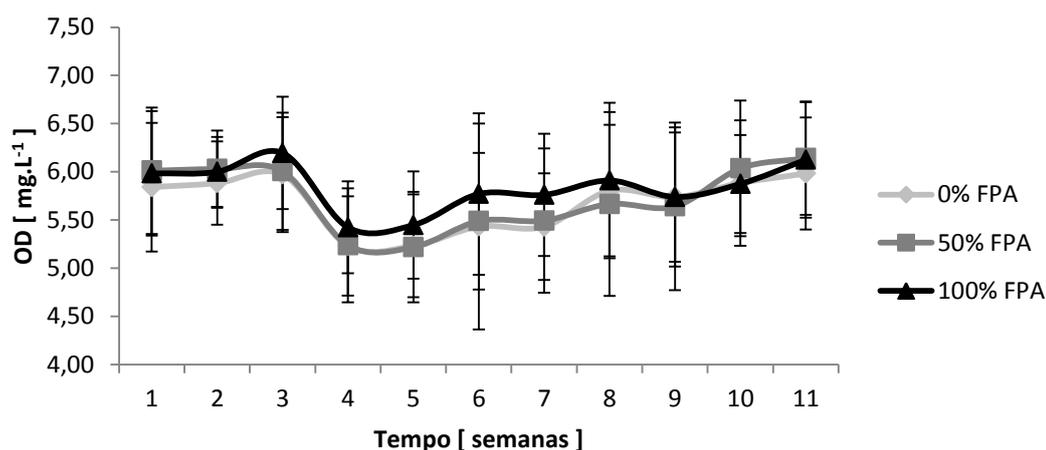
1205
 1206 **Figura 9.** Variação da temperatura ao longo do ciclo de cultivo de *L. vannamei* em
 1207 meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe análoga na
 1208 ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio padrão.

1209

1210 As concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) em todos os tratamentos
 1211 mantiveram-se entre 5,0 e 7,0 mg.L⁻¹, com ligeiras variações diárias e sem diferenças
 1212 entre os tratamentos (figura 10). Uma ligeira queda nas concentrações de OD pode ser
 1213 observada entre a terceira e quarta semana com gradual aumento nas semanas seguintes.

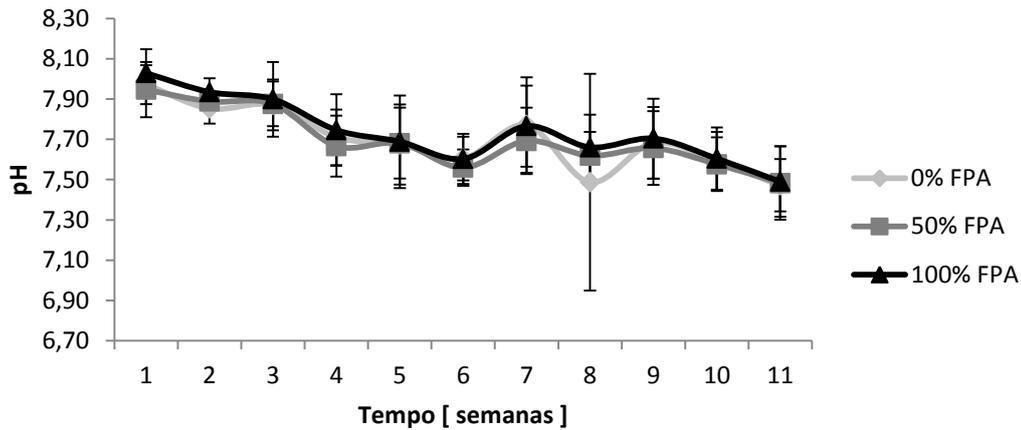
1214 As médias de pH (figura 11) de todos os tratamentos sofreram um ligeiro
 1215 decréscimo, porém sem diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

1216



1217
 1218 **Figura 10.** Variação das concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do ciclo de
 1219 cultivo de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de
 1220 farinha de peixe análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras
 1221 representando desvio padrão.

1222
1223



1224
1225
1226
1227
1228

Figura 11. Variação do pH ao longo do ciclo de cultivo de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio padrão.

1229 Os resultados médios dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato)
1230 monitorados durante o experimento, bem como do fosfato, são apresentados na tabela
1231 12. As concentrações médias de amônia total (mg N-AT.L^{-1}) não diferiram entre os
1232 tratamentos ($p>0,05$), porém como observa-se na figura 12, que expressa a flutuação
1233 temporal da amônia total, o tratamento 100 % FPA apresentou um ligeiro pico nas
1234 concentrações de N-AT na nona semana, atingindo $0,5 \text{ mg N-AT.L}^{-1}$. Contudo, as
1235 concentrações de amônia total mantiveram-se menores do que as concentrações iniciais
1236 de cada tratamento e abaixo de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

1237 **Tabela 12.** Concentrações médias dos compostos nitrogenados e fósforo (média \pm
1238 desvio padrão) nos tratamentos 0%, 50% e 100% FPA ao longo do período
1239 experimental.

Tratamento	0%	50%	100%
N-AT (mg.L^{-1})	$0,087 \pm 0,2$	$0,054 \pm 0,1$	$0,124 \pm 0,3$
N-NO ₂ (mg.L^{-1})	$0,48 \pm 0,57$	$0,33 \pm 0,54$	$0,60 \pm 0,80$
N-NO ₃ (mg.L^{-1})	$108,97 \pm 57,26$	$114,43 \pm 66,90$	$80,98 \pm 39,30$
P-PO ₄ ³⁻ (mg.L^{-1})	$2,56 \pm 1,13$	$2,34 \pm 0,85$	$2,03 \pm 0,63$

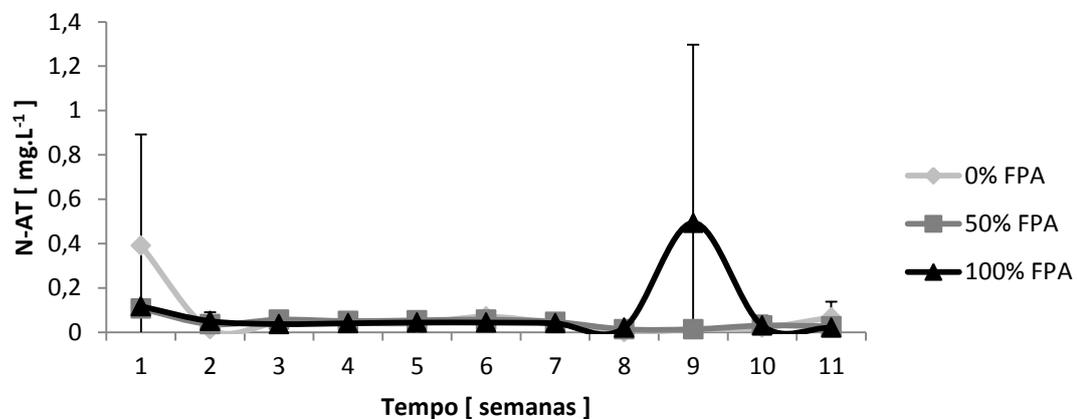
1240
1241
1242

As concentrações médias de nitrito ($\text{mg N-NO}_2.\text{L}^{-1}$) não diferiram significativamente ($p>0,05$) entre os tratamentos e a figura 13 mostra sua variação temporal. É possível

1243 observar que as maiores concentrações deste nutriente ocorreram no início do período
1244 experimental e logo diminuíram mantendo-se abaixo de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ durante quase toda a
1245 duração do experimento.

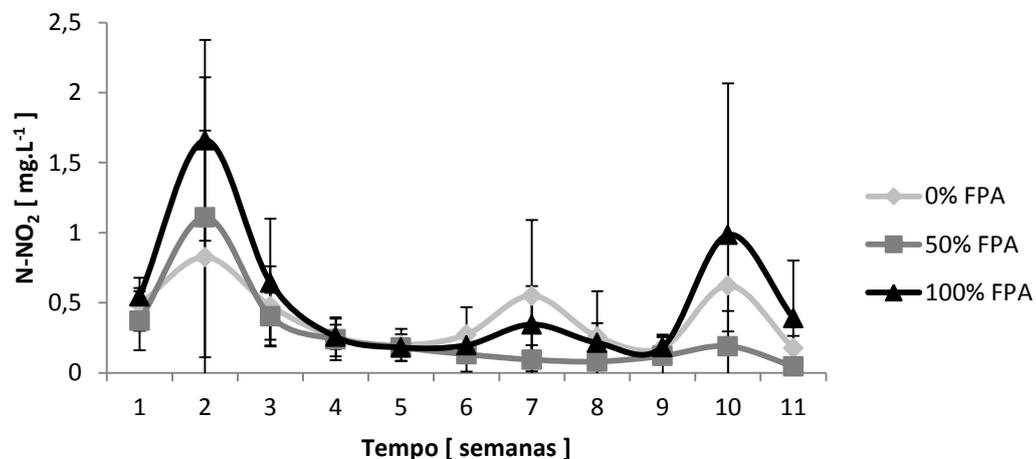
1246 O nitrato não apresentou diferenças significativas entre as concentrações médias (mg
1247 $\text{N-NO}_3.\text{L}^{-1}$) dos tratamentos. A figura 14 expressa a variação temporal das médias de
1248 cada tratamento. Observa-se que os valores das concentrações de nitrato aumentaram
1249 desde o início do experimento, atingindo um pico mais acentuado na nona semana. Nos
1250 dias subsequentes e até o final do experimento houve ligeira queda nos níveis de nitrato
1251 e não foi mais observada nenhuma diferença entre os tratamentos.

1252



1253

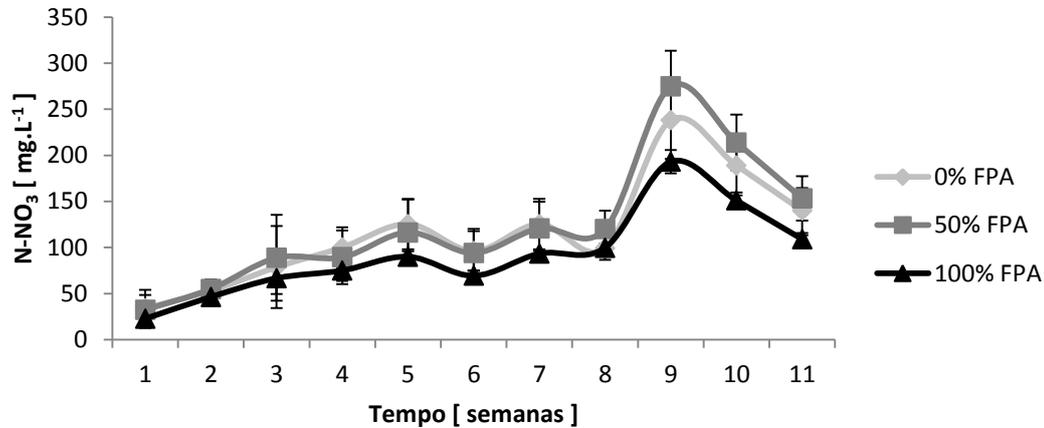
1254 **Figura 12.** Variação das concentrações de amônia total ao longo do ciclo de cultivo
1255 de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de
1256 peixe análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando
1257 desvio padrão.



1258

1259 **Figura 13.** Variação das concentrações de nitrito ao longo do ciclo de cultivo de
1260 *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe

1261 análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio
 1262 padrão.



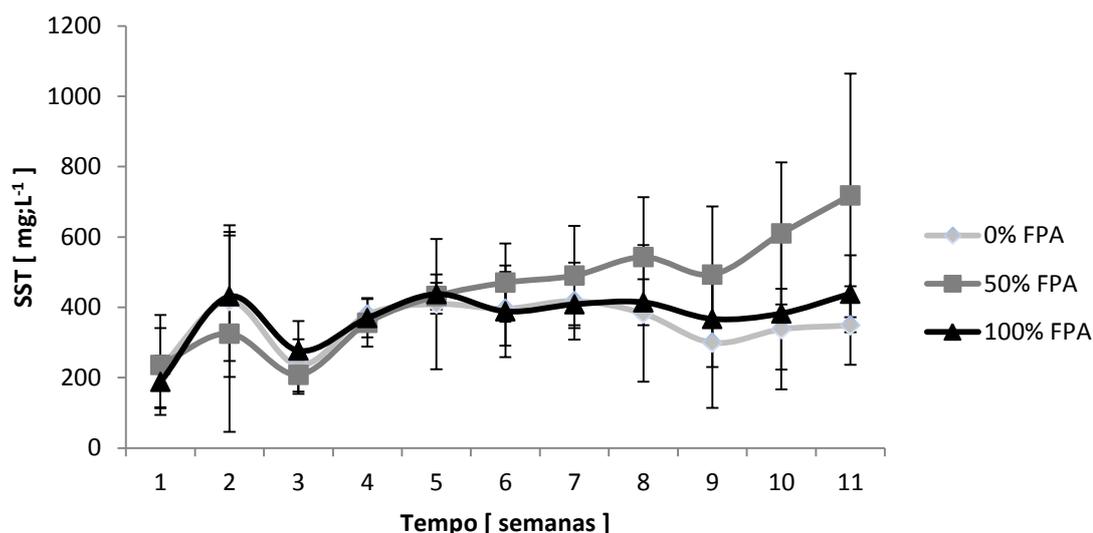
1263 **Figura 14.** Variação das concentrações de nitrato ao longo do ciclo de cultivo de *L.*
 1264 *vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis de farinha de peixe
 1265 análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras representando desvio
 1266 padrão.
 1267
 1268

1269 Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) nas concentrações de fosfato entre os
 1270 três tratamentos. Os resultados médios de sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}) e sólidos
 1271 sedimentáveis (mL.L^{-1}) estão expressos na tabela 13.

1272 **Tabela 13.** Valores médios (média \pm desvio padrão) de sólidos suspensos totais (SST) e
 1273 sólidos sedimentáveis (SS) observados durante o período experimental.
 1274

Tratamento	0%	50%	100%
SST (mg.L^{-1})	343,13 \pm 141,26 ^a	430,83 \pm 204,46 ^b	361,70 \pm 121,03 ^{ab}
SS (mL.L^{-1})	20,50 \pm 14,70	40,28 \pm 35,91	28,62 \pm 19,82

1275
 1276 É possível observar diferença ($p < 0,05$) nas médias dos sólidos suspensos totais entre
 1277 os tratamentos 0 % FPA e 50 % FPA, embora ambos não tenham diferido ($p > 0,05$) do
 1278 tratamento 100% FPA. A variação temporal dos sólidos suspensos totais está expressa
 1279 na figura 16, onde se observa uma homogeneidade entre os tratamentos até a quinta
 1280 semana, quando o tratamento 50 % FPA se diferencia por uma ascensão gradual da
 1281 concentração de sólidos suspensos na água que persiste até o final do experimento. A
 1282 análise estatística não mostrou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os sólidos
 1283 sedimentáveis dos três tratamentos.



1284

1285 **Figura 16.** Variação das concentrações de sólidos suspensos totais ao longo do
 1286 ciclo de cultivo de *L. vannamei* em meio à bioflocos e alimentado com diferentes níveis
 1287 de farinha de peixe análoga na ração. Valores médios de cada tratamento e barras
 1288 representando desvio padrão.

1289

1290

1291

6.4.2. Desempenho zootécnico

1292

1293

1294

1295

1296

Os resultados do desempenho zootécnico do *L. vannamei* submetido às três dietas com diferentes quantidades de farinha de peixe análogo (FPA) são apresentados abaixo como média e desvio padrão na tabela 14. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) em nenhum índice de desempenho zootécnico entre os tratamentos testados.

1297

1298

1299

1300

1301

Tabela 14. Desempenho zootécnico de *L. vannamei* engordado em sistema superintensivo com dietas de diferentes níveis de farinha de peixe análoga (FPA). Resultados expressos em média \pm desvio padrão para os índices de peso inicial e final, biomassa inicial, final e produzida, produtividade inicial e final, crescimento semanal, sobrevivência e conversão alimentar aparente (CAA).

Tratamento	0%	50%	100%
Sobrevivência (%)	92,11 \pm 8,15	95,58 \pm 2,93	97,60 \pm 3,40
Crescimento Semanal (g)	0,93 \pm 0,09	0,86 \pm 0,12	0,85 \pm 0,11
Peso Inicial (g)	9,25 \pm 1,9	9,25 \pm 1,9	9,25 \pm 1,9
Peso Final (g)	19,47 \pm 4,63	18,73 \pm 4,10	18,59 \pm 3,90

Biomassa Inicial (kg)	64,75	64,75	64,75
Biomassa Final (kg)	125,16±5,21	125,22±6,53	127,40±3,39
Biomassa Produzida (kg)	60,41±5,21	64,7±6,53	62,65±3,39
Produtividade Final (kg.m ⁻³)	4,47±0,19	4,47±0,23	4,55±0,12
CAA	1,95±0,16	1,93±0,18	1,70±0,34

1302

1303

1304 6.5. Discussão

1305 A temperatura exerce um importante papel modulador sobre os processos
1306 bioquímicos dos organismos aquáticos, o que reflete diretamente sobre a sobrevivência,
1307 consumo alimentar e crescimento dos camarões peneídeos. Apesar de tolerar uma ampla
1308 faixa de temperatura, o *L. vannamei* tem seu crescimento otimizado entre 25-35 °C. No
1309 experimento em questão a temperatura média (27,5 °C) está dentro da faixa ideal para a
1310 espécie (Ponce-Palafox *et al.*, 1997; Van Wyk & Scarpa, 1999).. Entretanto a partir da
1311 sexta semana as temperaturas declinaram gradualmente (figura 9) devido à entrada de
1312 frentes frias características do período de outono. Samocha *et al.* (2007) obtiveram
1313 crescimento de 0,9 g semana⁻¹ com temperatura média de 29°C trabalhando com
1314 densidade menor que a do presente estudo e Schweitzer *et al.* (2013a), com 480
1315 camarões.m⁻² e temperatura média de 29,5 °C atingiu crescimento médio de 0,65 g
1316 semana⁻¹. Todavia, taxa de crescimento semanal observada no presente estudo manteve-
1317 se numa média de 0,88 g.semana⁻¹.

1318 A concentração média de oxigênio dissolvido (OD) ao longo do ciclo de cultivo está
1319 (5,7 mg.L⁻¹), dentro dos limites ideais para a espécie (Van Wyk & Scarpa, 1999). Um
1320 leve declínio nas concentrações de OD (figura 10) ocorreu entre a terceira e quarta
1321 semana do ciclo, provavelmente resultante do aumento nas concentrações de sólidos
1322 suspensos ocorrido no mesmo período (figura 16) associado à alta demanda pela
1323 respiração dos camarões e da alta biomassa microbiana presente no meio. Entretanto
1324 não foram atingidas concentrações críticas para o desempenho zootécnico dos animais e
1325 as concentrações de OD estabilizaram-se nas semanas subsequentes conforme o
1326 controle dos sólidos suspensos foi administrado via técnica de clarificação.

1327 O pH e a salinidade mantiveram-se dentro dos limites considerados ideais para a
1328 espécie (Van Wyk & Scarpa, 1999). A alcalinidade média do cultivo (144 mg CaCO₃.L⁻¹

1329 ¹) manteve-se dentro da faixa recomendada para (Ebeling *et al.*, 2006; Furtado *et al.*,
1330 2011) sistemas com limitada troca de água.

1331 Os compostos nitrogenados monitorados ao longo do experimento (amônia, nitrito e
1332 nitrato) mantiveram-se dentro de valores toleráveis para o *L. vannamei* (Van Wyk &
1333 Scarpa, 1999; Lin & Chen, 2001; Lin & Chen, 2003. Diversos autores (Ebeling *et al.*,
1334 2006; Samocha *et al.*, 2007; Avinimelech, 2009) já documentaram a remoção de
1335 amônia, em sistemas com limitada troca de água, via manutenção da relação carbono:
1336 nitrogênio em 15-20: 1 que favorece a assimilação do nitrogênio amoniacal em forma
1337 de proteína microbiana. Cohen (2005), Ebeling *et al.* (2006), Schryver *et al.* (2008) e
1338 Avinimelech (2009) também descreveram outras rotas de controle do nitrogênio
1339 inorgânico acumulado no sistema, onde bactérias nitrificantes oxidam amônia em nitrito
1340 e nitrito em nitrato, reduzindo a concentração desses compostos no sistema e
1341 produzindo mais proteína microbiana (Chen *et al.* 2006). A elevação desses compostos
1342 nitrogenados pode ser prejudicial aos crustáceos, causando vários efeitos adversos tais
1343 como redução do crescimento e sobrevivência (Lin & Chen, 2001; Furtado *et al.*, 2015).
1344 Acredita-se que a utilização de inóculo (biofoco maduro) correspondente a 5,0 % do
1345 volume útil do tanque pode ter contribuído para os baixos valores dos compostos
1346 nitrogenados. De acordo com Krummenauer *et al.* (2014), o uso de inóculo acima de 1,0
1347 % acelera a formação dos agregados microbianos, bem como a estabilização dos
1348 nitrogenados no sistema de cultivo. O nitrato tende a acumular no sistema de biofocos
1349 devido ao processo de nitrificação, principalmente quando existe a reutilização de água
1350 ou utilização de inóculo (Kuhn, 2010). Furtado (2014), testando a toxicidade aguda do
1351 nitrato em sistema de biofocos, relata que concentrações acima de 300 mg.L⁻¹ causaram
1352 redução no crescimento e mortalidade ao afetar as brânquias e hepatopâncreas. No
1353 presente estudo foi observado um pico de nitrato chegando a concentrações próximas de
1354 300 mg.L⁻¹ durante a nona semana, porém a média ao longo do cultivo foi de 100 mg.L⁻¹
1355 ¹ e não foram observadas mortalidades, tampouco redução de crescimento dos animais.

1356 Da mesma forma que o nitrato, o fosfato também tende a acumular em sistemas com
1357 mínima renovação de água. No presente estudo as concentrações médias de fosfato
1358 foram de 2,30 mg.L⁻¹. Concentrações de até 50 mg.L⁻¹ de fosfato em sistema de
1359 biofocos não causam nenhum efeito negativo no desempenho zootécnico do *L.*
1360 *vannamei* (Barboza, 2013).

1361 Os valores médios das concentrações de SST foram mantidos dentro das
1362 concentrações recomendadas por Samocha *et al.*, (2007) e Gaona *et al.* (2011), que são

1363 500 mg.L⁻¹. Quando as concentrações alcançavam valores superiores, o sistema de
1364 clarificação era acionado. Concentrações de sólidos suspensos totais inferiores a 200
1365 mg.L⁻¹ podem afetar o processo de nitrificação e concentrações acima de 800 mg.L⁻¹
1366 podem causar colmatação das brânquias causando mortalidade (Schveitzer *et al.*,
1367 2013a), porém tais efeitos não foram observados no presente estudo. A diferença
1368 observada entre os tratamentos 0 % FPA e 50 % FPA se deve ao esforço de contenção
1369 dos sólidos via clarificação que foi mais intenso no tratamento 0 % FPA em
1370 comparação ao 50 % FPA.

1371 As taxas de sobrevivência obtidas no experimento em questão não apresentaram
1372 diferenças significativas entre os tratamentos e chegaram a uma média de 95,1 %,
1373 resultado comparável aos reportados em outros estudos com substituição de farinha de
1374 peixe por proteínas de animais terrestres (Dominy & Ako, 1988; Tan *et al.*, 2005; Cruz-
1375 Suárez *et al.*, 2007; Chi *et al.*, 2009; Ye *et al.*, 2011).

1376 Não foram observadas diferenças nas taxas de crescimento entre os três tratamentos.
1377 O crescimento médio observado foi de 0,88 g semana⁻¹, semelhante ao reportado por
1378 Samocha *et al.* (2007) e Ye *et al.* (2011) em estudos substituindo a farinha de peixe por
1379 ingrediente semelhante à FPA. No entanto, outros estudos utilizando sub-produtos da
1380 indústria animal terrestre como fonte proteica na dieta de *L. vannamei* apresentaram
1381 crescimentos inferiores aos reportados no presente estudo (Dominy & Ako, 1988;
1382 Forester *et al.*, 2003; Tan *et al.*, 2005; Chi *et al.*, 2009).

1383 A CAA também não diferiu entre os tratamentos e foi melhor que a CAA de 2,2: 1
1384 reportada por Tacon *et al.* (2010) em estudo com ingrediente semelhante à FPA. Já a
1385 produtividade média do presente estudo, a qual não diferiu entre os tratamentos, chegou
1386 a 4,5 kg.m⁻³, superior às reportadas em outros estudos de engorda de camarão em
1387 sistema superintensivo de bioflocos (Samocha *et al.*, 2011; Krummenauer *et al.*, 2014).

1388 Acredita-se que, além do perfil nutricional adequado da FPA, um dos fatores que
1389 possa ter contribuído para os bons resultados reportados e a inexistência de diferenças
1390 entre os tratamentos seja o consumo dos bioflocos pelos camarões. Diversos estudos já
1391 demonstraram que o consumo de bioflocos melhora as taxas de sobrevivência e
1392 crescimento do *L. vannamei*. Quando comparados à farinha de peixe, os sub-produtos
1393 utilizados como ingredientes da FPA apresentam, individualmente, deficiências em
1394 amino ácidos essenciais como a metionina e lisina e ácidos graxos HUFA (Forestes *et*
1395 *al.*, 2003; Tan *et al.*, 2005; Chi *et al.*, 2009) e os bioflocos seriam as fontes dos amino
1396 ácidos e ácidos graxos ausentes na FPA (Xie *et al.*, 2012; Richard *et al.*, 2010),

1397 servindo, portanto como suplemento nutricional para os camarões melhorando o
1398 desempenho zootécnico.

1399 Diante dos dados gerais do desempenho zootécnico para camarões 50/60 em sistema
1400 superintensivo de bioflocos indica se o uso de FPA 100% em substituição ao FP

1401

1402

1403

1404

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411

1412

1413

1414

1415

1416

1417

1418

1419

1420

1421

1422

1423

1424

1425 **6.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1426

1427 ABCC. 2013. Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos,
1428 econômicos, sociais e ambientais da carcinocultura marinha no Brasil em 2011.
1429 77p.

1430 ABREU, PC, BALLESTER, ELC, ODEBRECHT, C, WASIELESKY, W, CAVALLI,
1431 RO, GRANÉLI, W, ANESIO, AM. 2007. Importance of biofilm as food source
1432 for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and
1433 $\delta^{15}\text{N}$). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology., 347: 88-96.

1434 APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the
1435 examination of water and wastewater. 20st edition. Washington, DC. 1193p.

1436 AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge
1437 bio- flocs technology ponds. Aquaculture, 264:140–147.

1438 AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc technology - A practical guide book, first ed. The
1439 World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.

1440 BALLESTER, ELC, WASIELESKY, W, CAVALLI, RO, ABREU, PC. 2007. Nursery
1441 of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates:
1442 Biofilm composition and shrimp performance. Aquaculture., 269: 355-362

1443 BARBOZA, G, LARA, G, WASIELESKY JR, W. 2013. Efeito crônico do fósforo
1444 sobre o desempenho zootécnico de juvenis de *Litopenaeus vannamei*. Trabalho
1445 de conclusão de curso. Curso de Oceanologia. Universidade Federal do Rio
1446 Grande.

1447 BURFORD, MA, THOMPSON, RP, MCINTOSH, RP, BAUMAN, RH, PEARSON,
1448 DC. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus*
1449 *vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture,
1450 232:525–537. CHI, S, TAN, B, MAI, K, ZHENG, S. 2009. Growth and feed
1451 efficiency of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets
1452 containing different levels of poultry by-product meal. J. Ocean Univ. China., 8:
1453 399-403.

1454 CHEN, S, LING, J, BLANCHETON, JP. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as
1455 affected by water quality factors. Aquacultural Engineering., 34: 179-197.

1456 COHEN, JM, SAMOCHA, TM, FOX, JM, GANDY, RL, LAWRENCE, AL. 2005.
1457 Characterization of water quality factors during intensive raceway production of

1458 juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure
1459 management tools. *Aquacultural Engineering.*, 32: 425-442.

1460 CRUZ-SUÁREZ, LE, NIETO-LÓPEZ, M, GUAJARDO-BARBOSA, C, TAPIA-
1461 SALAZAR, M, SCHOLZ, U, RICQUE-MARIE, D. 2007. Replacement of fish
1462 meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*,
1463 and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture.*, 272: 466-476.

1464 DE SCHRUYVER, P, R CRAB, T DEFOIRDT, N BOON, AND W VERSTRAETE.
1465 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture.
1466 *Aquaculture*, 277:125–137.

1467 DOMINY, WG, AKO, H. 1988. The utilization of blood meal as a protein ingredient in
1468 the diet of the marine shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture.*, 70: 289-299.

1469 EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the
1470 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of
1471 ammonia – nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.

1472 FORSTER, IP, DOMINY, W, OBALDO, L, TACON, AGJ. 2003. Rendered meat and
1473 bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone,
1474 1931). *Aquaculture.*, 219: 655-670.

1475 FURTADO, PS, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2011. Effect of Calcium
1476 Hydroxide, Carbonate and Sodium Bicarbonate on Water Quality and
1477 Zootechnical Performance of Shrimp *Litopenaeus vannamei* Reared in Bio-Flocs
1478 Technology (BFT) Systems. *Aquaculture*, 321:130-135.

1479 FURTADO, PS, GAONA, CAP, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2014.
1480 Application of different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp
1481 *Litopenaeus vannamei* with the biofloc technology (BFT). *Aquaculture*
1482 *International.*, 22: 1009-1023.

1483 FURTADO, PS, CAMPOS, BR, SERRA, FP, KLOSTERHOFF, M, ROMANO, LA,
1484 WASIELESKY, W. 2015. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp,
1485 *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture*
1486 *International.*, 23: 315-327.

1487 GAONA, CAP, POERSCH, LH, KRUMMENAUER, D, FOES, GK, WASIELESKY,
1488 W. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of
1489 *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International*
1490 *Journal of Recirculating Aquaculture.* 11: (in press).

1491 JORY, ED, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE,
1492 CJ JACKSON, RP McINTOSH & J CASTAÑEDA. 2001. A global review of
1493 shrimp feed management: status and perspectives. Em: CL BROWDY and DE
1494 JORY. The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable
1495 Shrimp Culture, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, p.
1496 104–152.

1497 KRUMMENAUER, D, RO CAVALLI, LH POERSCH & W WASIELESKY. 2011.
1498 Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc
1499 Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. J. World
1500 Aquacult. Soc., 42:726-733.

1501 KRUMMENAUER, D. 2012. Otimização do manejo para o cultivo do camarão-branco
1502 *Litopenaeus vannamei* em sistemas de estufas com bioflocos. Tese (Doutorado
1503 em Aqüicultura). Programa de Pós-graduação em Aqüicultura. Universidade
1504 Federal do Rio Grande. Rio Grande. 152p.

1505 KRUMMENAUER, D, SAMOCHA, T, POERSCH, L, LARA, G, WASIELESKY, W.
1506 2014. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus*
1507 *vannamei*, in BFT System. Journal of the World Aquaculture Society., 45. doi:
1508 10.1111/jwas.12093

1509 KUHN, DD, SMITH, SA., BOARDMAN, GD, ANGIER, MW, MARSH, L, FLICK
1510 JR, GJ. 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
1511 *vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology.
1512 Aquaculture 306,329-333.

1513 LARA, GR. 2012. Técnicas de manejo aplicadas à redução das concentrações de nitrito
1514 na água de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos.
1515 Dissertação (Mestrado em Aqüicultura). Programa de Pós-graduação em
1516 Aqüicultura. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 67p.

1517 LIN, YC, CHEN, JC. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei*
1518 (Boone) juveniles at different salinity levels. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 259:109-
1519 119.

1520 LIN, YC, CHEN, JC. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone)
1521 juveniles at different salinity levels. Aquaculture., 224: 193-201.

1522 POERSCH, LH, FÓES, GK, KRUMMENAUER, D, ROMANO, LA, WASIELESKY,
1523 W. 2012. Bioflocos é alternativa técnica para camarões saudáveis. Panorama da
1524 Aqüicultura, 131: 28-37.

- 1525 PONCE-PALAFIX, J, MARTINEZ-PALACIOS, CA, ROSS, LG. 1997. The effects of
1526 salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white
1527 shrimp *Penaeus vannamei*. Boone (1931). *Aquaculture.*, 157: 107-115.
- 1528 PRUDER, G. D. 2004. Biosecurity: application in aquaculture. *Aquacultural*
1529 *Engineering*, 32: 3–10.
- 1530 RICHARD, L, BLANC, PP, RIGOLET, V, KAUSHIK, SJ, GEURDEN, I. 2010.
1531 Maintenance and growth requirements for nitrogen, lysine and methionine and
1532 their utilization efficiencies in juvenile black tiger shrimp, *Penaeus monodon*,
1533 using a factorial approach. *Br. J. Nutr.* 103:984–995.
- 1534 SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, ALI, AM, BURGER, JM, ALMEIDA,
1535 RV, AYUB, Z, HARISANTO, M, HOROWITZ, A, BROOK, DL. 2007. Use of
1536 molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for
1537 *L. vannamei*. *Aquacultural Engineering.*, 36: 184-191.
- 1538 SAMOCHA, TM, SCHVEITZER, R, KRUMMENAUER, D, MORRIS, TC,
1539 WOODRING, S. 2011. Recent advances in super-intensive raceway systems for
1540 production of marketable-size *Litopenaeus vannamei* under no water exchange.
1541 *The Practical*, 2:20–23. Asian Aquaculture Network, Thailand.
- 1542 SCHRYVER, P, CRAB, R, DEFOIRDT, T, BOON, N, VERSTRAETE, W. 2008. The
1543 basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture.*,
1544 277: 125-137.
- 1545 SCHVEITZER, R, ARANTES, R, COSTÓDIO, PFS, ESPIRITO SANTO, CM,
1546 VINATEA, LA, SEIFFERT, WD, ANDREATTA, ER. 2013a. Effect of
1547 different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of
1548 *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange.
1549 *Aquacultural Engineering.*, 56: 59-70.
- 1550 SCHVEITZER, R, ARANTES, R, BALOI, MF, COSTÓDIO, PFS, VINATEA, LA,
1551 SEIFFERT, WD, ANDREATTA, ER. 2013b. Use of artificial substrates in the
1552 culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking
1553 densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates.
1554 *Aquacultural Engineering.*, 54: 93-103.
- 1555 STRICKLAND, JDH, PARSONS, TR. 1972. A practical handbook of seawater
1556 analysis. Canada, Ottawa. Fishery Research Board. 310 p.
- 1557 TACON, AGJ, CAHYONO, EW, SUGEMA, UUS, ZAUDJAT, C, NATES, S. 2010.
1558 Replacement of fishmeal and marine proteins in practical diets for Pacific white

1559 shrimp using terrestrial land animal proteins. *Aquaculture Asia Pacific*
1560 *Magazine, Singapura.*, 6: 12-17.

1561 TAN, B, MAI, K, ZHENG, S, ZHOU, Q, LIU, L, YU, Y. 2005. Replacement of fish
1562 meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus*
1563 *vannamei* (Boone). *Aquaculture Research.*, 36: 439-444.

1564 UNESCO.1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
1565 *Manual and Guides*12, Intergovernmental Oceanographic Commissiony. Paris,
1566 France. 53 p.

1567 VAN WYK, P, SCARPA, J. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., *et*
1568 *al.* (eds.). *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida
1569 Department of Agriculture and Consumer Services. Tallahassee.

1570 WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY, CL. 2006. Effect of
1571 natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-
1572 intensive culture system for white shrimp *L. vannamei*. *Aquaculture.*, 258: 396-
1573 403.

1574 XIE, F, ZENG, W, ZHOU, Q, WANG, H, WANG, T, ZHENG, C, WANG, Y, 2012.
1575 Dietary lysine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
1576 *vannamei*. *Aquaculture*, 358–359:116–121.

1577 YE, JD, WANG, K, LI, FD, SUN, YZ, LIU, XH. 2011. Incorporation of a mixture of
1578 meat and bone meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish
1579 meal in practical diets of Pacific White shrimp *L. vannamei* at two dietary
1580 protein levels. *Aquaculture Nutrition.*, 17: 337-347.

1581

1582

1583

1584

1585

1586

1587

1588

1589

1590 7. DISCUSSÃO GERAL

1591 Os parâmetros de qualidade da água analisados nos experimentos do capítulo 1 em
1592 viveiros (E1) e capítulo 2 em *raceways* (E2), são de suma importância para o sucesso de
1593 um cultivo de camarões, sendo o desequilíbrio de algum destes parâmetros atuando
1594 diretamente no desempenho zootécnico dos animais. Os resultados obtidos em E1 e E2
1595 não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre o tratamento com ração
1596 convencional à base de farinha de peixe (FP) e os tratamentos com substituição parcial
1597 (50 %) e total (100 %) da FP por farinha de peixe análoga (FPA), com exceção da
1598 concentração de sólidos suspensos totais do E2, onde o tratamento 0 % FPA diferiu do
1599 tratamento 50 % FPA, porém ambos não diferiram do tratamento 100 % FPA. Como
1600 discutido no item 6.5 do capítulo 2, a diferença em questão não está relacionada ao uso
1601 da ração e sim ao manejo comum, do próprio sistema de bioflocos. Assim, os resultados
1602 de E1 e E2 mostraram que a utilização da FPA não altera a qualidade da água do meio
1603 de cultivo. As taxas de sobrevivência do E2 foram bastante satisfatórias, chegando à
1604 média de 95,1 %, sem diferenças entre os tratamentos, valor compatível aos obtidos em
1605 outros estudos com uso de proteínas de animais terrestres na dieta de *L. vannamei*
1606 (Dominy & Ako, 1988; Tan *et al.*, 2005; Cruz-Suárez *et al.*, 2007; Chi *et al.*, 2009; Ye
1607 *et al.*, 2011). Por sua vez, a sobrevivência obtida no E1 foi fator relevante para o
1608 experimento, mesmo que não relacionadas às rações testadas (capítulo 1, item 5.5). O
1609 cálculo da conversão alimentar aparente (CAA) segue a relação $CAA = \text{alimento}$
1610 $\text{oferecido} / \text{incremento de biomassa}$, onde o incremento de biomassa possui uma relação
1611 direta com a taxa de sobrevivência. Desta forma, sendo a CAA inversamente
1612 proporcional ao incremento de biomassa, a baixa taxa de sobrevivência registrada no E1
1613 (60,2 %) ocasionou um aumento no valor da CAA. A conversão média de 1,8:1 obtida
1614 no E1 se compara a registros de outros estudos com FPA, porém em sistemas
1615 superintensivos, incluindo o próprio E2, cuja CAA média foi de 1,86. Tacon *et al.*
1616 (2010), em estudo com ingrediente semelhante à FPA, com base em farinha de carne e
1617 ossos, farinha de subprodutos de aves, farinha de sangue e farinha hidrolisada de penas,
1618 registrou conversões que chegaram a 2,2. Já Ye *et al.* (2011), em estudo com mistura de
1619 farinha de carne e ossos, subprodutos de frango, farinha de sangue e glúten de milho em
1620 diversas proporções, obteve conversões que variaram de 1,7 a 2,0. Embora elevada, a
1621 CAA de ambos os experimentos não apresentaram diferença estatística entre os

1622 tratamentos, implicando a ideia de que a conversão das rações contendo FPA foi a
1623 mesma da ração convencional a base de FP.

1624 Não houve diferença nas taxas de crescimento semanal do E1, sendo que a média
1625 obtida de 1,1 g semana foi maior que dos estudos em escala comercial de Fróes *et al.*
1626 (2012), Costa (2013), Magalhães (2013) e Zemor (2014) realizados anteriormente nas
1627 unidades experimentais da EMA-FURG (tabela 10). O E2 apresentou taxa de
1628 crescimento média de 0,88 g/semana. Samocha *et al.* (2004) trabalhando com
1629 subprodutos de frango e farinha de soja e Ye *et al.* (2011) em estudo com ingrediente
1630 semelhante a FPA, registraram o mesmo crescimento de 0,88 g/semana, embora tais
1631 estudos tenham utilizado uma densidade de estocagem inicial bastante inferior aos 220
1632 camarões.m⁻² estocados no E2 e animais com uma classe de tamanho inferior . Outros
1633 estudos com fontes proteicas de animais terrestres, como farinha de sangue de Dominy
1634 & Ako (1988), farinha de carne e ossos de Forester *et al.* (2003) e Tan *et al.* (2005) e
1635 farinha de subprodutos de aves de Chi *et al.* (2009) apresentaram crescimentos
1636 inferiores aos reportados no presente estudo. Considerando que tanto E1 como E2 foram
1637 experimentos em escala produtiva, com altas densidades de estocagem, e que o E2
1638 tratou da engorda de camarões mais velhos e maiores, os resultados de crescimento
1639 obtidos em ambos os experimentos são bastante satisfatórios. Acredita-se que um fator
1640 que possa ter contribuído para o bom crescimento obtido nos experimentos seja a
1641 inclusão de farinha de lula na formulação da ração. Cruz-Suárez *et al.* (1992) registrou
1642 melhor crescimento em camarões *Penaeus monodon* com inclusão de farinha de lula na
1643 dieta quando comparados a uma dieta controle. Além disso, uma vez que não foram
1644 observadas diferenças entre os tratamentos, fica evidente que a utilização de FPA para
1645 substituição parcial e total da FP na dieta do *L. vannamei* não possui influencia negativa
1646 nas taxas de crescimento para esta espécie.

1647 Os resultados de biomassa produzida (kg) e produtividade final (kg.m⁻³) não
1648 apresentaram diferenças significativas (p>0,05), chegando a 397,6 kg e 0,66 kg.m⁻³ no
1649 E1 e 62,5 kg e 4,5 kg.m⁻³ no E2, respectivamente. Tais parâmetros de desempenho da
1650 produção também foram afetados pela mortalidade ocorrida no E1. Não foram
1651 encontrados valores de produtividade nos trabalhos de substituição da farinha de peixe
1652 por farinha de subprodutos de animais terrestres, provavelmente porque tais estudos
1653 foram realizados em escala laboratorial e não comercial como no presente estudo.
1654 Porém ao comparar com outros estudos utilizando *L. vannamei* em sistema
1655 superintensivo de bioflocos, vemos que a produtividade obtida no E2 é superior à

1656 registrada por Samocha *et al.* (2007) de 3,27 kg.m⁻³ e Krummenauer *et al.* (2014) cuja
1657 média foi de 2,34 kg.m⁻³.

1658 Os resultados obtidos em E1 e E2, de uma maneira geral, são superiores aos
1659 reportados em outros estudos com substituição de FP por proteínas de animais terrestres
1660 em dietas de *L. vannamei* (Domini & Ako, 1988; Forester *et al.*, 2003; Samocha *et al.*,
1661 2004; Tan *et al.*, 2005; Cruz-Suárez *et al.*, 2007; Chi *et al.*, 2009, Tacon *et al.*, 2010 e
1662 Ye *et al.*, 2011). Tal afirmação se fundamenta em dois fatores: (1) Observa-se melhor
1663 desempenho zootécnico nos trabalhos que substituíram FP por fontes proteicas mais
1664 diversificadas, como Tacon *et al.* (2010) e Ye *et al.* (2011), além do presente estudo. Os
1665 autores que utilizaram apenas uma ou duas fontes de proteína relataram deficiência em
1666 amino ácidos essenciais, como metionina e lisina, além de ácidos graxos HUFA
1667 (Forester *et al.*, 2003; Tan *et al.*, 2005; Chi *et al.*, 2009). Fontes protéicas mais
1668 diversificadas asseguram diferentes fontes de amino ácidos essenciais e se aproximam de
1669 suprir a demanda nutricional da espécie;

1670 (2) A suplementação alimentar pelo consumo de bioflocos é outro fator relevante
1671 aos bons resultados. Segundo Burford *et al.* (2004), os bioflocos podem representar até
1672 29 % do consumo alimentar do *L. vannamei*. Diversos estudos já demonstraram que o
1673 consumo de bioflocos melhora as taxas de sobrevivência e crescimento desta espécie
1674 (Burford *et al.*, 2004; Wasielesky *et al.*, 2006; Avnimelech, 2009). Os bioflocos
1675 também são suplementos de amino ácidos essenciais. Observa-se na tabela 15, abaixo,
1676 uma comparação entre o perfil de amino ácidos dos bioflocos e de alguns dos
1677 ingredientes utilizados na FPA. Observa-se que, comparados à farinha de peixe, as
1678 farinhas de carne e ossos e de subprodutos de aves já possuem um perfil de amino
1679 ácidos essenciais compatível ao exigido em dietas de camarões marinhos. Os bioflocos,
1680 por sua vez, possuem níveis de proteína bruta e amino ácidos essenciais suficientes para
1681 suplementar as possíveis deficiências que outros ingredientes possam apresentar. Os
1682 valores recomendados na tabela 15, no entanto, se referem às exigências nutricionais de
1683 camarões marinhos de forma geral. Para a espécie *L. vannamei* são conhecidas apenas
1684 as exigências referentes à arginina, lisina e treonina, sendo necessários esforços na
1685 pesquisa para que se conheçam as exigências da espécie para outros amino ácidos
1686 essenciais, possibilitando assim a formulação acurada de rações específicas;

1687

1688 **Tabela 15.** Perfil de amino ácidos essenciais de bioflocos, farinha de peixe (FP), farinha
 1689 de subprodutos de aves (FSA), farinha de carne e ossos (FCO) e valores recomendados
 1690 para camarões marinhos. PB = proteína bruta. Valores expressos em % na dieta.

	Bioflocos ^a	FP ^b	FSA ^b	FCO ^c	Recomendado para camarões (% na dieta)
PB	18,94	62,51	65,22	54,14	30-45 ^d
Arginina	1,01	3,82	5,35	3,56	2,32 ^e
Fenilalanina	0,74	2,71	2,42	1,92	1,40 ^f
Histidina	0,21	1,85	1,45	1,27	0,80 ^f
Isoleucina	0,58	2,83	2,90	1,76	1,01 ^f
Leucina	1,25	5,07	4,29	3,56	1,70 ^f
Lisina	0,63	5,02	4,34	2,98	1,64 ^g
Metionina	0,25	1,92	1,06	0,93	0,90 ^h
Treonina	0,88	2,77	2,63	1,90	1,51 ⁱ
Valina	0,91	3,09	2,78	2,55	1,40 ^j

1691 ^a Bezerra (2014)

1692 ^b Chi *et al.* (2009)

1693 ^c Forester *et al.* (2013)

1694 ^d Decamp *et al.* (2002)

1695 ^e Zhou *et al.* (2012)

1696 ^f Millamena *et al.* (1999)

1697 ^g Xie *et al.* (2012)

1698 ^h Richard *et al.* (2010)

1699 ⁱ Zhou *et al.* (2013)

1700 ^j Teshima *et al.* (2002)

1701

1702 Os resultados alcançados no presente estudo vêm reforçar a ideia de que a
 1703 utilização de fontes alternativas à farinha de peixe é viável ao desempenho zootécnico
 1704 na produção comercial. Os ingredientes aqui apresentados estão amplamente
 1705 disponíveis no mercado o que garante maior estabilidade de seus preços e, ao contrário
 1706 da farinha de peixe, não possuem fatores limitantes como a estagnação dos estoques
 1707 pesqueiros. Além disso, num cenário mundial de crescente demanda por proteína de
 1708 pescado, fica cada vez mais insustentável a ideia da utilização massiva de pescado para
 1709 fins de consumo não humano. Assim, a farinha de peixe análoga no conjunto do sistema
 1710 de bioflocos, se torna mais uma peça no desenvolvimento sustentável da carcinocultura.

1711

1712

1713

1714

1715

1716 **8. CONCLUSÕES**

1717 Com base nos resultados apresentados nos capítulos 1 e 2 do presente estudo,
1718 conclui-se que a farinha de peixe análoga pode substituir até 100 % da farinha de peixe
1719 nas rações utilizadas em produções comerciais do camarão *L. vannamei*, sem nenhum
1720 prejuízo na qualidade de água do cultivo ou no desempenho zootécnico dos animais, em
1721 sistema de bioflocos.

1722 Os resultados podem contribuir para que a farinha de peixe análoga venha a fazer
1723 parte da formulação de rações comerciais para *L. vannamei*, contribuindo com a
1724 sustentabilidade do sistema de bioflocos e com o desenvolvimento sustentável da
1725 aquicultura.

1726

1727

1728

1729

1730

1731

1732

1733

1734

1735

1736

1737

1738

1739

1740

1741

1742

1743

1744

1745

1746

1747

1748

1749 **9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1750

1751 AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc technology - A practical guide book, first ed. The
1752 World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.

1753 BEZERRA, AC, WASIELESKY, W, KRUMMENAUER, D. 2014. Efeito da
1754 frequência alimentar na fase de berçário do cultivo superintensivo do camarão
1755 branco *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. Dissertação de mestrado
1756 (Programa de Pós-Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio
1757 Grande. 36 f.

1758 BURFORD, MA, THOMPSON, RP, MCINTOSH, RP, BAUMAN, RH, PEARSON,
1759 DC. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus*
1760 *vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*,
1761 232:525–537.

1762 CHI, S, TAN, B, MAI, K, ZHENG, S. 2009. Growth and feed efficiency of juvenile
1763 shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets containing different levels of
1764 poultry by-product meal. *J. Ocean Univ. China.*, 8: 399-403.

1765 COSTA, CM. 2013. Cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, em sistema de
1766 bioflocos em viveiros com diferentes densidades de estocagem e utilização de
1767 água de subsolo. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em
1768 Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 45 f.

1769 CRUZ-SUÁREZ, LE, NIETO-LÓPEZ, M, GUAJARDO-BARBOSA, C, TAPIA-
1770 SALAZAR, M, SCHOLZ, U, RICQUE-MARIE, D. 2007. Replacement of fish
1771 meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*,
1772 and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture.*, 272: 466-476.

1773 DECAMP, O, L CONQUEST, I FORSTER & AGJ TACON. 2002. The nutrition and
1774 feeding of marine shrimp zero-water exchange aquaculture production systems:
1775 role of eukaryotic microorganisms. In: Lee C.S. and P. O'Bryen Eds. *Microbial*
1776 *approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture*
1777 *production systems*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 79-86.

1778 DOMINY, WG, AKO, H. 1988. The utilization of blood meal as a protein ingredient in
1779 the diet of the marine shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture.*, 70: 289-299.

1780 FORSTER, IP, DOMINY, W, OBALDO, L, TACON, AGJ. 2003. Rendered meat and
1781 bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone,
1782 1931). *Aquaculture.*, 219: 655-670.

- 1783 FRÓES, C, G FÓES, D KRUMMENAUER, E BALLESTER, LH POERSCH & WJR
1784 WASIELESKY. 2012. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo
1785 em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*.
1786 *Atlântica*, Rio Grande, 34(1) 31-39.
- 1787 KRUMMENAUER, D, SAMOCHA, T, POERSCH, L, LARA, G, WASIELESKY, W.
1788 2014. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus*
1789 *vannamei*, in BFT System. Journal of the World Aquaculture Society., 45. doi:
1790 10.1111/jwas.12093
- 1791 MAGALHÃES V. 2013 Análise comparativa da produção do camarão *Litopenaeus*
1792 *vannamei* durante um ou dois ciclos intensivos em sistema BFT em viveiros no
1793 extremo sul do Brasil. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em
1794 Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 66f.
- 1795 MILLAMENA, OM, BAUTISTA-TEREUL, MN, REYES, OS, KANAZAWA, A.
1796 1999. Quantitative dietary requirement of postlarval tiger shrimp, *Penaeus*
1797 *monodon*, for histidine, isoleucine, leucine, phenylalanine and tryptophan.
1798 *Aquaculture* 179:169–179.
- 1799 NUNES, AJP, SÁ, MVC, BROWDY, CL, VASQUEZ-ANON, M. 2014. Practical
1800 supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids.
1801 *Aquaculture*., 431: 20-27.
- 1802 RICHARD, L, BLANC, PP, RIGOLET, V, KAUSHIK, SJ, GEURDEN, I. 2010.
1803 Maintenance and growth requirements for nitrogen, lysine and methionine and
1804 their utilization efficiencies in juvenile black tiger shrimp, *Penaeus monodon*,
1805 using a factorial approach. *Br. J. Nutr.* 103:984–995.
- 1806 SAMOCHA, TM, DAVIS, DA, SAOULD, IP, DEBAULT, K. 2004. Substitution of
1807 fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for
1808 the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 231: 197-203.
- 1809 SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, ALI, AM, BURGER, JM, ALMEIDA,
1810 RV, AYUB, Z, HARISANTO, M, HOROWITZ, A, BROOK, DL. 2007. Use of
1811 molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for
1812 *L. vanammei*. *Aquacultural Engineering*., 36: 184-191.
- 1813 TACON, AGJ, CAHYONO, EW, SUGEMA, UUS, ZAUDJAT, C, NATES, S. 2010.
1814 Replacement of fishmeal and marine proteins in practical diets for Pacific white

1815 shrimp using terrestrial land animal proteins. *Aquaculture Asia Pacific*
1816 *Magazine, Singapura.*, 6: 12-17.

1817 TAN, B, MAI, K, ZHENG, S, ZHOU, Q, LIU, L, YU, Y. 2005. Replacement of fish
1818 meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus*
1819 *vannamei* (Boone). *Aquaculture Research.*, 36: 439-444.

1820 TESHIMA, S, ALAM, MS, KOSHIO, S, ISHIKAWA, M, KANAZAWA, A. 2002.
1821 Assessment of requirement values for essential amino acids in the prawn,
1822 *Marsupenaeus japonicas* (Bate). *Aquac. Res.* 33:297–304.

1823 WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY CL. 2006. Effect of
1824 natural production in a zero exchange suspended microbialfloc based super-
1825 intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture.*
1826 258: 296-403.

1827 XIE, F, ZENG, W, ZHOU, Q, WANG, H, WANG, T, ZHENG, C, WANG, Y, 2012.
1828 Dietary lysine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
1829 *vannamei*. *Aquaculture*, 358–359:116–121.

1830 YE, JD, WANG, K, LI, FD, SUN, YZ, LIU, XH. 2011. Incorporation of a mixture of
1831 meat and bone meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish
1832 meal in practical diets of Pacific White shrimp *L. vannamei* at two dietary
1833 protein levels. *Aquaculture Nutrition.*, 17: 337-347.

1834 ZEMOR, JC, FÓES, GK. 2014. Utilização de diferentes sistemas de aeração em
1835 viveiros na fase de engorda do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, em
1836 cultivo intensivo com bioflocos. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-
1837 Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 37f.

1838 ZHOU, QC, ZENG, WP, WANG, HL, WANG, T, WANG, YL, XIE, FJ. 2012. Dietary
1839 arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*.
1840 *Aquaculture*, 364–365:252–258.

1841 ZHOU, QC, WANG, YL, WANG, HL, TAN, BP. 2013. Dietary threonine requirements
1842 of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 392–395,
1843 142–147.