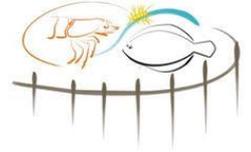




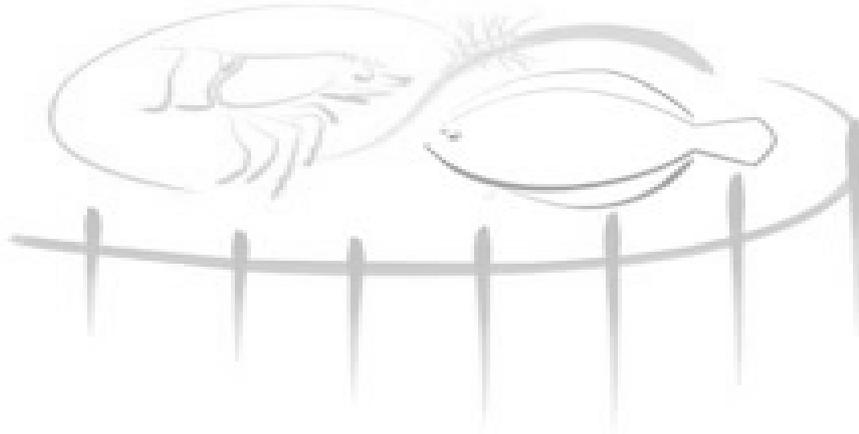
2

3

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



4



13 **Sistema *Aquamimicry*: Alternativa tecnológica para sistemas de cultivo intensivo**
14 **do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Uma comparação com o sistema de**
15 **Bioflocos (BFT)**

16

17

18

19

20

21

22

23

Rio Grande, RS

24

2020

25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52

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

Sistema *Aquamimicry*: Alternativa tecnológica para sistemas de cultivo intensivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Uma comparação com o sistema de Bioflocos (BFT)

Kim Morais Catalani

Orientador: Geraldo Fóes

Co-Orientador: Wilson Wasielesky Jr.

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

Rio Grande, RS
Fevereiro de 2020

ÍNDICE	
LISTA DE TABELAS	04
LISTA DE FIGURAS	05
DEDICATÓRIA	07
AGRADECIMENTOS	08
RESUMO	10
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	14
OBJETIVOS	19
MATERIAIS E MÉTODOS	20
RESULTADOS	28
DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES	48
CONSIDERAÇÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63

64 **Lista de tabelas**

65

66 Tabela 1: Valores (média \pm desvio padrão) das variáveis físico-químicas de
67 qualidade da água, nos viveiros de cultivo intensivo, do camarão branco *Litopenaeus*
68 *vannamei*, para os tratamentos *Aquamimicry* e Bioflocos
69 (BFT).....**28**

70 Tabela 2: Valores (média \pm desvio padrão) de amônia, nitrito, nitrato e fosfato
71 analisados nos viveiros de cultivo intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*,
72 para os tratamentos *Aquamimicry* (TMi) e Bioflocos (TBio).....**28**

73 Tabela 3: Valores absolutos de abundância (cél/L) dos principais grupos de
74 microorganismos encontrados nos viveiros representativos de cada tratamento, ao longo
75 dos 120 dias de cultivo.....**36**

76 Tabela 4: Valores (média \pm desvio padrão) dos parâmetros de desempenho
77 zootécnico nos viveiros de cultivo intensivo, do camarão branco *Litopenaeus vannamei*,
78 para os tratamentos Bioflocos (BFT) e
79 *Aquamimicry*.....**41**

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98	Lista de figuras	
99	Figura 1: A, B e C, <i>Litopenaeus vannamei</i> (camarão branco do Pacífico). (Fonte: Kim	
100	Catalani).....	14
101	Figura 2: A, cultivo de camarão em sistema BFT. B, floco microbiano visto ao	
102	microscópio óptico (aumento de 400x). (Fonte: Kim Catalani).....	15
103	Figura 3: Sistema de cultivo intensivo de camarão marinho <i>L. vannamei</i> em estufas	
104	utilizando o sistema de bioflocos. A, cultivo intensivo em tanque tipo <i>raceway</i> . B,	
105	cultivo intensivo em tanques. C, sistema de aeração por difusores (“aerotube”). (Fonte:	
106	Kim Catalani).....	16
107	Figura 4: Vista de um viveiro de cultivo de camarão marinho implementando o sistema	
108	<i>Aquamimicry</i> . (fonte: www.aquaculturealliance.org).....	18
109	Figura 5: fermentado de farelo de arroz. A, início da preparação (farelo e probiótico). B,	
110	24h depois da preparação. (fonte: Kim Catalani).....	18
111	Figura 6: Tanques tipo <i>raceway</i> utilizados como berçários. Estação Marinha de	
112	Aquacultura – EMA, FURG. (Fonte: Kim Catalani).....	20
113	Figura 7: Viveiros de engorda na Estação Marinha de Aquacultura. A, viveiros pré-	
114	estocagem. B, viveiros em atividade. (Fonte: Kim Catalani).....	21
115	Figura 8: Aerador do tipo <i>paddle wheel</i> . (Fonte: Kim Catalani).....	23
116	Figura 9: Alimentação oferecida em bandejas para monitorar o consumo aparente dos	
117	camarões. (Fonte: Kim Catalani).....	23
118	Figura 10: Sequência de preparação e aplicação do fermentado de farelo de arroz. A,	
119	água clorada e declorada. B, mistura de farelo de arroz e probiótico. C, fermentado	
120	pronto após 24h. D, aplicação do fermentado no sistema. (Fonte: Kim	
121	Catalani).....	24
122	Figura 11: Biometrias semanais realizadas nos viveiros de engorda da Estação Marinha	
123	de Aquacultura. (Fonte: Kim Catalani).....	26
124	Figura 12: A, Microscópio invertido Axiovert A1 (ZEISS®). B, câmara de	
125	sedimentação Utermöhl. C, câmera AxioCam MR (ZEISS®). (Fonte: Kim	
126	Catalani).....	27
127	Figura 13 - Valores (médios \pm desvio padrão) de temperatura ao longo do período	
128	experimental de <i>L. vannamei</i> em sistemas intensivos bioflocos (BFT) e	
129	<i>Aquamimicry</i>	29

130	Figura 14 - Valores (médios \pm desvio padrão) de oxigênio dissolvido ao longo do	
131	período experimental de <i>L. vannamei</i> em sistemas intensivos BFT e	
132	<i>Aquamimicry</i>	30
133	Figura 15 - Valores (médios \pm desvio padrão) de pH ao longo do período experimental	
134	de <i>L. vannamei</i> em sistemas intensivos BFT e <i>Aquamimicry</i>	30
135	Figura 16 - Valores (médios \pm desvio padrão) de salinidade ao longo do período	
136	experimental de <i>L. vannamei</i> em sistemas intensivos bioflocos (BFT) e	
137	<i>Aquamimicry</i>	31
138	Figura 17 - Valores (médios \pm desvio padrão) de: A, transparência e B, turbidez ao	
139	longo do período experimental de <i>L. vannamei</i> em sistemas intensivos bioflocos (BFT) e	
140	<i>Aquamimicry</i>	32
141	Figura 18 - Valores (médios \pm desvio padrão) de alcalinidade ao longo do período	
142	experimental de <i>L. vannamei</i> em sistemas intensivos bioflocos (BFT) e	
143	<i>Aquamimicry</i>	33
144	Figura 19 - Valores (médios \pm desvio padrão) de: A, sólidos suspensos totais (SST) e B,	
145	volume de floco ao longo do período experimental de <i>L. vannamei</i> em sistemas	
146	intensivos bioflocos (BFT) e <i>Aquamimicry</i>	33
147	Figura 20 - Valores (médios \pm desvio padrão) de: A, amônia (N-AT), B, nitrito (NO ₂ ⁻),	
148	C, nitrato (NO ₃ ⁻) e D, fosfato (PO ₄ ³⁺) longo do período experimental de <i>L. vannamei</i> em	
149	sistemas intensivos bioflocos (BFT) e <i>Aquamimicry</i>	36
150	Figura 21 – Densidade média de: A, cianobactérias, B, clorofíceas e C, diatomáceas nos	
151	tempos de início, meio e final nos tratamentos bioflocos (BFT) e	
152	<i>Aquamimicry</i>	38
153	Figura 22 – Densidade média de: A, ciliados, B, flagelados e C, rotíferos nos tempos de	
154	início meio e final nos tratamentos bioflocos (BFT) e	
155	<i>Aquamimicry</i>	40
156		
157		
158		
159		
160		
161		
162		
163		
164		

165 **DEDICATÓRIA**

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

Dedico este trabalho a toda a minha família e amigos que sempre me apoiaram e incentivaram, Obrigado por existirem.

195

196

197

198

199 **AGRADECIMENTOS**

200 Meu primeiro agradecimento vai ao Programa de Pós-Graduação em
201 Aquicultura (PPGAq) da Universidade Federal do Rio Grande – FURG que, desde meu
202 ingresso, tem me acolhido de forma maravilhosa. Agradeço a oportunidade de ter
203 participado das atividades do projeto camarão por todo o ensinamento adquirido com
204 colegas, professores e funcionários ao longo do tempo.

205 Gostaria de agradecer a todos os meus familiares, principalmente minha mãe
206 Vera e meu pai Airton, por sempre acreditarem em mim e estarem ao meu lado em
207 todos os momentos da minha vida. Sem o apoio e incentivo de vocês, nada disso seria
208 possível. Aos meus amigos que mesmo à distancia, sempre se mostraram presentes.

209 Agradeço ao Professores Geraldo Fóes e Prof. Wilson Wasielesky Jr. a
210 oportunidade de ter trabalhado sob a orientação e co-orientação de pessoas de enorme
211 coração, sempre preocupados em fazer um excelente trabalho, de forma responsável e
212 sem se esquecer de serem atenciosos às dúvidas e preocupações de seus alunos, que os
213 ventos do sucesso sempre soprem em suas direções.

214 Ao Dr. Márcio Silva por suas contribuições a este trabalho e pela amizade
215 criada.

216 Aos órgãos de fomento CAPES, CNPq, FAPERGS e FINEP pela concessão das
217 bolsas e pelos recursos concedidos que possibilitassem a execução da ciência no Brasil;

218 Aos nossos apoiadores Guabi, Trevisan, All Aqua, Inve e Aquatec pelo suporte e
219 apoio irrestrito em todas as etapas deste trabalho, que são indispensáveis para realização
220 das nossas pesquisas;

221 A todas as pessoas e profissionais que de alguma forma tenham possibilitado
222 que este trabalho tenha sido feito e que não foram citados.

223 A todos os amigos que pude fazer na Estação Marinha de Aquicultura (EMA),
224 que sempre que preciso me auxiliaram das mais diversas formas possíveis.

225 Ao senhor Hermes, cuja ajuda foi fundamental.

226 Aos estagiários João, Ranieri, Carolina, Brandon, Stéfani, que ao longo do
227 cultivo puderam me ajudar e compartilhar experiências.

228 Um agradecimento especial à Dra. Cássia Rodrigues que me acompanhou nesta
229 e em outras etapas da minha vida, sem você este trabalho também sairia prejudicado.
230 Obrigado por todas as ajudas, conselhos e ensinamentos.

231 E por último, mas não menos importante, um agradecimento a mim. Por
232 acreditar em mim, por todo o trabalho duro realizado, por quase não ter folgas ao longo

233 do percurso, por nunca desistir, por ser generoso e me doar ao máximo, por tentar
234 sempre fazer tudo do modo correto e quero agradecer por ser eu mesmo o tempo inteiro.

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267 **Resumo**

268 O camarão *Litopenaeus vannamei* é a espécie de crustáceo com maior produção e maior
269 valor econômico principalmente devido à sua tolerância às diversas faixas de salinidade,
270 o que propicia um cultivo longe de áreas litorâneas e sua capacidade de suportar
271 elevadas densidades de estocagem. Entretanto, o sistema tradicional de cultivo destes
272 organismos, utilizando viveiros escavados na zona litorânea, pode gerar impactos ao
273 ambiente devido principalmente à descarga de efluentes, podendo causar eutrofização
274 da região costeira adjacente e afetando habitats marinhos. Além disso, a elevada
275 renovação e a instabilidade da qualidade da água de cultivo tornam os organismos mais
276 susceptíveis a patologias. Para minimizar estes graves problemas foram desenvolvidas
277 tecnologias que visam reduzir o impacto da produção aquícola ao mesmo tempo em que
278 atuam na melhoria do desempenho zootécnico dos animais. Entre estas tecnologias
279 estão o sistema BFT (*biofloc technology*) e mais recentemente a tecnologia
280 “*Aquamimicry*” ou aquamimetismo. O sistema BFT consiste na manutenção de uma
281 proporção específica entre carbono e nitrogênio favorecendo o crescimento de bactérias
282 heterotróficas as quais consomem o nitrogênio orgânico, melhorando a qualidade da
283 água e servindo como fonte complementar de alimento para os camarões. O sistema
284 *Aquamimicry*, similarmente, trata da inserção de uma fonte de carbono no ambiente de
285 cultivo sem que haja uma relação específica entre carbono e nitrogênio,
286 disponibilizando uma alimentação denominada “simbiótica”, ou seja, com uma fonte
287 prebiótica consistida geralmente de um oligossacarídeo proveniente da fermentação de
288 farelos, tais como de arroz ou soja e outra probiótica, como, por exemplo, cepas de
289 *Bacillus sp.*, conferindo assim melhor desempenho do animal principalmente em
290 relação à resposta imunológica. Assim, o objetivo do presente trabalho consistiu em
291 realizar uma análise comparativa entre as tecnologias acima mencionadas, através dos
292 parâmetros de qualidade de água, desempenho zootécnico e os microorganismos
293 presentes no ambiente de cultivo. Para tal experimento, foram utilizados seis viveiros
294 (600 m² de área cada) revestidos com mantas de PEAD. Foram propostos dois
295 tratamentos com três repetições cada, sendo um deles denominado Tratamento bioflocos
296 (TBio) utilizando fertilização orgânica realizada com melação de açúcar e o segundo
297 tratamento denominado sistema *Aquamimicry* (TMi) no qual foram realizadas
298 fertilizações com farelo de arroz e cepas comerciais de *Bacillus sp.* Após o término do
299 período experimental (120 dias), os dados foram analisados e comparados, em relação
300 às duas tecnologias de cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. Com

301 temperaturas médias de 24 °C, níveis de oxigênio dissolvido em torno de 8,0 mg/L, pH
302 médio com pouca variação (8,40) e alcalinidade se mantendo na faixa de 240 mg/L. Os
303 resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos nos mostraram que ambos os
304 tratamentos tiveram condições de manter a boa qualidade da água de cultivo. Os
305 nutrientes analisados, da mesma forma que os parâmetros físico-químicos, se
306 mantiveram em níveis aceitáveis sendo os valores médios de amônia, nitrito, nitrato e
307 fosfato encontrados de $0,25 \pm 0,32$ mg/L, $0,33 \pm 0,47$ mg/L, $1,52 \pm 1,0$ mg/L e $0,10 \pm$
308 $0,04$ mg/L respectivamente. As comunidades microbianas presente nos sistemas
309 diferiram entre si no que diz respeito à abundância, sendo o grupo fitoplantônico
310 representado por clorofíceas, diatomáceas e cianobactérias, mais abundante no sistema
311 BFT enquanto que, no tratamento *Aquamimicry*, houve uma maior abundância no grupo
312 dos zooplânctons representados por ciliados, flagelados e rotíferos. No que diz respeito
313 ao desempenho zootécnico dos animais, houve uma similaridade entre as médias dos
314 tratamentos com pesos finais atingindo valores de $11,48 \pm 1,50$ g para o tratamento BFT
315 e $11,73 \pm 2,21$ g para o tratamento *Aquamimicry*, sobrevivências médias de 63,3 % e
316 53,3 % para o tratamento BFT e *Aquamimicry* respectivamente e produtividade de 4,08
317 ton/ha para o tratamento BFT e 3,56 ton/ha para o tratamento *Aquamimicry*. De acordo
318 com os dados analisados, podemos inferir que ambos os tratamentos se mostraram
319 eficientes na produção de camarão marinho em sistema intensivo com viveiros
320 revestidos, mesmo com algumas diferenças nos resultados encontrados entre o
321 tratamento BFT e *Aquamimicry*.

322

323 Palavras-chave: aquamimetismo, bioflocos, fertilização, *Litopenaeus. vannamei*,
324 simbióticos.

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335 **Abstract**

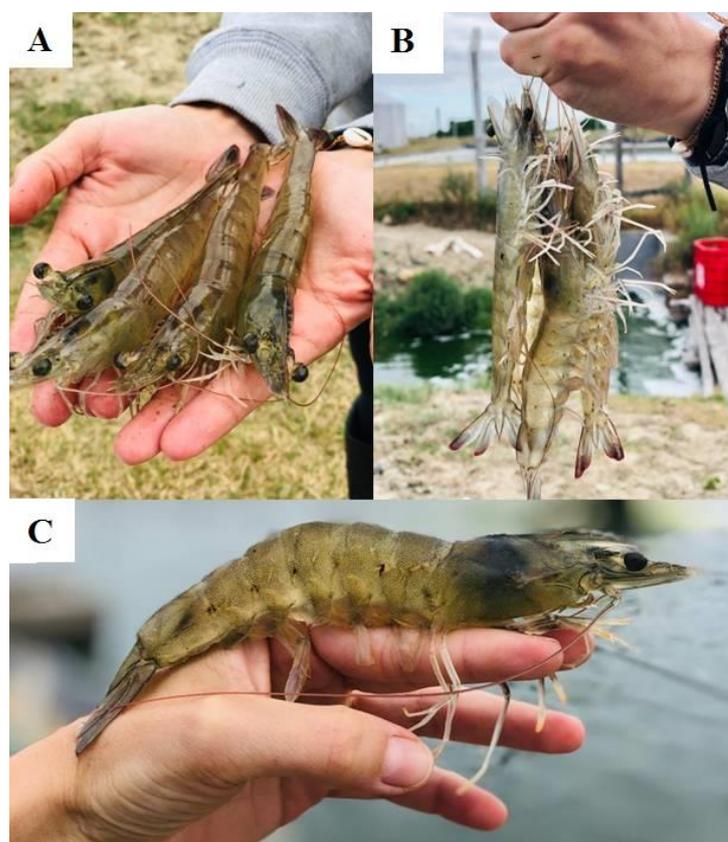
336 The shrimp *Litopenaeus vannamei* is the species of crustacean with higher production
337 and greater economic value mainly due to its productivity and profitability. However,
338 the traditional system of cultivation of these organisms, using ponds excavated in the
339 coastal zone, can generate impacts to the environment mainly due to the discharge of
340 effluents, which can cause eutrophication of the adjacent coastal region and affecting
341 marine habitat. In addition, the high renewal and instability of the quality of cultivated
342 water make organisms more susceptible to pathologies. In order to minimize these
343 serious problems, technologies have been developed that aim to reduce the impact of
344 aquaculture production while acting to improve the zootechnical performance of
345 animals. Among these technologies are the BFT system (biofloc technology) and more
346 recently the “Aquamimicry” or aquamimetic technology. The BFT system consists of
347 maintaining a specific proportion between carbon and nitrogen, favoring the growth of
348 heterotrophic bacteria which consume organic nitrogen, improving water quality and
349 serving as a complementary food source for shrimp. The Aquamimicry system,
350 similarly, deals with the insertion of a carbon source in the cultivation environment
351 without a specific relationship between carbon and nitrogen, providing a food called
352 “symbiotic”, that is, with a prebiotic source usually consisting of an oligosaccharide
353 from the fermentation of bran, such as rice or soy and another probiotic, such as, for
354 example, strains of *Bacillus* sp., thus conferring better performance of the animal
355 mainly in relation to the immune response. Thus, the objective of this work was to carry
356 out a comparative analysis between the technologies mentioned above, through the
357 parameters of water quality, zootechnical performance and the microorganisms present
358 in the cultivation environment. For this experiment, six ponds (600 m² each) were used,
359 covered with HDPE blankets. Two treatments were proposed with three repetitions
360 each, one of them called Biofloc Treatment (TBio) using organic fertilization using
361 sugar molasses and the second treatment called Aquamimicry system (TMi) in which
362 fertilized with rice bran and commercial strains of *Bacillus* sp. After the end of the
363 experimental period (120 days), the data were analyzed and compared, in relation to the
364 two technologies of cultivation of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. With
365 average temperatures of 24 °C, dissolved oxygen levels around 8.0 mg/L, average pH
366 with little variation (8.40) and alkalinity remaining in the range of 240 mg/L. The
367 results obtained from the physical-chemical parameters showed us that both treatments
368 were able to maintain the good quality of the culture water. The nutrients analyzed, in

369 the same way as the physical-chemical parameters, remained at acceptable levels, with
370 the average values of ammonia, nitrite, nitrate and phosphate found being 0.25 mg/L,
371 0.30 mg/L, 1.52 mg/L and 0.10 mg/L, respectively. The microbial communities present
372 in the systems differed with respect to abundance, with the phytoplanktonic group being
373 represented by chlorophytes, diatoms and cyanobacteria, more abundant in the BFT
374 system whereas, in the Aquamimicry treatment, there was a greater abundance in the
375 group of zooplankton represented by ciliates, flagellates and rotifers. With regard to the
376 zootechnical performance of the animals, there was a similarity between the averages of
377 treatments with final weights reaching values around 11.0 g, average survival of 50 %
378 and productivity between 3.0 and 4.0 ton/ha. According to the data analyzed, we can
379 infer that both treatments were efficient in the production of marine shrimp in an
380 intensive system with coated ponds, even with some differences in the results found
381 between the BFT and Aquamimicry treatments.

382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402

403 **1. Introdução**

404 A aquicultura tem apresentado grandes avanços tecnológicos em relação aos
405 seus sistemas de produção. Determinados sistemas passaram a desempenhar
406 importantes papéis no aumento das produtividades em empreendimentos (Kumar *et al.*,
407 2018). Dentro do contexto de aumento de produtividade, os camarões, que possuem
408 elevada lucratividade, têm sido importantes organismos nessa evolução, com destaque
409 para o camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Fig. 1), pois essa espécie
410 pode, por exemplo, tolerar ampla faixa de salinidade e suportar elevadas densidades de
411 estocagem (Liu *et al.*, 2017; Jaffer *et al.*, 2019).



412

413 Figura 1: A, B e C, *Litopenaeus vannamei* (camarão branco do Pacífico).

414

415 Os empreendimentos aquícolas de cultivo, entre eles os de *L. vannamei* são
416 capazes de gerar impactos ambientais devido às suas elevadas áreas de produção e
417 também a liberação de efluentes em corpos d'água adjacentes a necessidade de
418 renovação de água diariamente. A descarga de nutrientes de instalações de aquicultura
419 tende a estimular o crescimento excessivo de organismos fitoplantônicos, podendo
420 causar eutrofização e ocasionar alterações para a biota aquática local (Middelburg &
421 Nieuwenhuize, 2000; Herbeck *et al.*, 2013; Kohan *et al.*, 2018, Mohanty *et al.*, 2018).

422 Outra questão importante presente nos sistemas convencionais é a maior
423 susceptibilidade dos organismos a patógenos presentes nos meios de cultivo, tais como
424 vírus e bactérias, causando a redução da eficiência do sistema imunológico dos
425 camarões potencializando a possibilidade de ocorrência de surtos de doenças no
426 ambiente de cultivo (Lemonnier *et al.*, 2010; Liao *et al.*, 2012).

427 Ao longo do tempo, tecnologias têm surgido nos empreendimentos aquícolas
428 com objetivo de minimizar os impactos ambientais, aumentar a biossegurança, além de
429 possibilitar a redução dos custos de produção. Uma destas tecnologias que vem sendo
430 utilizada há uma década é o sistema de bioflocos (BFT – biofloc technology). Esse
431 sistema consiste na formação de agregados de microorganismos (bactérias, fitoplâncton
432 e zooplâncton), em suspensão na coluna d’água (Avnimelech, 2007) (Fig. 2). Estes
433 organismos permanecem associados a partículas, colóides, polímeros orgânicos e
434 células mortas (Wasielesky *et al.*, 2006). A formação desta microbiota é estimulada pela
435 adição de carbono orgânico à água em concentrações que mantenham a relação carbono:
436 nitrogênio (C: N) desejada (entre 15 até 20: 1) para a formação dos bioflocos
437 (Avnimelech, 1999).

438



439

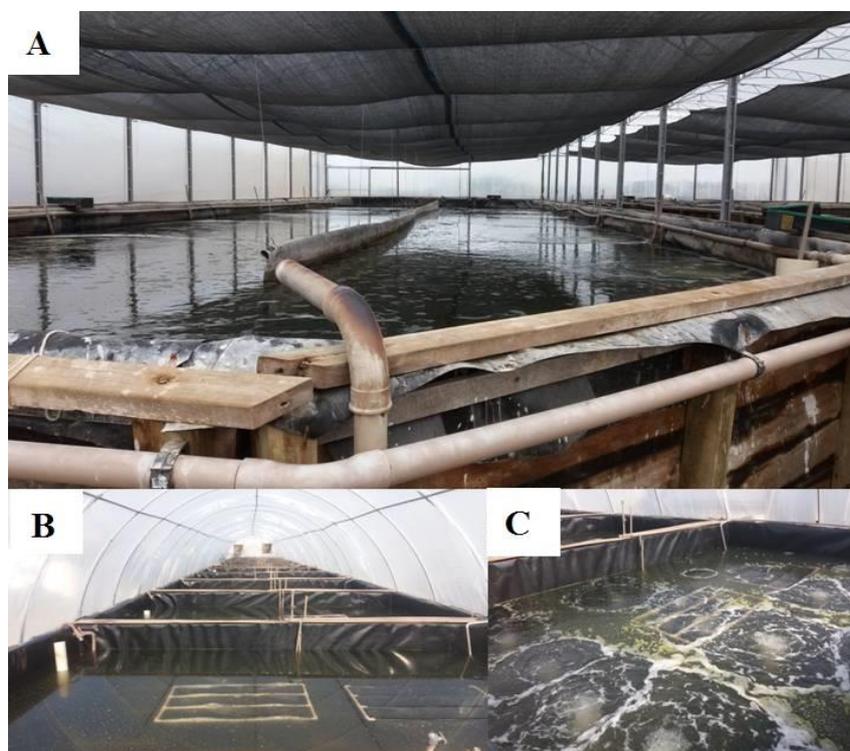
440 Figura 2: A, cultivo de camarão em sistema BFT. B, floco microbiano visto ao
441 microscópio óptico (aumento de 400x).

442

443 Neste sistema, as bactérias heterotróficas possuem importante função na
444 formação dos bioflocos, utilizando o carbono orgânico e nitrogênio inorgânico da água
445 para produção de biomassa bacteriana, reduzindo assim a concentração de amônia e
446 conseqüentemente melhorando a qualidade da água de cultivo (Esparza-Leal *et al.*,
447 2015; Gaona *et al.*, 2016). Além disto, o sistema BFT (Fig. 3) possui outras vantagens
448 em relação aos sistemas convencionais, tais como o aumento de biossegurança e
449 diminuição da necessidade de renovação de água, o valor nutricional, contribuindo para

450 a nutrição dos camarões e reduzindo assim a quantidade de ração utilizada (Ray, 2011;
451 Emerenciano *et al.*, 2012).

452



453

454 Figura 3: Sistema de cultivo intensivo de camarão marinho *L. vannamei* em estufas
455 utilizando o sistema de bioflocos. A, cultivo intensivo em tanque tipo *raceway*. B,
456 cultivo intensivo em tanques. C, sistema de aeração por difusores (mangueiras rugosas).
457

458 A capacidade de obter nutrientes adicionais nos bioflocos tem sido sugerida
459 como uma das causas para o crescimento do camarão *L. vannamei* criado neste sistema
460 (Esparza-Leal *et al.*, 2015). Brito *et al.* (2014) relataram que o cultivo de camarões no
461 sistema BFT integrado com, por exemplo macroalgas, pode contribuir para a
462 diminuição das taxas de TAN dissolvida, remoção de $N-NO_3^-$, menor atividade de
463 bactérias nocivas, tais como *Vibrio sp*, e maior crescimento do camarão. Em relação à
464 produtividade dos camarões em sistema BFT, sabe-se que sua produção é expressiva,
465 podendo atingir, por exemplo, 17,8 ton/ha (Kumar *et al.*, 2018). Na indústria de
466 camarão, o sistema BFT tem sido utilizado com grande sucesso (Bauer *et al.*, 2012) e
467 seus resíduos, ou seja os efluentes provenientes das fazendas de cultivo super intensivo
468 que utilizam o sistema BFT, podem ser utilizados como insumo para a indústria
469 aquícola utilizando o bioflocos na forma desidratada ou como inóculo para outras
470 unidades de cultivo, minimizando assim alguns dos problemas ambientais. Apesar das
471 vantagens do sistema de bioflocos, existem algumas limitações, tais como, necessidade

472 de manutenção do material particulado em suspensão na coluna da água, elevando assim
473 o gasto energético com o sistema de aeração, necessidade de mão de obra qualificada,
474 elevado custo de instalação, entre outros (Gaona *et al.*, 2016; Romano, 2017).

475 Uma abordagem que poderia ser intermediária entre a utilização dos sistemas
476 convencionais e o sistema de bioflocos está sendo utilizado recentemente no Brasil
477 sendo denominado “*Aquamimicry*” ou ‘Aquamimetismo’ (Fig. 4). Esta tecnologia
478 surgiu na década de 1990 na Tailândia a partir de uma modificação no sistema de
479 fertilização de viveiros de cultivo de camarões, resultando em melhoria da qualidade da
480 água e no desempenho zootécnico (Li *et al.*, 2009). A ‘*Aquamimicry* Aquaculture
481 Alliance’ define este sistema como um sistema que simula condições naturais de
482 produção primária e secundária estuarina, estimulando o crescimento das bactérias
483 benéficas, o aumento do fitoplâncton, bem como florações zooplantônicas que servem
484 como nutrição suplementar aos camarões cultivados e auxiliam a manutenção da
485 qualidade da água, (Romano, 2017). Este sistema, que também é chamado de
486 “simbiótico” é composto por suplementos ou ingredientes alimentares que combinam
487 sinergicamente prebióticos e probióticos, dando sustentabilidade ambiental ao sistema
488 de cultivo, não havendo a necessidade de antibióticos ou produtos químicos (Romano,
489 2017) A fonte prébiótica consiste geralmente de um oligossacarídeo, proveniente da
490 fermentação de um farelo (arroz, trigo ou soja) e outra probiótica (*Bacillus sp.*) (Fig. 5),
491 podendo assim proporcionar vantagens para os animais através da produção de
492 metabólitos secundários tais como, lipossacarídeos e peptídeoglicanos para melhor
493 resposta imunológica (Kim *et al.*, 2014; Huynh *et al.*, 2017). Li *et al.*, (2009) por
494 exemplo, mantiveram camarões *L. vannamei* por 28 dias em um sistema simbiótico
495 composto por *Bacillus sp.* e uma mistura de oligossacarídeos (IMO 900P) e
496 constataram, após desafio com o vírus da mancha branca (WSSV) que os indivíduos
497 presentes nesse sistema conseguiram maior atividade fagocítica nos hemócitos e outras
498 respostas imunológicas favoráveis, resultando em mortalidade significativamente menor
499 após o contato com o vírus.



500

501 Figura 4: Vista de um viveiro de cultivo de camarão marinho implementando o sistema
502 *Aquamimicry*. (fonte: www.aquaculturealliance.org).

503



504

505 Figura 5: fermentado de farelo de arroz. A, início da preparação (farelo e probiótico). B,
506 24h depois da preparação.

507

508 Diferentemente do sistema BFT, o qual estimula a alça microbiana desde
509 bactérias, ciliados e flagelados terminando o ciclo com zooplâncton, o sistema
510 simbiótico se diferencia por estimular a cadeia microbiana de forma mais “curta”,
511 fazendo com que o zooplâncton se desenvolva mais rápido e melhore a transferência de
512 energia (Chakravarty *et al.*, 2018). Outro fator diferencial entre os dois sistemas se
513 refere ao manejo da relação C: N, onde no sistema BFT é exigido um certo grau de
514 experiência, ao passo que o sistema *Aquamimicry* é menos restrito nesta relação,
515 podendo ser empregado por aquicultores com menos experiência (Stein, 2019).
516 Segundo Nicholas & Romano (2017), uma das vantagens do sistema *Aquamimicry* é
517 que, além de utilizado como fertilização da água de cultivo, este sistema pode ser
518 utilizado como alimentação para os camarões podendo ser retirada completamente a

519 ração comercial oferecida, diminui a produção de lama no fundo das unidades de
520 cultivo e diminui a necessidade de uma aeração vigorosa.

521 Diferentemente do sistema BFT, a tecnologia Aquamimicry normalmente se
522 baseia em cultivos extensivos, ou seja, com grandes viveiros escavados e baixas
523 densidades de estocagem. Nas fazendas onde o sistema Aquamimicry é empregado
524 existe uma acumulação de material sedimentável no fundo dos viveiros, o que gera uma
525 zona anóxica e potencial local de desenvolvimento de organismos patógenos aos
526 camarões como, por exemplo, *Vibrio* sp. (Romano *et al.*, 2017). Os protocolos
527 utilizados para a implementação deste sistema ainda são muito variados e dependem
528 tanto do acesso aos insumos (farelos de arroz, trigo ou soja) quanto da capacidade
529 técnica dos produtores (BIOAQUAFLOC, 2018), sendo que, se comparado ao sistema
530 BFT, o sistema Aquamimicry não requer alto nível de conhecimento para ser
531 implantado e operado podendo ser implementado por aquicultores com baixo nível
532 técnico.

533 Alguns protocolos utilizados no sistema Aquamimicry baseiam-se no manejo e
534 ciclagem do material sedimentável acumulado no fundo do viveiro, onde, recomenda-se
535 que haja a remoção deste material ou que haja um revolvimento do solo e remoção do
536 biofilme formado através do arrasto de correntes ou cordas. Este revolvimento do
537 material acumulado no fundo do viveiro promove sua degradação e sua mineralização
538 evitando o surgimento de zonas anóxicas e a proliferação de patógenos (Kawahigashi,
539 2018)

540 Apesar deste e de outros estudos sendo executados, existe ainda uma lacuna de
541 conhecimento em relação às vantagens do sistema simbiótico ou *Aquamimicry* para o
542 camarão *L. vannamei* em relação aos sistemas BFT. Sendo assim, análises que visam
543 comparar os sistemas de alimentação em cultivo intensivo desta espécie podem
544 responder questões importantes sobre a implantação de novas tecnologias que
545 aumentem a produção e atenuem a incidência de mortalidade nos camarões cultivados.

546

547 **2. Objetivo Geral**

548 Realizar uma análise comparativa entre o sistema de bioflocos (BFT) e a
549 tecnologia *Aquamimicry* (Aquamimetismo) em cultivo de camarões *L. vannamei* em
550 viveiros revestidos.

551

552 **2.1. Objetivos específicos**

- 553 - Comparar os dois sistemas de cultivo, BFT e *Aquamimicry* em relação à qualidade de
554 água;
555 - Comparar os dois sistemas de cultivo em relação ao desempenho zootécnico;
556 - Comparar diferenças na comunidade microbiana nos diferentes sistemas.

557

558 3. Material e métodos

559 3.1. Origem dos camarões e manejo

560 Os nauplius de *L. vannamei* foram adquiridos de um laboratório comercial e
561 transportados para o setor de larvicultura da Estação Marinha de Aquacultura “Professor
562 Marcos Alberto Marchiori”, pertencente ao Instituto de Oceanografia da Universidade
563 Federal do Rio Grande (EMA/IO-FURG), onde foram mantidos até atingirem o estágio
564 de pós-larva de 15 dias (PL 15). As pós-larvas posteriormente foram estocadas dentro
565 de uma estufa em tanques berçário (Fig. 6) na própria estação onde permaneceram até
566 atingirem o peso médio de 1,44 g, sendo então transferidas para os viveiros de engorda.
567



568

569 Figura 6: Tanques tipo raceway utilizados como berçários. Estação Marinha de
570 Aquacultura – EMA, FURG.

571

572 3.2. Desenho experimental

573 Os juvenis de *L. vannamei* foram estocados em seis viveiros de engorda (Fig. 7)
574 com áreas aproximadas de 600 m² (20 x 30 x 1,0 m) cada. Situados na própria Estação
575 Marinha de Aquacultura (EMA/IO–FURG), estes viveiros são totalmente recobertos
576 com mantas de polietileno de alta densidade (PEAD) não havendo qualquer contato
577 com o solo. A densidade inicial de estocagem foi de 60 camarões/m² totalizando 36.000
578 camarões por unidade de cultivo, fazendo com que o sistema *Aquamimicry* fosse
579 “forçado” a operar em densidades elevadas para viveiros, se comparado com o sistema
580 convencional, o que já é empregado utilizando o sistema BFT.



581

582 Figura 7: Viveiros de engorda na Estação Marinha de Aquacultura. A, viveiros antes da
583 estocagem. B, viveiros em atividade.

584

585 O experimento teve duração de 120 dias abrangendo os meses de dezembro à
586 março de 2019 e foi composto por dois tratamentos sendo três viveiros com o
587 tratamento BFT e três com o tratamento *Aquamimicry*. O tratamento denominado
588 ‘Tratamento bioflocos (TBio)’: o sistema de bioflocos começou a ser estimulado, três
589 dias antes da estocagem dos camarões, através da inoculação de 1,0 % de uma água com
590 bioflocos procedentes de um cultivo em andamento e contendo valores dos compostos
591 nitrogenados estabilizados (concentrações de amônia e nitrito baixas e concentração de
592 nitrato em elevação). Além deste inóculo, uma fertilização inicial foi realizada durante
593 três dias antes da estocagem dos camarões utilizando 30 mg/L de uma fonte de
594 nitrogênio (farelo de arroz e ração) e 30 mg/L de uma fonte de carbono (melaço de cana
595 de açúcar). A fertilização orgânica permite manter uma relação C: N inicial igual a 15:
596 1, favorecendo o desenvolvimento da comunidade microbiana heterotrófica
597 (Avnimelech, 1999). Para este tratamento, quando os níveis de TAN atingissem valores
598 próximos a 1,0 mg/L, foi aplicada uma fonte de carbono ao sistema a fim de estimular
599 as bactérias heterotróficas e reduzir a concentração deste composto. Para controle da

600 elevação dos sólidos suspensos totais (SST) foram realizadas renovações através de
601 bombeamento de água marinha ou do subsolo. Os valores de SST foram mantidos
602 abaixo do nível máximo recomendado encontrando-se em torno de 400 a 600 mg/L
603 (Avnimelech, 2012; Schweitzer *et al.*, 2013).

604 No segundo tratamento denominado ‘Tratamento *Aquamimicry*’ (TMi), foi
605 realizada fertilização prévia dos viveiros utilizando farelo de arroz como fonte de
606 carbono para o sistema com aplicação de 100 mg/L divididos em três doses. O farelo de
607 arroz possui uma relação C: N de 20: 1 o que contribui para o desenvolvimento de
608 bactérias heterotróficas que promovem a redução das taxas de nitrogênio amoniacal
609 total (TAN) ao longo do ciclo de cultivo. Diferentemente do sistema BFT, onde a
610 aplicação se dá de forma dependente das concentrações de amônia, o sistema
611 *aquamimicry* requer uma aplicação sistemática visto que é independente das
612 concentrações de amônia presente no sistema. A fertilização da água dos viveiros foi
613 realizada através do fermentado de farelo de arroz administrado sob a forma de inóculo,
614 três dias antes da estocagem dos camarões. Para tanto, foi utilizado o farelo como fonte
615 de açúcar e carboidratos (prebióticos) e probiótico comercial (Sanolife PRO W, INVE
616 Aquaculture®) na dose de 150 mg/L de água. Os sólidos suspensos totais (SST) foram
617 mantidos em valores próximos a 400 mg/L utilizando renovação de água. Os
618 procedimentos específicos de fertilização seguiram a metodologia proposta por
619 Kawahigashi (1992; 1998), sendo a dose diária de farelo de arroz fermentado
620 administrada na concentração de 50 mg/L para cada viveiro do tratamento e com
621 aplicações sistemáticas a cada dois dias ao longo de todo o ciclo de cultivo.

622 Em todos os tratamentos, a aeração se deu de forma contínua, sendo utilizados
623 aeradores do tipo *paddle wheel* (Trevisan, Palotina-PR) (Fig. 8), com potência
624 equivalente a 33 HP/ha. Os camarões tiveram sua alimentação ofertada a lanço duas
625 vezes ao dia, com ração comercial (Guabi®) contendo 38 % de proteína bruta e com
626 auxílio de bandejas de alimentação (Fig. 9) para controlar o consumo aparente e
627 utilizando como base comparativa uma tabela de alimentação contida em trabalho de
628 revisão de Jory *et al.* (2001) sendo a taxa inicial de arraçoamento de 3,1 % da biomassa
629 de camarões das unidades.

630



631

632 Figura 8: Aerador do tipo *paddle wheel* utilizado nos viveiros de cultivo de camarões
633 marinhos da Estação Marinha de Aquicultura/IO/FURG.

634



635

636 Figura 9: Alimentação oferecida em bandejas para monitorar o consumo aparente dos
637 camarões.

638

639 **3.3.Preparação do fermentado de farelo de arroz**

640 Diariamente, durante os três dias anteriores à estocagem dos camarões nos
641 viveiros, um fermentado anaeróbico foi adicionado. Sua composição foi de 1,6 kg de
642 farelo de arroz, 6,0 g de probiótico (Pro W – INVE) e 40 litros de água salgada, clorada
643 e depois declorada e a fermentação ocorreu por 24 horas. Este fermentado apresenta
644 uma queda esperada de pH, podendo atingir valores entre 4,0 e 5,0 devido à atividade
645 do probiótico e ao próprio processo de fermentação do farelo de arroz. Esta queda não
646 deve interferir no processo de aplicação e não se deve notar mudanças bruscas no pH
647 das unidades de cultivo. A preparação deste fermentado foi realizada em uma caixa
648 d'água de 300 L, onde foram adicionados o farelo de arroz peneirado (peneira de

649 aproximadamente 2,0 mm), o probiótico e a água (Fig. 10). Após a data da estocagem, o
650 fermentado anaeróbico foi adicionado a cada dois dias. Para isso, 24 horas antes da
651 aplicação o fermentado era preparado com 800 g de farelo de arroz, 6,0 g de probiótico
652 e 40 litros de água, clorada e depois declorada e mantido em ambiente anaeróbico.



653
654 Figura 10: Sequência de preparação e aplicação do fermentado de farelo de arroz. A,
655 água clorada e declorada. B, mistura de farelo de arroz e probiótico. C, fermentado
656 pronto após 24h. D, aplicação do fermentado no sistema.
657

658 3.4. Parâmetros físico-químicos

659 As concentrações de oxigênio dissolvido e temperatura da água foram
660 monitoradas duas vezes ao dia (8:00 e 16:00 h) com o auxílio do oxímetro digital (Pro-
661 20 YSI®). Os valores de pH foram medidos também duas vezes ao dia utilizando
662 pHmetro digital (METTLER TOLEDO®). A transparência da água foi mensurada
663 diariamente utilizando disco de Secchi. Para análises de compostos nitrogenados, foram
664 realizadas coletas de amostras de água diariamente para quantificar as concentrações de
665 amônia total (N-AT) ($N-(NH_3 + NH_4^+)$) e nitrito ($N-NO_2^-$), seguindo a metodologia
666 descrita em UNESCO (1983) e Strickland & Parsons (1972), respectivamente. Uma vez
667 por semana o valor de salinidade foi verificado com auxílio de refratômetro óptico
668 (ATAGO®). Valores de alcalinidade foram obtidos semanalmente seguindo a
669 metodologia proposta por APHA (1998). Os valores de fosfato ($P-PO_4^{3-}$) e nitrato ($N-NO_3^-$)
670 foram mensurados a cada sete dias de acordo com Strickland & Parsons (1972).
671 Os sólidos suspensos totais (mg/L) foram determinados semanalmente por gravimetria

672 mediante filtragem de alíquotas de 20 ml de água em filtros de fibra de vidro GF 50-A
673 (47 μ m) (Strickland & Parsons, 1972). O volume total dos flocos (mL/L) foi obtido
674 semanalmente como o uso de cone Imhoff (Avnimelech, 2007).

675

676 **3.5.Desempenho zootécnico**

677 Realizou-se uma biometria inicial (n= 100 indivíduos por viveiro) para estimar o
678 peso médio dos camarões a serem estocados. Durante o experimento, semanalmente,
679 foram realizadas biometrias (Fig. 11) com 60 indivíduos por unidade experimental, os
680 quais foram coletados aleatoriamente e então pesados individualmente utilizando
681 balança digital com precisão de 0,01 g (AS 1000 C, MARTE[®]). Depois de pesados, os
682 camarões retornaram para suas respectivas unidades. Por meio dessas biometrias,
683 calculou-se o peso médio dos camarões, sendo ajustada semanalmente a quantidade de
684 ração a ser ofertada segundo artigo de revisão de Jory *et al.* (2001). O ganho de peso
685 dos camarões de cada unidade foi obtido pela seguinte fórmula:

686 Ganho de peso (g) = peso médio final (g) – peso médio inicial (g).

687 A taxa de crescimento semanal foi calculada de acordo com Bagenal (1978)
688 utilizando, para isto, a seguinte equação:

689 G (g/semana) = (Wf (g) – Wi (g)) / NS,

690 Onde Wf representa o peso final, Wi o peso inicial e NS e número de semanas
691 do experimento.

692 A conversão alimentar aparente (CAA) foi estimada através da seguinte fórmula:

693 CAA= alimento oferecido (g) / incremento de biomassa (g); ou seja, peso final –
694 peso inicial (g).

695 A sobrevivência foi estimada através da seguinte fórmula: S (%) = (número final
696 / número inicial) x 100.

697 Após a despesca, ao fim do ciclo de cultivo, e de posse dos dados de biomassa
698 final, foram obtidos dados de produtividade por metro quadrado (m²) e por hectare (ha).

699



700

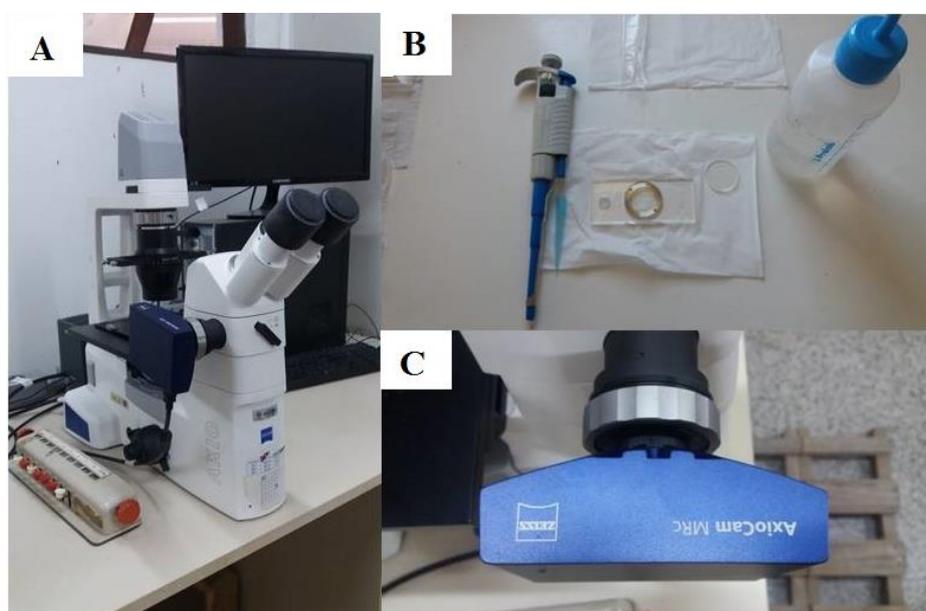
701 Figura 11: Biometrias semanais realizadas nos viveiros de engorda da Estação Marinha
702 de Aquacultura.

703

704 **3.6. Análise de microrganismos**

705 Amostras de água dos sistemas de cultivo foram armazenadas em frascos de
706 vidro âmbar (50 mL), contendo solução ácida de Lugol (1,0-2,0 % v/v) para a contagem
707 de células fitoplanctônicas, organismos coloniais e/ou tricomas de cianobactérias
708 (UNESCO, 2010). Esta solução é ideal para o colapso das vesículas de gás (aerótopos)
709 de cianobactérias, permitindo uma estimativa mais precisa da abundância desse tipo de
710 microrganismo. As mostras foram coletadas a cada 15 dias ao longo de todo o período
711 experimental e, após análise, constatou-se que o viveiro dois (*Aquamimicry*) e o viveiro
712 cinco (Bioflocos BFT) foram os mais representativos de cada tratamento dentro da
713 análise de microbiota e utilizados para os efeitos comparativos. Para as análises, o
714 período de coleta compreendeu o ciclo de cultivo e foi dividido em três tempos. Os
715 tempos analisados foram: inicial, correspondendo às coletas realizadas ao longo dos
716 meses de novembro e dezembro; meio, correspondendo às coletas realizadas ao longo
717 dos meses de janeiro e fevereiro; final, correspondendo às coletas realizadas no mês de
718 março, sendo que, para cada um destes períodos houve quatro coletas totalizando 12
719 coletas ao longo de todo o período experimental. Os microrganismos presentes nas
720 amostras foram divididos inicialmente em dois grandes grupos: Fitoplâncton e
721 Zooplâncton e estes subdivididos em: Clorófitas, Diatomáceas e Cianobactérias
722 representando o grupo Fitoplâncton e Rotíferos, Ciliados e Flagelados representando o
723 grupo Zooplâncton. A abundância destes organismos foram transformadas em função
724 logarítmica para plotagem nos gráficos.

725 A identificação e a contagem de células foram realizadas com o uso do
726 microscópio invertido Axiovert A1 (ZEISS®) (Fig. 12-A) e câmaras de sedimentação
727 (Utermöhl, 1958; UNESCO, 2010) (Fig. 12-B), com o acoplamento de uma câmera
728 AxioCam MR (ZEISS®) (Fig. 12-C) para captura de imagens. De maneira geral, a área
729 completa da câmara de sedimentação foi inspecionada para a contagem de
730 microrganismos entre 20 até 50 μm (aumento de 100X). E, no mínimo trinta (30)
731 campos aleatórios foram analisados para a contagem de microrganismos entre 5,0 até 20
732 μm (200X) ou para a contagem de microrganismos ou cenóbios entre 2,0 até 10 μm
733 (400X). Para cada amplitude de objetiva, pelo menos 200 unidades de contagem
734 (células ou filamentos ou cenóbios) foram contadas, particularmente considerando que
735 as amostras são de ambiente hipereutrófico. Sendo assim, esse limiar para as unidades
736 contadas tende a manter uma margem de erro $<20\%$ (Lund *et al.*, 1958). Durante as
737 rotinas de contagem, todos os espécimes foram medidos e identificados até o táxon
738 genérico ou específico, com exceção de alguns flagelados que foram categorizados por
739 tamanho e/ou reunidos em categorias taxonômicas mais abrangentes (frequentemente
740 em Classe). A classificação taxonômica e o *status* taxonômico de todos os táxons foram
741 verificados através da página Algaebase.org (Guiry & Guiry, 2019).
742



743
744 Figura 12: A, Microscópio invertido Axiovert A1 (ZEISS®). B, câmara de
745 sedimentação Utermöhl. C, câmera AxioCam MR (ZEISS®).

746
747

3.7. Análises estatísticas

748 Possíveis diferenças significativas ($p < 0,05$) no desempenho zootécnico e nos
 749 parâmetros de água foram analisadas utilizando-se o teste *t de Student*. Todos os testes
 750 foram realizados após confirmação da homocedasticidade de variância (teste de
 751 Levene's) e normalidade da distribuição de dados (teste de Kolmogorov-Smirnov). Para
 752 satisfazer os pressupostos do teste t, os dados de sobrevivência foram convertidos em
 753 arco seno da raiz quadrada (Zar, 2010).

754

755 4. Resultados

756 4.1. Variáveis físico-químicas

757 As variáveis físico-químicas analisadas ao longo do ciclo foram temperatura,
 758 oxigênio dissolvido, pH, salinidade, turbidez, sólidos suspensos totais (SST) e
 759 alcalinidade. As médias destas variáveis estão representadas na Tabela 1 e não
 760 apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os dois tratamentos utilizados.

761

762 Tabela 1. Valores (média \pm desvio padrão) das variáveis físico-químicas de qualidade
 763 da água, nos viveiros de cultivo intensivo, do camarão branco *Litopenaeus vannamei*,
 764 para os tratamentos *Aquamimicry* e Bioflocos (BFT).

Variáveis físico-químicas/Tratamento	Bioflocos (TBio)	<i>Aquamimicry</i> (TMi)
Temperatura (°C)	24,34 \pm 0,36	24,19 \pm 0,28
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,08 \pm 0,31	7,85 \pm 0,60
pH	8,47 \pm 0,18	8,44 \pm 0,22
Salinidade	11,09 \pm 1,18	11,42 \pm 2,42
Turbidez (NTU)	112,77 \pm 53,12	116,04 \pm 63,07
Sólidos suspensos totais (mg/L)	190,38 \pm 70,81	165,71 \pm 77,32
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	245,30 \pm 37,95	232,57 \pm 36,36

765

766 Os valores dos nutrientes analisados na água de cultivo: amônia total (N-AT),
 767 nitrito (N-NO₂⁻), nitrato (N-NO₃⁻) e fosfato (P-PO₄⁺³) e as médias e desvio padrão estão
 768 demonstrados na Tabela 2 e não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre
 769 os dois tratamentos utilizados.

770

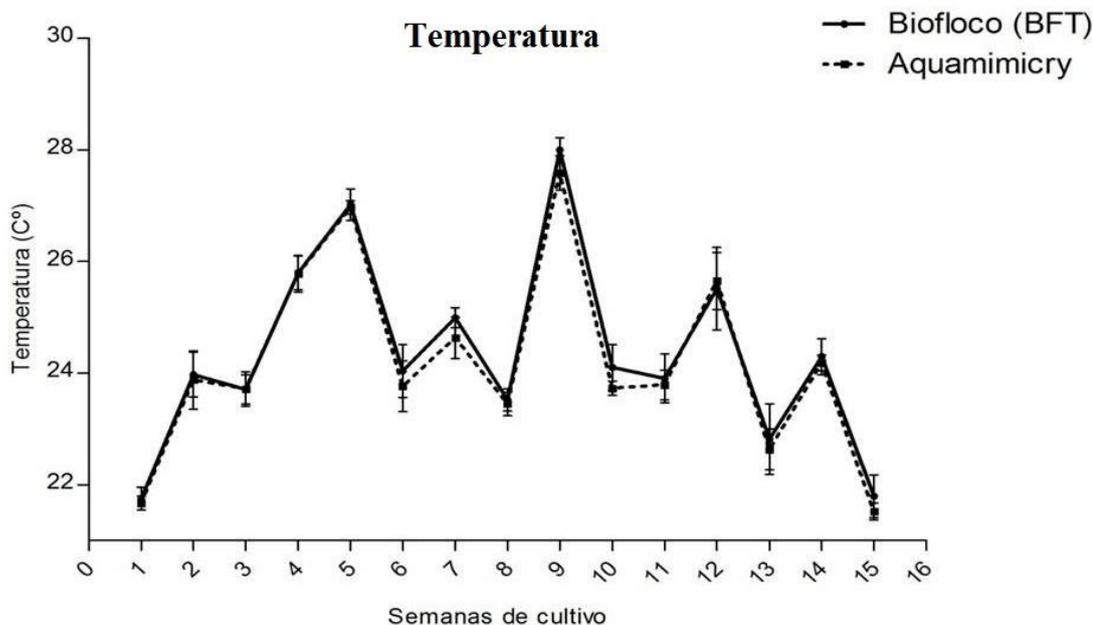
771 Tabela 2. Valores (média \pm desvio padrão) de amônia, nitrito, nitrato e fosfato
 772 analisados nos viveiros de cultivo intensivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*,
 773 para os tratamentos *Aquamimicry* (TMi) e Bioflocos (TBio).

Variáveis físico-químicas/Tratamento	Bioflocos (TBio)	<i>Aquamimicry</i> (TMi)
N-AT (mg/L)	0,24 ± 0,29	0,25 ± 0,32
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,33 ± 0,47	0,12 ± 0,16
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	1,52 ± 1,00	2,82 ± 2,21
P-PO ₄ ³⁺ (mg/L)	0,18 ± 0,13	0,09 ± 0,04

774

775 Os valores médios de temperatura (Fig. 13) não diferiram entre os tratamentos.
776 Porém, as variações deste parâmetro ao longo do período experimental está intimamente
777 ligada com a entrada de frentes frias na região, observada principalmente nas semanas 6
778 e 11. Foram observados os menores valores de temperatura na primeira e última semana
779 do período experimental. Foram observadas temperaturas de 21,74 °C ± 0,20 para o
780 sistema BFT e 21,66 °C ± 0,12 para o sistema *Aquamimicry* na primeira semana de
781 cultivo. Na última semana os valores de temperatura foram 21,79 °C ± 0,38 e 21,51 °C
782 ± 0,15 para o sistema BFT e *Aquamimicry*, respectivamente. A maior temperatura
783 média ocorreu na quinta semana de cultivo e foi de 27,01 °C ± 0,28 no sistema BFT.

784

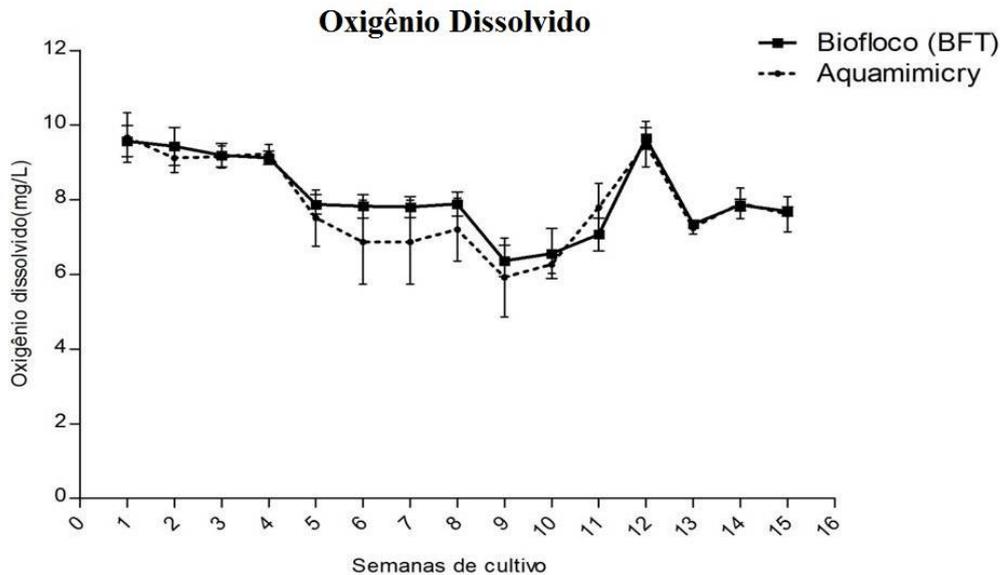


785

786 Figura 13 - Valores (médios ± desvio padrão) de temperatura ao longo do período
787 experimental de *L. vannamei* em sistemas intensivos bioflocos (BFT) e *Aquamimicry*.

788

789 Em relação às concentrações de oxigênio dissolvido, foi observado ao longo do
 790 período experimental uma redução nos valores médios em ambos os tratamentos, sendo
 791 o menor valor observado na nona semana de cultivo ($5,92 \pm 1,05$ mg/L) para o sistema
 792 *Aquamimicry* (Fig. 14). Os maiores valores ocorreram na primeira semana de cultivo
 793 ($9,57 \pm 0,41$ mg/L e $9,66 \pm 0,66$ mg/L) para o tratamento BFT e *Aquamimicry*,
 794 respectivamente.
 795



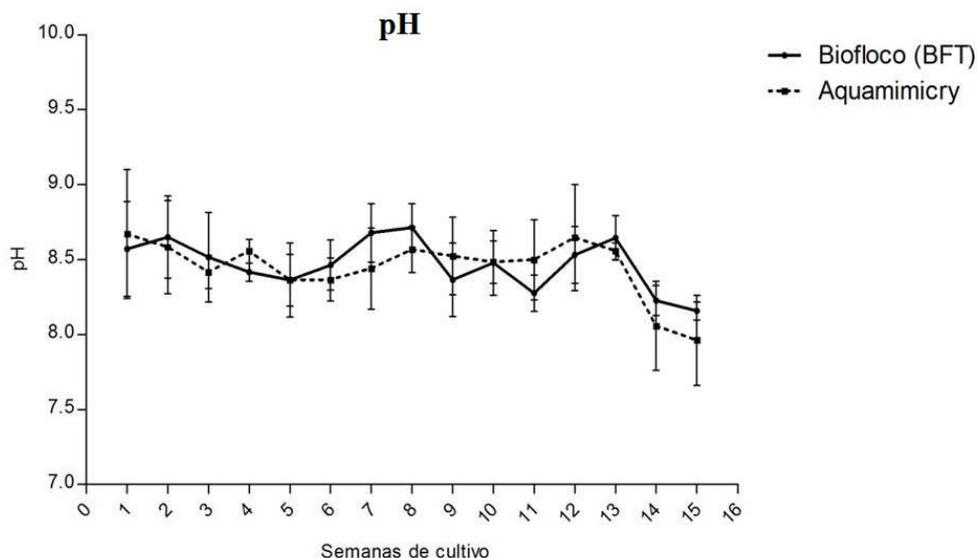
796

797 Figura 14 - Valores (médios \pm desvio padrão) de oxigênio dissolvido ao longo do
 798 período experimental de *L. vannamei* em sistemas intensivos BFT e *Aquamimicry*.

799

800 Os valores de pH se mantiveram próximos nos dois tratamentos durante o
 801 período experimental, com valores médios de $8,47 \pm 0,18$ para o tratamento bioflocos
 802 (BFT) e $8,44 \pm 0,22$ para o tratamento *Aquamimicry* (Fig. 15).

803



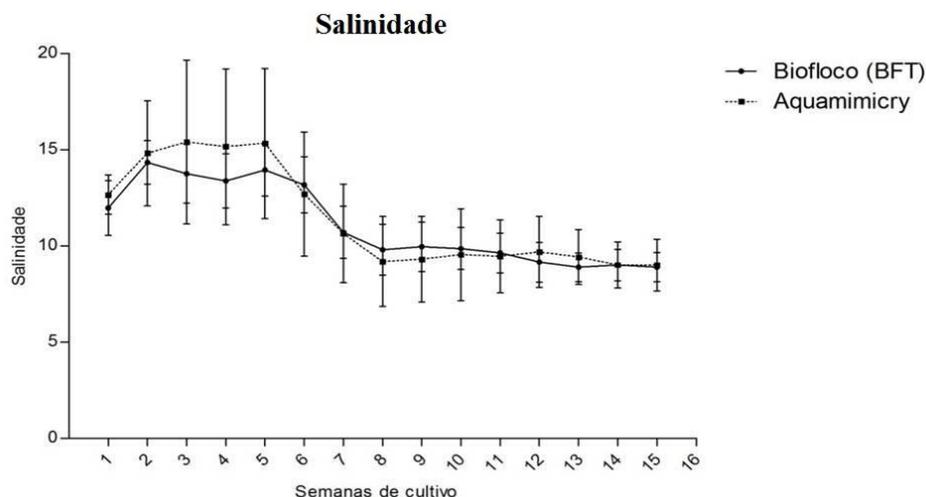
804

805 Figura 15 - Valores (médios \pm desvio padrão) de pH ao longo do período experimental
806 de *L. vannamei* em sistemas intensivos BFT e *Aquamimicry*.

807

808 Em relação à salinidade, os valores médios foram de $11,09 \pm 1,18$ para o
809 tratamento bioflocos e $11,42 \pm 2,42$ para o tratamento *Aquamimicry* (Fig. 16). Ao longo
810 do período experimental, houve uma mudança da salinidade nos dois tratamentos. As
811 médias dos valores iniciais deste parâmetro foram de $13,03 \pm 1,38$ e $13,81 \pm 3,10$ para o
812 tratamento BFT e tratamento *Aquamimicry*, respectivamente. Ao final do período
813 experimental os valores eram de $9,40 \pm 1,00$ e $9,32 \pm 1,83$ para o tratamento BFT e para
814 o tratamento *Aquamimicry*, respectivamente. Esta alteração ocorreu devido à renovação
815 feita através de água do subsolo, cuja salinidade é 8,0.

816



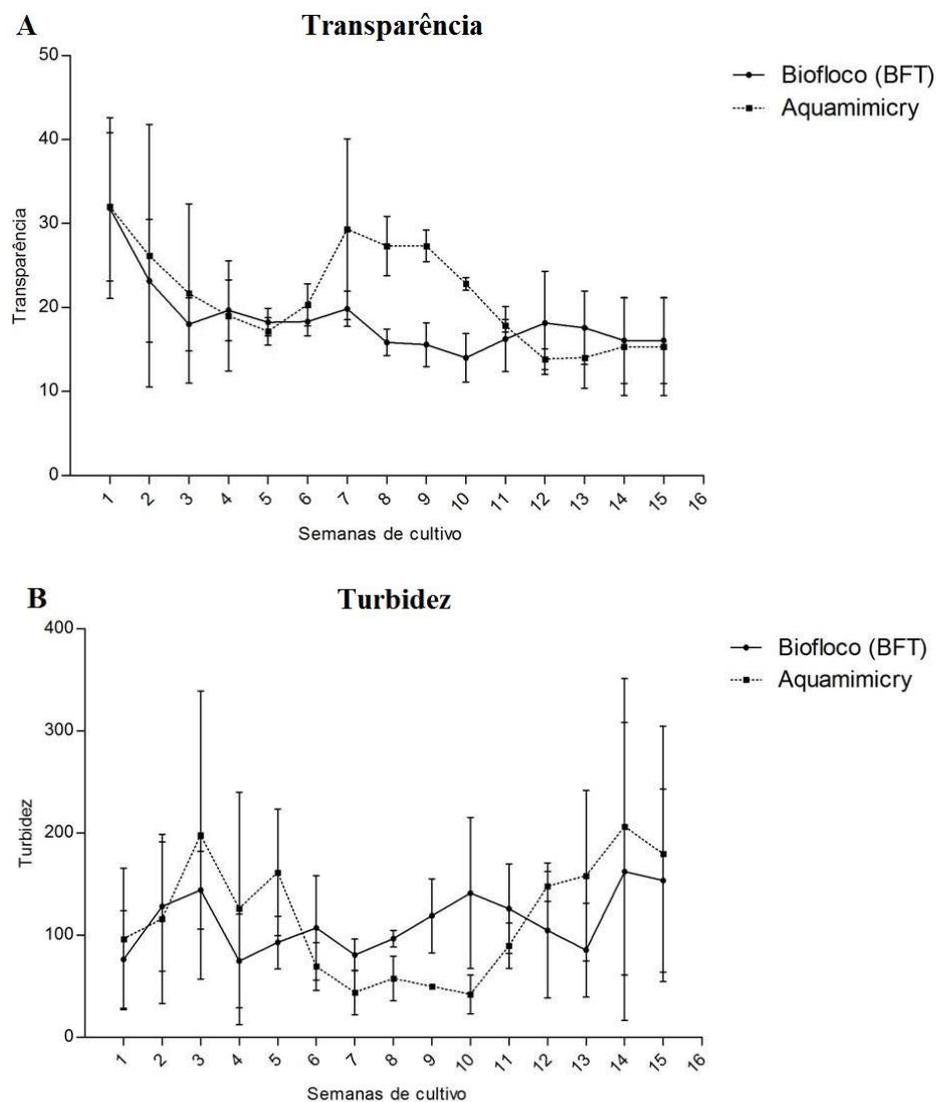
817

818 Figura 16 - Valores (médios \pm desvio padrão) de salinidade ao longo do período
819 experimental de *L. vannamei* em sistemas intensivos bioflocos (BFT) e *Aquamimicry*.

820

821 Os dados de transparência (Fig. 17-A) ao longo do período experimental tiveram
822 valores máximos na primeira semana de cultivo nos dois tratamentos sendo de 31,8 cm
823 e 32,0 cm para BFT e *Aquamimicry*, respectivamente. Valores mínimos deste parâmetro
824 foram observados na semana dez para o tratamento BFT e na semana doze para o
825 tratamento *Aquamimicry*, sendo de 14,0 cm e 13,8 cm, respectivamente.

826 A turbidez em ambos os tratamentos atingiu valores máximos na semana
827 quatorze chegando a 162,28 NTU para o tratamento BFT e 206,33 NTU para o
828 tratamento *Aquamimicry* (Fig. 17-B). Nota-se uma queda dos valores de turbidez no
829 tratamento *Aquamimicry* entre as semanas seis e onze com valores médios atingindo
830 $58,60 \pm 18,27$ NTU.



831

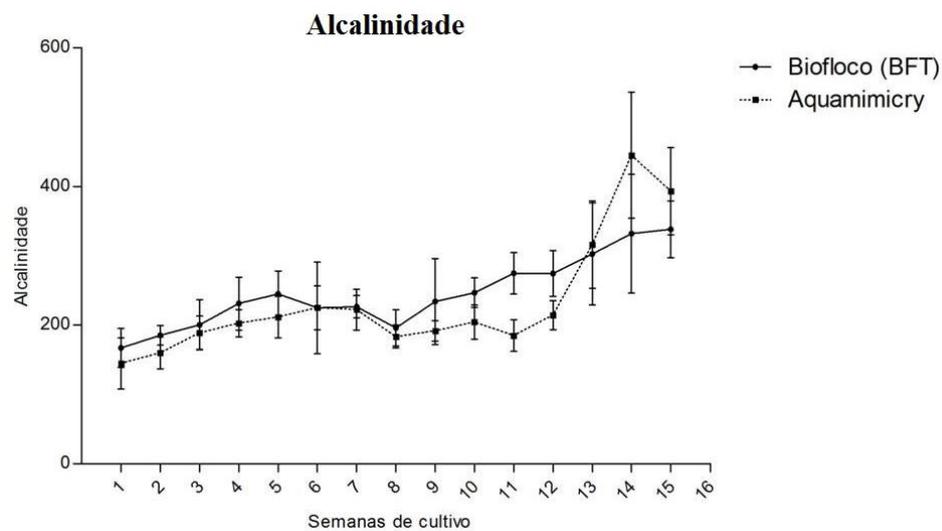
832

833 Figura 17 - Valores (médios \pm desvio padrão) de: A, transparência e B, turbidez ao
834 longo do período experimental de *L. vannamei* em sistemas intensivos biofloc (BFT) e
835 *Aquamimicry*.

836

837 Durante o período experimental, observaram-se valores médios de alcalinidade
838 para os tratamentos BFT e *Aquamimicry* de $245,30 \pm 37,95$ mg/L e $232,57 \pm 36,36$
839 respectivamente (Fig. 18). Nota-se um aumento nos valores de alcalinidade a partir da
840 semana oito para o tratamento BFT e a partir da semana onze para o tratamento
841 *Aquamimicry*. Os valores máximos deste parâmetro foram atingidos nas semanas quinze
842 e quatorze para os tratamentos BFT e *Aquamimicry*, respectivamente.

843



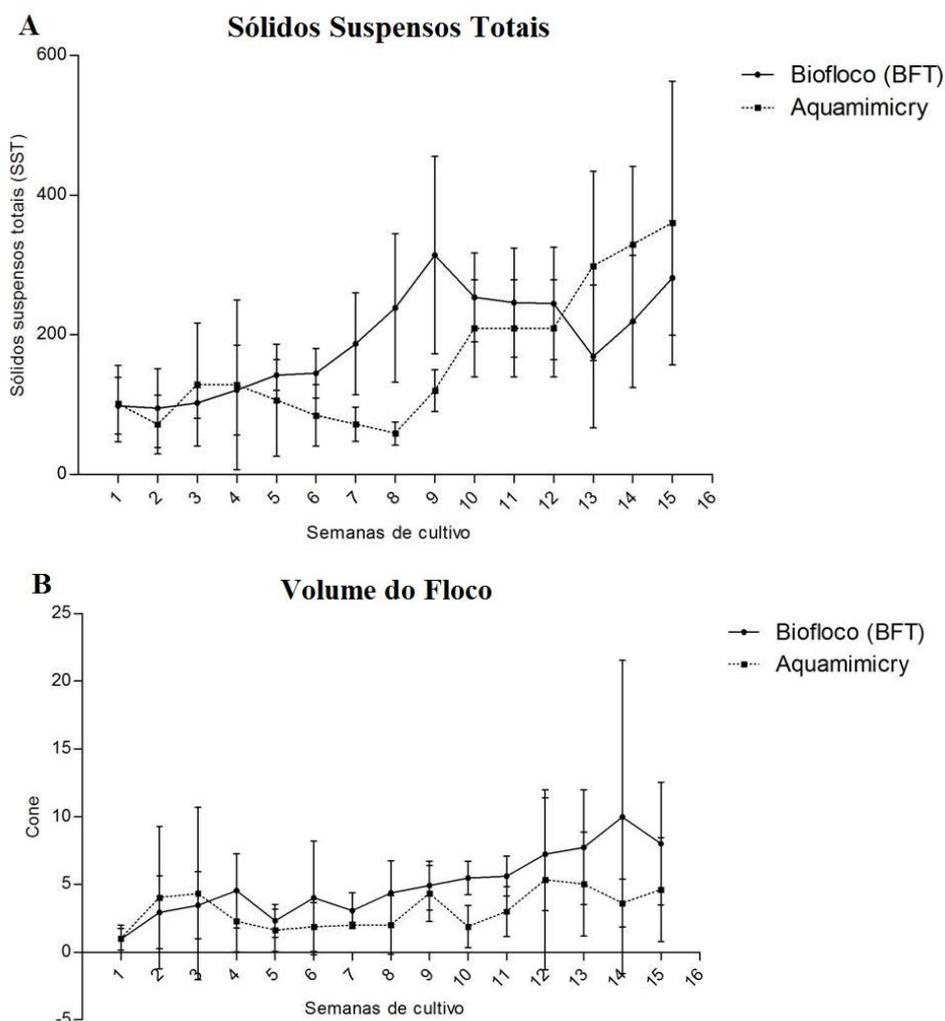
844

845 Figura 18 - Valores (médios \pm desvio padrão) de alcalinidade ao longo do período
846 experimental de *L. vannamei* em sistemas intensivos biofoco (BFT) e *Aquamimicry*.

847

848 Os valores médios dos sólidos suspensos totais (SST) foram de $190,38 \pm 70,81$ e
849 $165,71 \pm 77,32$ mg/L pra os tratamentos BFT e *Aquamimicry*, respectivamente (Fig. 19-
850 A). Valores máximos deste parâmetro foram encontrados na semana nove para o
851 tratamento BFT ($313,90$ mg/L) e na semana quinze para o tratamento *Aquamimicry*
852 ($360,00$ mg/L).

853 O volume de flocos apresentou uma tendência crescente ao longo do período
854 experimental com valores máximos atingidos na semana quatorze ($9,97$ mL/L) para o
855 tratamento BFT e na semana doze ($5,33$ mL/L) para o tratamento *Aquamimicry* (Fig.19-
856 B).



857

858

859 Figura 19 - Valores (médios \pm desvio padrão) de: A, sólidos suspensos totais (SST) e B,
 860 volume de floc ao longo do período experimental de *L. vannamei* em sistemas
 861 intensivos biofloc (BFT) e *Aquamimicry*.

862

863 Com relação à amônia, os valores médios se mantiveram abaixo de 1,0 mg/L ao
 864 longo do cultivo (Fig. 20-A). Entretanto, houve um pico deste nutriente na semana seis
 865 para o tratamento *Aquamimicry*, sendo que o valor chegou a 1,12 mg/L. Esse valor mais
 866 elevado é justificado pela alteração em um viveiro (número 4), onde a amônia chegou a
 867 3,25 mg/L. As elevações de amônia de ambos os sistemas foram corrigidas ao longo do
 868 período experimental acrescentando melaço de cana para o tratamento BFT e realizando
 869 renovações de água para o tratamento *Aquamimicry* regulando, assim os níveis de
 870 amônia para que retornassem a valores abaixo de 1,0 mg/L.

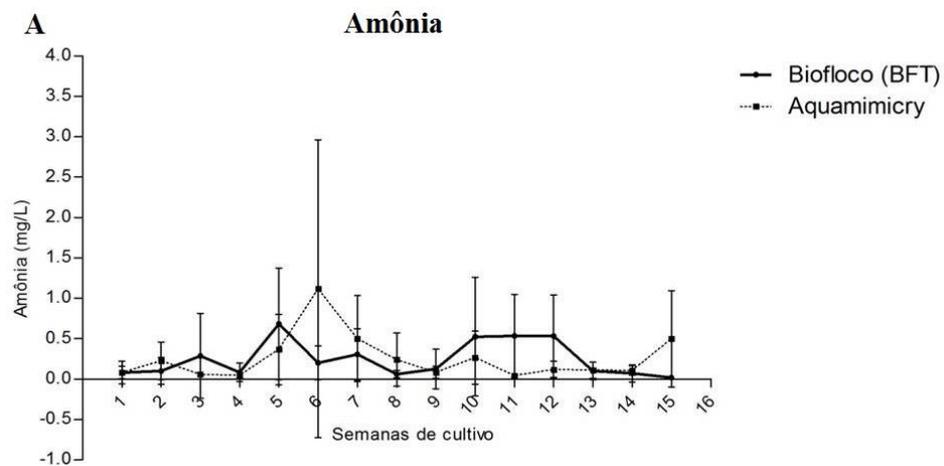
871 O nitrito manteve-se em concentrações baixas (<0,2 mg/L) ao longo de quase
 872 todo o período experimental para ambos tratamentos (Fig. 20-B). Entretanto, houve um
 873 aumento significativo na semana 11 para o tratamento BFT e na semana 14 para o

874 tratamento *Aquamimicry*, com valores médios de $1,09 \pm 1,37$ mg/L e $0,67 \pm 0,93$ mg/L,
875 respectivamente.

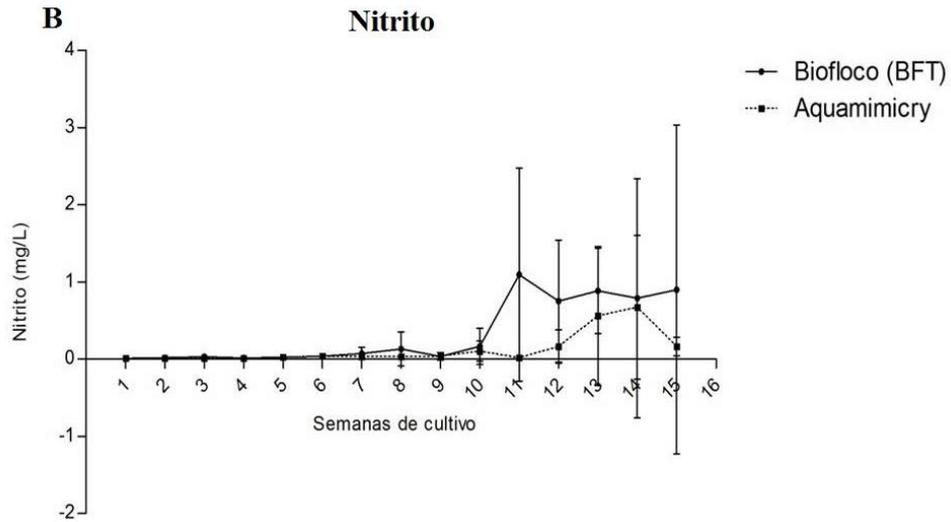
876 Os valores de nitrato em ambos os tratamentos não diferiram significativamente
877 ($p < 0,05$) entre si ao longo do período experimental, com valores médios de $1,52 \pm 1,00$
878 mg/L para o tratamento BFT e $2,82 \pm 2,21$ mg/L para o tratamento *Aquamimicry* (Fig
879 20-C). No entanto, houve um aumento no valor deste parâmetro na décima semana de
880 cultivo, onde valores de 3,66 mg/L e 8,33 mg/L foram observados para o tratamento
881 BFT e *Aquamimicry*, respectivamente. Este aumento se deu por conta da transformação
882 da amônia presente no sistema em suas formas menos tóxicas através da ação das
883 bactérias nitrificantes. Inicialmente a amônia é consumida por estas bactérias e é
884 convertida em nitrito e este em nitrato, o qual é menos tóxico e prejudicial ao ambiente
885 de cultivo.

886 Em relação ao fosfato, os valores médios foram de $0,18 \pm 0,13$ mg/L para o
887 tratamento BFT e valores médios de $0,09 \pm 0,04$ mg/L para o tratamento *Aquamimicry*
888 (Fig. 20-D). Os maiores valores de fosfato encontrados durante o período experimental
889 ocorreram na semana cinco para o tratamento BFT, com valor médio de $0,54 \pm 0,4$
890 mg/L e na semana treze para o tratamento *Aquamimicry*, com valor médio de $0,16 \pm$
891 $0,08$ mg/L.

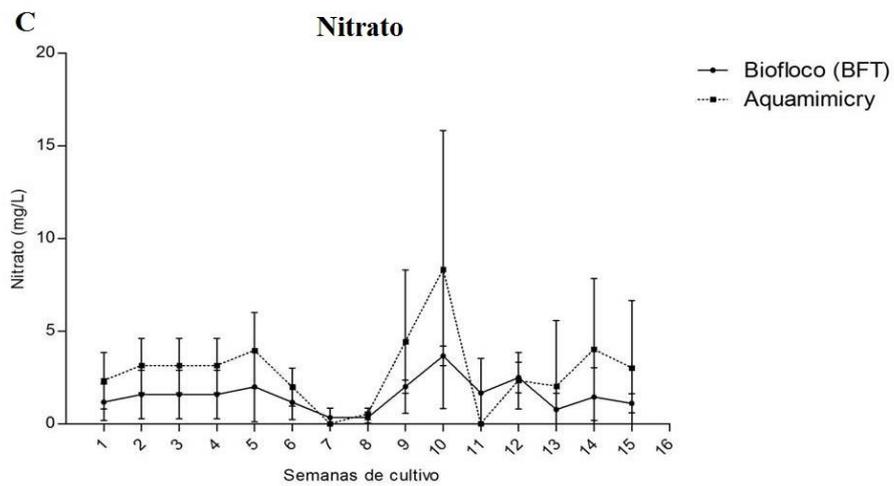
892



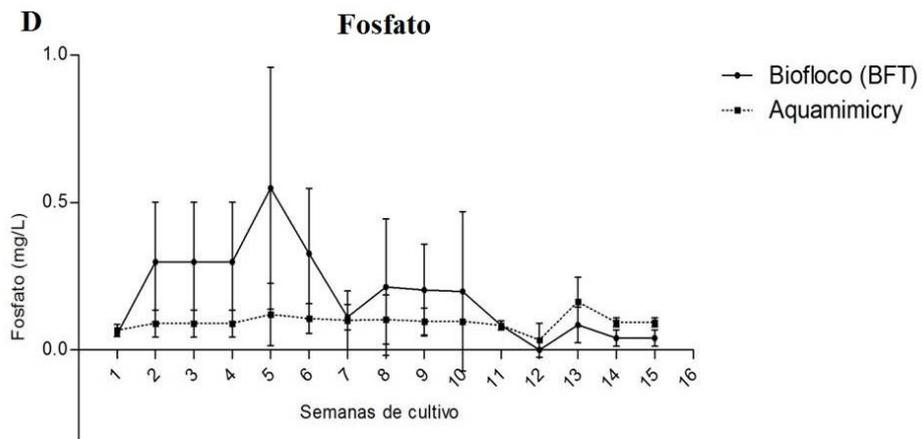
893



894



895



896

897 Figura 20 - Valores (médios \pm desvio padrão) de: A, amônia (N-AT), B, nitrito (NO_2^-),
 898 C, nitrato (NO_3^-) e D, fosfato (PO_4^{3+}) longo do período experimental de *L. vannamei* em
 899 sistemas intensivos biofloc (BFT) e *Aquamimicry*.

900

901 **4.2.Microrganismos**

902 Após as análises prévias das amostras, optou-se por quantificar os
 903 microorganismos em três tempos diferentes ao longo do ciclo de cultivo. O viveiro dois
 904 (*Aquamimicry*) e o viveiro cinco (Biofoco BFT) foram considerados os mais
 905 representativos dentro da análise de microrganismos e utilizados para os efeitos
 906 comparativos. Para os resultados referentes à abundância global destes organismos -por
 907 tratamento ao longo do período de cultivo não apresentaram diferença significativa ($p >$
 908 0,05) entre os dois tratamentos e estão representados na Tabela 3.

909

910 Tabela 3. Valores absolutos de abundância (cél/L) dos principais grupos de
 911 microorganismos encontrados nos viveiros representativos de cada tratamento, ao longo
 912 dos 120 dias de cultivo.

Organismos	Biofocos (BFT) - Viv.5	<i>Aquamimicry</i> - Viv.2
Cianobactérias (cél/L)	$2,23 \times 10^7$	$2,78 \times 10^7$
Clorófitas (cél/L)	$3,80 \times 10^8$	$1,17 \times 10^8$
Diatomáceas (cél/L)	$4,99 \times 10^7$	$4,27 \times 10^6$
Rotíferos (cél/L)	$1,27 \times 10^4$	$9,23 \times 10^3$
Ciliados (cél/L)	$1,34 \times 10^6$	$2,11 \times 10^5$
Flagelados (cél/L)	$3,54 \times 10^6$	$5,91 \times 10^7$

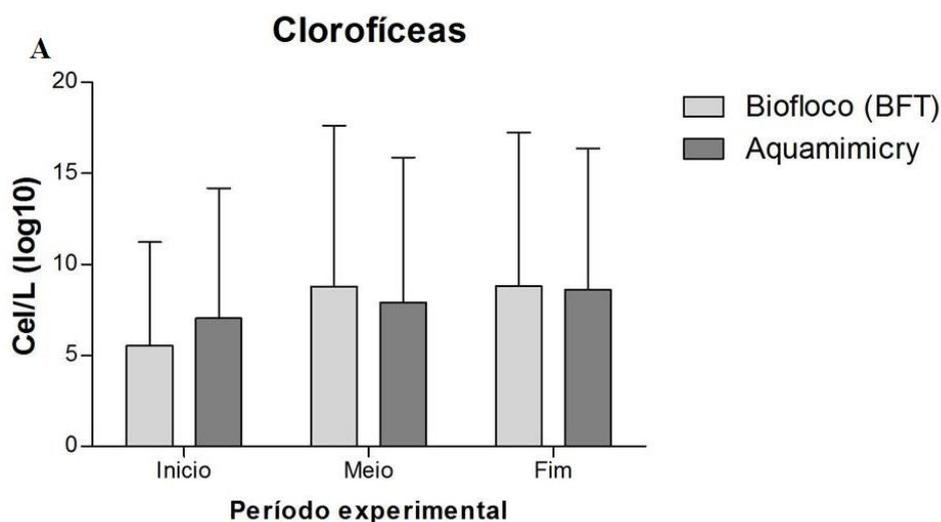
913

914 A ocorrência de clorofíceas (Fig. 21-A) se deu principalmente no tempo
 915 intermediário e final do período experimental, onde houve uma concentração máxima
 916 no sistema BFT, chegando a $1,10 \times 10^9$ células/L para o período intermediário e $6,64 \times 10^8$
 917 células/L para o período final. O sistema *Aquamimicry*, por sua vez, apresentou uma
 918 abundância menor destes organismos, sendo estimados valores máximos de $1,46 \times 10^8$
 919 células/L no tempo intermediário e uma maior abundância no tempo final do ciclo,
 920 atingindo valor de $4,04 \times 10^8$ células/L. Ainda assim, cabe ressaltar que a abundância média
 921 de clorofíceas permaneceu maior no sistema BFT com média de $3,80 \times 10^8$ cel/L,
 922 enquanto que a abundância média para o sistema *Aquamimicry* apresentou valores
 923 médios de $1,17 \times 10^8$ cel/L.

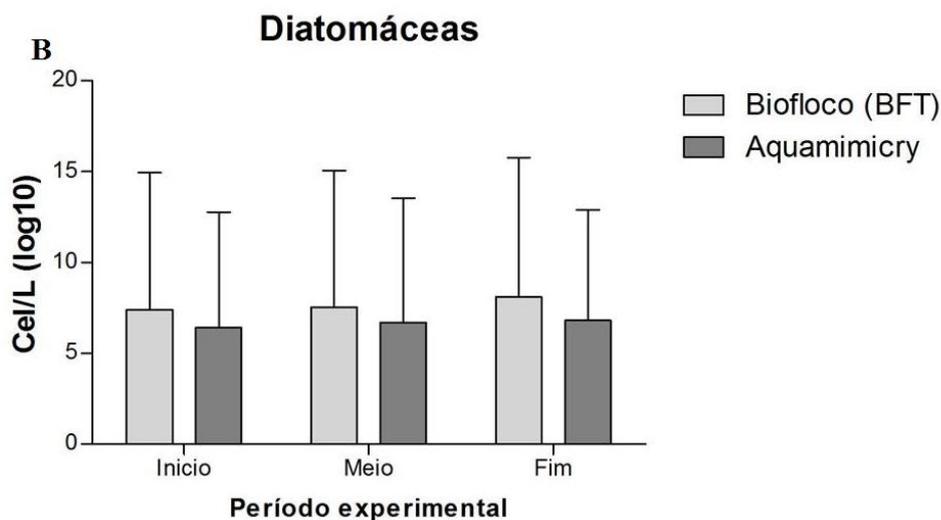
924 Outro grupo fitoplantônico presente no ambiente de cultivo de camarão marinho
 925 são as diatomáceas. Ao longo de todo o período experimental observou-se a presença

926 destes organismos principalmente representados por *Chaetoceros muelleri* e *Amphora*
927 *sp.* em ambos os tratamentos. As maiores densidades foram encontradas no tratamento
928 BFT, onde foram encontradas concentrações máximas de $5,84 \times 10^7$ cél/L e $1,29 \times 10^8$
929 cél/L correspondendo ao período intermediário e final de cultivo, respectivamente,
930 enquanto as maiores concentrações para o sistema *Aquamimicry* foram de $9,80 \times 10^6$
931 cél/L e $6,34 \times 10^6$ cél/L, respectivamente, também correspondendo ao período inicial e
932 final de cultivo, (Fig. 21-B).

933 Durante todo o período experimental houve a presença de cianobactérias,
934 principalmente representadas pela espécie *Nodularia spumigena*, a qual pode produzir
935 toxinas prejudiciais aos camarões cultivados. Sua presença, mesmo após cloração inicial
936 dos sistemas de cultivo, nos mostrou a resistência desta espécie a condições adversas
937 devido a sua capacidade de gerar cistos de resistência no meio em que se encontram. A
938 figura 21-C representa a abundância de cianobactérias em tempos distintos de cultivo
939 para ambos os tratamentos. Nota-se um aumento substancial destes organismos no
940 tempo intermediário do ciclo de cultivo principalmente no tratamento *Aquamimicry*,
941 onde foram encontrados valores máximos de $2,08 \times 10^8$ cél/L enquanto para o tratamento
942 BFT o valor máximo para estes organismos foi de $3,86 \times 10^7$ cél/L.

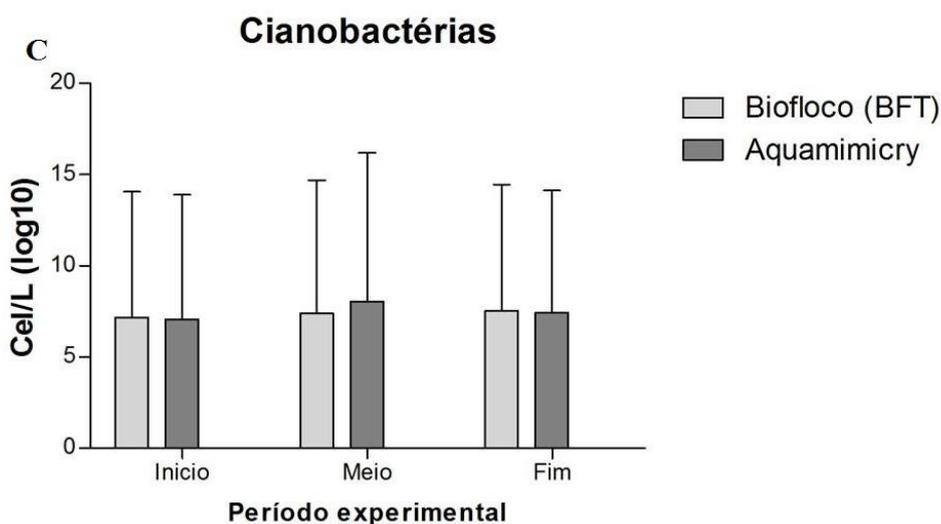


943



944

945



946

947 Figura 21 – Densidade média de: A, clorofíceas, B, diatomáceas e C, cianobactérias nos
 948 tempos de início, meio e final nos tratamentos bioflocos (BFT) e *Aquamimicry*.

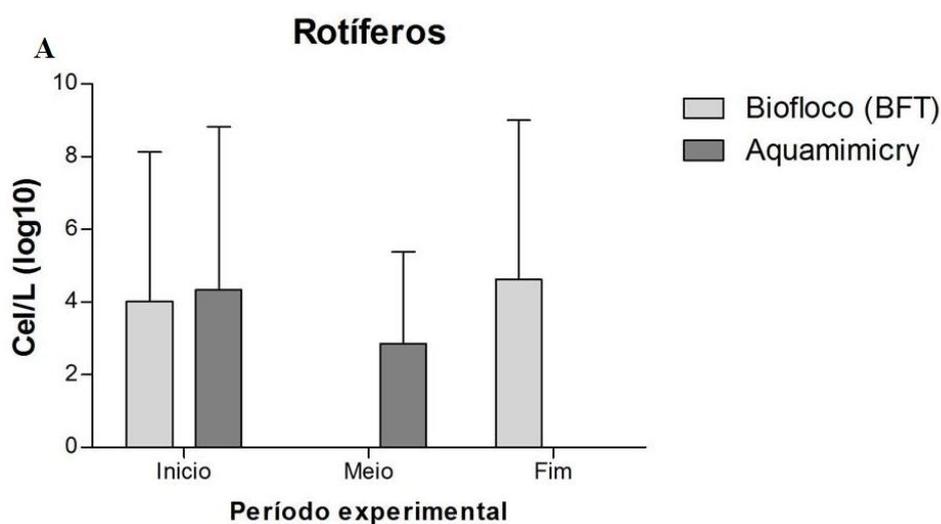
949

950 Em relação ao zooplâncton, o grupo dos rotíferos nos sistemas deu-se
 951 principalmente nos tempos inicial e final de cultivo (Fig. 22-A). No período inicial, as
 952 maiores abundâncias foram quantificadas no tratamento *Aquamimicry* com valor
 953 máximo de $4,33 \times 10^4$ cél/L, enquanto que, no sistema BFT foi de $1,95 \times 10^4$ cél/L. Já no
 954 tempo final de cultivo houve abundância maior no sistema BFT onde foi observada
 955 concentração de $4,28 \times 10^4$ cél/L, enquanto que no sistema *Aquamimicry* não foi
 956 observada a presença deste microrganismo. No tempo intermediário do período
 957 experimental, houve baixa abundância deste organismo em ambos os sistemas com
 958 apenas 952 cél/L contabilizadas para o sistema *Aquamimicry*, enquanto que no sistema
 959 BFT não houve registro deste organismo.

960 A presença de ciliados foi quantificada e teve suas maiores abundâncias
961 registradas nos períodos inicial e intermediário do experimento, sendo observada, para o
962 tratamento *Aquamimicry*, as concentrações de $1,01 \times 10^6$ cél/L e $2,09 \times 10^4$ cél/L,
963 respectivamente (Fig. 22-B). Para o mesmo período, o tratamento BFT apresentou
964 concentrações de $9,04 \times 10^3$ cél/L e $6,48 \times 10^6$ cél/L para o tempo inicial e final,
965 respectivamente. No final do período experimental houve uma contagem de $9,04 \times 10^4$
966 cél/L, não havendo registro de ciliados no tratamento *Aquamimicry* para este mesmo
967 período.

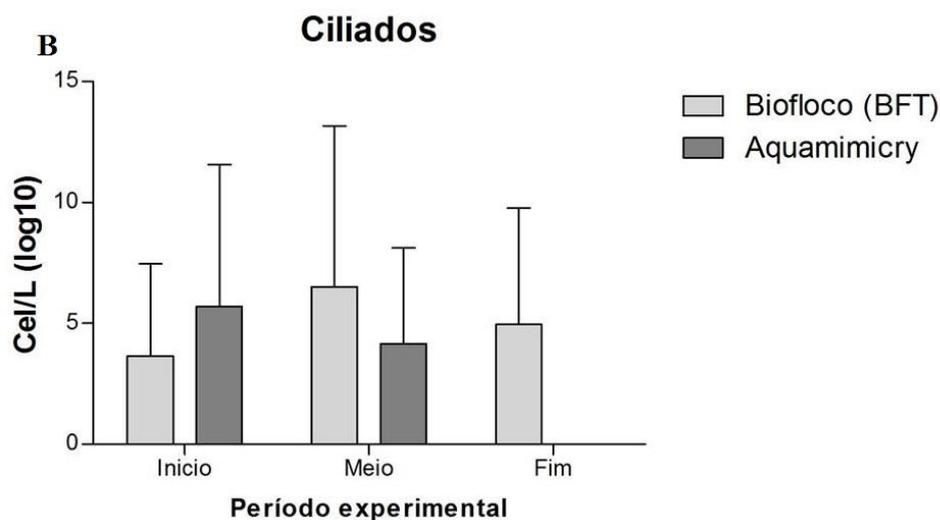
968 Outro grupo de organismos zooplantônicos presentes nos ambientes de cultivo
969 foram os flagelados. Ao longo do período experimental, estes organismos não
970 apresentaram concentrações elevadas, tendo sido contabilizados em grande parte no
971 período final do experimento, chegando a $2,86 \times 10^8$ cél/L no tratamento *Aquamimicry*,
972 não sendo encontrados no sistema BFT (Fig. 22-C). No período inicial foi observada
973 maior concentração para o sistema *Aquamimicry*, com valor de $5,27 \times 10^6$ cél/L enquanto
974 que para o sistema BFT foi de $1,41 \times 10^6$ cél/L. No entanto, no período intermediário de
975 experimento a maior abundancia foi de $8,91 \times 10^6$ cél/L, referente ao sistema BFT e de
976 $4,31 \times 10^6$ cél/L referente ao sistema *Aquamimicry*.

977



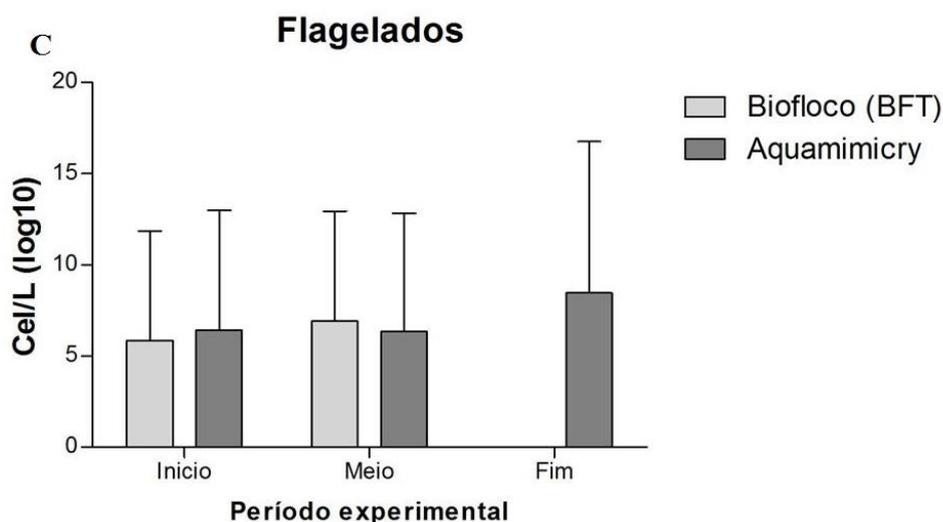
978

979



980

981



982

983 Figura 22 – Densidade média de: A, rotíferos, B, ciliados e C, flagelados nos tempos de
984 início meio e final nos tratamentos bioflocos (BFT) e *Aquamimicry*.

985

986 4.3. Desempenho zootécnico

987 Na tabela 4 são apresentados os dados de desempenho zootécnico dos camarões
988 ao longo do período experimental de 120 dias. Os valores de peso final do camarão não
989 diferiram entre os tratamentos, atingindo médias de $11,48 \pm 1,50$ g para o tratamento
990 BFT e $11,73 \pm 2,21$ g para o tratamento *Aquamimicry*. O ganho de peso semanal
991 também foi muito semelhante para os dois tratamentos com média de $0,63 \pm 0,11$ g para
992 o tratamento BFT e $0,64 \pm 0,13$ g para o tratamento *Aquamimicry*. Os valores máximos
993 encontrados foram de 0,78 e 0,79 g para o tratamento BFT e *Aquamimicry*,
994 respectivamente. A sobrevivência dos camarões diferiu entre os tratamentos, sendo
995 quantificadas sobrevivências de $63,3 \pm 8,16$ % para o tratamento BFT e $53,3 \pm 15,2$ %

1006 para o tratamento *Aquamimicry* As menores taxas de sobrevivência ocorreram no
 1007 sistema *Aquamimicry* com valor de 40 % enquanto que, no sistema BFT as mais baixas
 1008 foram de 50 %. Com isso os valores de produtividade para cada tratamento também
 1009 diferiram entre si, sendo 4.080 ± 110 kg/ha para o tratamento BFT e 3.560 ± 150 kg/ha
 1000 para o tratamento *Aquamimicry*. Os valores de conversão alimentar foram de $1,70 \pm$
 1001 $0,05$ para BFT e $1,75 \pm 0,07$ para o tratamento *Aquamimicry*.

1002
 1003 Tabela 4 – Valores (média \pm desvio padrão) dos parâmetros de desempenho
 1004 zootécnico nos viveiros de cultivo intensivo, do camarão branco *Litopenaeus vannamei*,
 1005 para os tratamentos Bioflocos (BFT) e *Aquamimicry*.

Parâmetros / Tratamentos	BFT	<i>Aquamimicry</i>
Peso inicial (g)	$1,44 \pm 1,25$	$1,44 \pm 1,25$
Peso final (g)	$11,48 \pm 1,50$	$11,73 \pm 2,21$
Sobrevivência (%)	$63,3 \pm 8,16^a$	$53,3 \pm 15,2^b$
Ganho de peso semanal (g)	$0,63 \pm 0,09$	$0,64 \pm 0,13$
Produtividade (kg/ha)	4.080 ± 110^c	3.560 ± 150^d
C.A.A.	$1,70 \pm 0,05$	$1,75 \pm 0,07$

1006

1007 5. DISCUSSÃO

1008 As tecnologias utilizadas na carcinocultura têm sido cada vez mais aprimoradas
 1009 a fim de aperfeiçoar a produção e torná-la mais sustentável, com diminuição
 1010 significativa na liberação de efluentes em regiões costeiras e adjacentes (Romano &
 1011 Kumar, 2017; Chakravarty *et al.*, 2018). Dentre as tecnologias que vem tornando a
 1012 aquicultura mais sustentável estão o co-cultivo camarão com outras espécies, por
 1013 exemplo, tilápia (Muangkeow *et al.*, 2007; Yuan *et al.*, 2010), aplicação de alternativas
 1014 ambientalmente amigáveis de cultivos de camarão em alta densidade (ex BFT) além da
 1015 fertilização utilizando prebióticos e probióticos para o crescimento natural do
 1016 zooplâncton no cultivo, o que diminui a necessidade de alimentação comercial
 1017 (*Aquamimicry*) (Krummenauer *et al.*, 2011; Romano e Kumar, 2017; Chakravarty *et al.*,
 1018 2018). O presente estudo visou uma comparação entre duas dessas tecnologias, sistema
 1019 de bioflocos (BFT) e *Aquamimicry*, no que diz respeito a aspectos chaves dentro de um
 1020 sistema de cultivo de camarões.

1021 Estudos têm demonstrado que de fato, tanto o sistema BFT quanto o
 1022 *Aquamimicry* proporcionam vantagens consideráveis dentro de cultivo, tais como o

1023 aumento da produtividade (Wasielisky *et al.*, 2006) e indução a respostas imunes
1024 inespecíficas (Thong, 2014). Por exemplo, Browdy *et al.* (2001) relataram uma
1025 produtividade média de 15 ton/ha em viveiros revestidos e utilizando sistema de
1026 bioflocos em Belize. Ainda que o sistema *Aquamimicry* seja promissor para o cultivo de
1027 camarões marinhos em sistemas intensivos, sua utilização ainda é recente se comparado
1028 ao sistema BFT e a viveiros escavados e com baixa densidade de estocagem. Com isto,
1029 trabalhos científicos sobre este sistema praticamente são inexistentes, principalmente
1030 quando comparados ao volume de informações sobre o sistema BFT. Apesar da
1031 diferença no volume de informação, ambos os sistemas são considerados de grande
1032 importância, visto que visam auxiliar um cultivo de camarão marinho mais sustentável e
1033 com alto desempenho (Chakravarty *et al.*, 2018).

1034 Uma das questões mais importantes no que diz respeito ao cultivo em viveiros é
1035 a qualidade da água, visto que parâmetros como a temperatura, oxigênio dissolvido, pH
1036 e amônia influenciam diretamente a sobrevivência e a produtividade nos sistemas de
1037 cultivo (Ribeiro *et al.*, 2014). No presente estudo, foi realizada uma análise comparativa
1038 das variáveis físico-químicas essenciais para a manutenção da saúde do cultivo no
1039 sistema BFT e *Aquamimicry*.

1040 Ao longo do período experimental, a média da temperatura apresentou valores
1041 similares entre os tratamentos, em torno de 24,0 °C, valor que é considerado aceitável
1042 para os sistemas de cultivo, entretanto abaixo da temperatura ótima para o crescimento
1043 dos indivíduos (Ponce & Palafox, 1997). Porém as oscilações deste parâmetro durante o
1044 ciclo de cultivo pode ter refletido na baixa taxa de crescimento dos camarões (Souza et
1045 al.; 2016), pois houve momentos onde esta oscilação atingiu valores de 10°C entre a
1046 mínima no período da manhã e a máxima no período da tarde. Estudos pretéritos
1047 realizados por Zuñiga et al e Zemor et al nas mesmas unidades de cultivo também
1048 demonstram oscilações na temperatura ao longo do ciclo de cultivo. A diminuição da
1049 temperatura ao longo do verão nesta região (extremo sul do Brasil) se dá devido ao
1050 aumento de sistemas meteorológicos associados a regimes de ventos provenientes do
1051 quadrante sul (Möller et al., 2001). Em relação ao oxigênio dissolvido, houve ao longo
1052 do período uma diminuição esperada neste parâmetro referente ao consumo de oxigênio
1053 tantos dos camarões quanto da microbiota presente nos sistemas de cultivo. Entretanto,
1054 os níveis de oxigênio dissolvido tenderam a se estabilizar ao longo do ciclo de cultivo,
1055 permanecendo em níveis ótimos para a sobrevivência e desenvolvimento dos animais.
1056 Segundo Van Wyk & Scarpa (1999), as concentrações ótimas de oxigênio dissolvido,

1057 para *L. vannamei* são iguais ou maiores que 5,0 mg/L. Pode-se observar que em ambos
1058 os tratamentos as concentrações médias de oxigênio dissolvido mostraram-se próximas
1059 a este valor. Outra variável de grande importância para o bom desempenho do cultivo é
1060 o pH, visto que sua alteração pode causar problemas fisiológicos tais como afetar a
1061 barreira intestinal dos animais cultivados (Duan *et al.*, 2019), este efeito causa
1062 desequilíbrio na membrana das células do epitélio intestinal dificultando a assimilação
1063 de nutrientes pelas células. O pH durante os 120 dias de cultivo se manteve entre 8,0 e
1064 8,5, o que é considerado uma faixa ótima de pH para o crescimento dos indivíduos,
1065 como demonstrado por Van Wyk & Scarpa (1999). Por fim, o controle da amônia se
1066 mostra muito importante por essa variável se mostrar tóxica ao cultivo e impactar
1067 diretamente na sobrevivência e produtividade dos sistemas. Além disso, um sistema
1068 onde os níveis de amônia estão controlados em faixas consideradas ideais demonstra o
1069 bom funcionamento da ciclagem das formas nitrogenadas pelos microorganismos
1070 presentes na água de cultivo. Neste sentido, os níveis de amônia encontrados nos dois
1071 sistemas obtiveram médias similares e aceitáveis, ainda que em um dos viveiros do
1072 sistema *Aquamimicry* os níveis de amônia na semana seis chegaram a valores de 3,25
1073 mg/L. Em relação ao nitrito, foi observada a partir da semana 11 um aumento em seus
1074 níveis para o tratamento BFT e na semana 14 para o tratamento *Aquamimicry*. O nitrito
1075 é um importante produto intermediário no ciclo do nitrogênio (Jensen, 2003; Kroupova
1076 *et al.*, 2005) e dependendo das concentrações e do estágio de desenvolvimento do
1077 organismo aquático cultivado, pode vir a ser bastante tóxico, causando até mesmo
1078 mortalidade em sistemas de cultivo (Barbieri, 2010). Esse aumento do nitrito nos
1079 tratamentos, especialmente no sistema BFT pode ser explicado por um desbalanço da
1080 presença das bactérias atuantes no ciclo do nitrogênio, ocorrendo um aumento da via
1081 autotrófica, ou seja, a amônia pode ser oxidada a nitrito, pelas Bactérias Oxidantes da
1082 Amônia - AOB (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* e
1083 *Nitrosovibrio*). Porém, as bactérias que oxidam o nitrito a nitrato (*Nitrobacter*,
1084 *Nitrococcus*, *Nitrospira* e *Nitrospina*) possuem um crescimento mais demorado do que
1085 as AOB, levando a um acúmulo ainda maior de nitrato no sistema (Hagopian & Riley,
1086 1998). O nitrato por sua vez, não apresentou diferença em seus níveis quando
1087 comparados os dois tratamentos. No presente estudo também foi observada um aumento
1088 da transparência nos viveiros com o tratamento *Aquamimicry*, no período intermediário
1089 do cultivo. Este aumento pode estar relacionado com a entrada de frentes frias ao longo
1090 do período experimental que, com a queda de temperatura, pode levar a um *crash*

1091 fitoplantônico fazendo com que a água fique mais transparente. O sistema BFT não
1092 apresentou um aumento tão elevado deste parâmetro, devido o uso de melão de cana de
1093 açúcar (que é naturalmente escuro), permitindo uma maior capacidade térmica. A
1094 dominância de determinadas espécies na comunidade fitoplantônica depende de um
1095 conjunto de fatores ambientais, como propriedades físicas (estabilidade da coluna de
1096 água, temperatura) e químicas (concentração de nutrientes, pH, oxigênio) da água,
1097 assim como de interações biológicas (ex. competição) (Reynolds *et al.*, 2002). Algumas
1098 destas propriedades físico-químicas foram mantidas em bons níveis para os camarões
1099 através de renovações realizadas em ambos os tratamentos, permitindo a manutenção
1100 dos níveis de nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fosfato), pH e oxigênio dissolvido em
1101 níveis ideais para os indivíduos. O aumento da transparência coincidindo com a
1102 presença de cianobactérias pode ter se dado pelo fato da diminuição dos demais
1103 componentes fitoplantônicos como clorofíceas e diatomáceas, por decorrência da
1104 competição, causando uma alteração momentânea na transparência da água, que tendeu
1105 a voltar a níveis baixos ao decorrer do período experimental, e se mantendo assim até o
1106 final.

1107 Relacionado com o aumento da transparência, temos a diminuição da turbidez
1108 no tratamento *Aquamimicry* no mesmo período experimental (intermediário), que
1109 corresponde à entrada das frentes frias. Este parâmetro responde de forma inversa à
1110 transparência, corroborando o evento de *crash* fitoplantônico ocorrido, principalmente,
1111 na semana 6 do ciclo experimental. Com o aumento da temperatura após a passagem
1112 das frentes frias, notou-se um aumento neste parâmetro. Gaona *et al.* (2016) relaciona o
1113 aumento da penetração de luz na coluna d'água com o aumento de organismos
1114 fotoautotróficos, que neste trabalho são representados principalmente por
1115 cianobactérias. O aumento destes organismos faz com que este parâmetro tende a
1116 aumentar quando sua comunidade volta a se estabelecer.

1117 Em relação aos sólidos suspenso totais (SST), houve uma tendência a aumento
1118 dos mesmos em ambos os tratamentos ao longo do período experimental, porém abaixo
1119 do nível crítico capaz de causar danos nas brânquias dos camarões (Schveitzer *et al.*
1120 2013). Notou-se um aumento deste parâmetro no tratamento BFT na semana 6, que
1121 corresponde a entrada de frente fria enquanto que, para o mesmo período, houve uma
1122 diminuição deste parâmetro para o tratamento *Aquamimicry*. Este aumento para o
1123 tratamento BFT pode ser explicado pelo fato de o biofloco ter sua composição mais
1124 heterotrófica (não sofrendo tanto com as oscilações de temperatura) e com o incremento

1125 de organismos relacionados ao *bloom* de cianobactérias. Por outro lado, a diminuição
1126 dos SST no tratamento *Aquamimicry* demonstra a suscetibilidade de um floco de
1127 composição basicamente fitoplantônica às mudanças de temperatura, fazendo com que
1128 haja mortalidades massivas de fitoplâncton. Sendo as cianobactérias os principais
1129 organismos a se restabelecer com o aumento da temperatura. Entretanto, no tratamento
1130 com BFT a quantidade de sólidos em suspensão tendeu a diminuir a partir da semana
1131 12, enquanto a do tratamento *Aquamimicry* continuou em crescente neste mesmo
1132 período. O aumento dos sólidos em suspensão ao longo de uma produção em viveiros
1133 com base na tecnologia de bioflocos é esperado, visto que com o passar das semanas a
1134 tendência é a formação dos bioflocos na água e o aumento de sólidos em suspensão
1135 (Gaona *et al.*, 2016). Em relação à tendência a diminuição da quantidade de sólidos
1136 suspensos totais no tratamento BFT nas últimas semanas do período experimental pode
1137 sugerir que esta diminuição seja por conta de renovações de água realizadas nesta etapa,
1138 onde o uso das bombas para renovação estava restrito por motivos técnicos, fazendo
1139 com que as renovações para manter os SST em níveis aceitáveis e não prejudicar os
1140 camarões antes da despesca fosse feita de forma antecipada, com as concentrações deste
1141 parâmetro próximas a 200 mg/L.

1142 O parâmetro alcalinidade não apresentou diferenças significativas entre os
1143 tratamentos assim como apresentou níveis de acordo com a normalidade dentro de um
1144 sistema de cultivo, sendo em torno de 200 mg/L CaCO₃ (Chen *et al.* 2006). A
1145 manutenção de valores de alcalinidade próximos ao ideal beneficia a formação do
1146 biofloco bem como o estabelecimento de bactérias nitrificantes (Furtado *et al.*, 2014).

1147 A microbiota presente em um sistema de cultivo de camarão determina diversos
1148 aspectos, incluindo sobrevivência e produtividade. No presente trabalho, foi avaliada a
1149 presença dos principais grupos de fitoplâncton e zooplâncton que influenciam no
1150 ambiente de cultivo. A composição e abundância do fitoplâncton na água de cultivo
1151 podem ser muito diversificadas em viveiros de criação de camarão. Em alguns sistemas
1152 de cultivo, onde a salinidade diminui devido à mistura de água salgada com água doce,
1153 existe a prevalência de diatomáceas, cianobactérias e clorofíceas e dinoflagelados,
1154 dependendo também de vários fatores ambientais sendo comum sua ocorrência em
1155 grandes viveiros escavados que possuem contato direto com a luz solar. Outros fatores
1156 também influenciam a ocorrência além da luminosidade, por exemplo, salinidade,
1157 temperatura e níveis de nutrientes. O tempo de ocorrência de cada uma das espécies
1158 pode ser variável (Alonso-Rodríguez & Páez-Osuna, 2003)

1159 No presente estudo, foi detectada a presença de cianobactérias nos viveiros em
1160 ambos os tratamentos, sendo observado um “*bloom*” no tratamento *Aquamimicry* no
1161 período intermediário do experimento. As cianobactérias podem produzir toxinas que
1162 afetam a fisiologia dos camarões, podendo levar a elevadas mortalidades (Codd, 1995;
1163 Gonçalves-Soares *et al.*, 2012). Ambientes com temperaturas maiores que 20 °C, pH
1164 entre 6 e 9, salinidades entre 7 a 30 e elevada intensidade luminosa favorecem seu
1165 aparecimento e desenvolvimento das cianobactérias em sistemas de cultivo (Silva,
1166 2005). A espécie de cianobactéria encontrada em maior abundância foi *Nodularia*
1167 *spumigena* e que produz a toxina nodularina, um peptídeo hepatotóxico que pode ser
1168 bioacumulado pelos organismos e causar efeitos deletérios incluindo mortalidade
1169 (Kankaanpaa *et al* 2002). Nos viveiros revestidos de produção de camarões da Estação
1170 Marinha de Aquacultura (EMA/IO-FURG) foram observadas florações da cianobactéria
1171 *N. spumigena* pela primeira vez no verão de 2011 (Costa *et al.*, 2013), com efeitos
1172 negativos para a sobrevivência e crescimento dos camarões. Isso se repetiu nos verões
1173 de 2011/2012, 2013/2014, 2015/2016. Dessa forma, tornou-se uma necessidade
1174 encontrar soluções para minimizar este problema. Uma das estratégias encontradas em
1175 ciclos anteriores foi a inserção de uma porcentagem de inóculo de bioflocos retirados de
1176 unidades experimentais (raceways) na preparação inicial da água e uma fertilização nos
1177 viveiros atingidos pelos *blooms* de cianobactérias (Zemor, 2018).

1178 As clorofíceas surgiram em elevadas concentrações a partir do período
1179 intermediário do experimento em ambos os tratamentos e assim permaneceram até o
1180 final. Os gêneros encontrados em maior abundância foram *Binuclearia ssp.* e *Oocystis*
1181 *spp.* Houve tendência de redução apenas no período intermediário para o tratamento
1182 *Aquamimicry*. Naturalmente em clorofíceas, algumas classes referentes à composição
1183 são restritas a ambientes dulcícolas (Van den Hoek *et al.*, 1995). Com isso, a frequente
1184 entrada de água doce nos viveiros pode aumentar a abundância e ocorrência de alguns
1185 gêneros dulcícolas, mas que suportam salinidade (Gómez-Aguirre & Martínez-Córdova,
1186 1998). A presença de clorofíceas em abundância a partir da metade do período
1187 experimental é considerada normal, visto que o aumento do tempo e estímulo luminoso
1188 incidente na água, juntamente com os nutrientes, é capaz de proporcionar o
1189 desenvolvimento do fitoplâncton em alta abundância, incluindo também outras
1190 microalgas como diatomáceas e cianobactérias (Neto *et al.*, 2008). As diatomáceas se
1191 mostraram abundantes no tratamento de bioflocos e ao longo de todo o período, com
1192 uma tendência de crescimento tempo-dependente em sua abundância. Em viveiros,

1193 Moss *et al.* (1992) relataram que as diatomáceas frequentemente dominam sob condição
1194 de alta concentração de matéria orgânica em suspensão, o que representa muito bem as
1195 condições dos viveiros de cultivo de camarão em sistemas intensivos. Juvenis de
1196 *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em substratos artificiais contendo biofilme
1197 demonstraram uma preferência por forragear diatomáceas cêntricas (Ballester *et al.*,
1198 2007; Silva *et al.*, 2009). Em relação aos organismos zooplantônicos analisados, os
1199 flagelados obtiveram abundância substancial apenas no final do período experimental
1200 no tratamento *Aquamimicry*. A ocorrência dos flagelados está relacionada fortemente
1201 com os níveis de nutrientes, como por exemplo, o fosfato. Esta abundância de nutrientes
1202 resulta na mudança das espécies dominantes que, neste caso culminou na dominância
1203 dos flagelados em detrimento dos ciliados e diatomáceas (Alonso-Rodríguez & Páez-
1204 Osuna, 2003). Com isso, esses organismos demonstraram ser eficazes para a remoção
1205 destes nutrientes e sua manutenção em níveis baixos, como pode ser observado para o
1206 tratamento *Aquamimicry* até o final do período experimental. Teixeira *et al.* (2011)
1207 também encontraram um aumento na abundancia de flagelados em sistemas sem
1208 aplicação de melão, como é o caso do tratamento *Aquamimicry*. Por fim, o
1209 aparecimento destes organismos apenas no período final do tratamento *Aquamimicry*
1210 representa um amadurecimento do sistema nesse período, através da sucessão das
1211 espécies até a dominância de copépodes que é característica desse sistema (Chakravarty
1212 *et al.*, 2018).

1213 Os ciliados apresentaram elevada abundância apenas no período intermediário e
1214 no tratamento *Aquamimicry*. Esses organismos são essenciais nesse tipo de sistema para
1215 a complementação nutricional dos camarões e, de acordo com o tipo de fertilização
1216 inicial, possuem um período de máxima abundância diferente ao longo do período
1217 experimental. Os organismos zooplantônicos presentes no sistema possibilitam a
1218 redistribuição de proteína bacteriana assimilada por eles para o camarão cultivado,
1219 aumentando a oferta de alimento e possibilitando a redução da oferta de ração
1220 comercial. Por fim, os rotíferos apresentaram abundância no tratamento *Aquamimicry*
1221 no início do período experimental e no tratamento BFT no final.

1222 Visto que os tratamentos se baseiam em diferentes tipos e fertilizações, isso pode
1223 justificar as diferenças na abundância destes organismos nos cultivos. O sistema
1224 *Aquamimicry*, por exemplo, é caracterizado pela presença e abundância de copépodes a
1225 partir da segunda semana de cultivo (Romano & Kumar 2017). Entretanto, no presente
1226 estudo não foi encontrada abundância significativa destes organismos em ambos os

1227 sistemas. Isto pode ser explicado pelas modificações de protocolos que foram realizadas
1228 afim da reduzir presença de cianobactérias e garantir a sobrevivência dos camarões.
1229 Apesar disso, a presença dos flagelados ao final do cultivo *Aquamimicry* nos indica uma
1230 tendência de amadurecimento do mesmo ao longo do tempo.

1231 Além da qualidade da água e da microbiota, outro fator determinante para o
1232 sucesso da produção em sistemas de cultivo intensivos é o crescimento dos indivíduos
1233 ao longo do período experimental. Foram realizadas biometrias semanais dos animais
1234 nas unidades de cultivo. Não houve diferença significativa no peso final dos animais em
1235 ambos os tratamentos, chegando ao peso final de $11,48 \pm 1,50$ g e $11,73 \pm 2,21$ g para o
1236 tratamento BFT e *Aquamimicry* respectivamente. Estudos demonstram que sistemas
1237 simbióticos, como o sistema *Aquamimicry*, permitem melhor conversão alimentar e
1238 consequentemente um aumento no crescimento quando comparados a sistemas
1239 convencionais (Hai & Fotedar, 2009; Oktaviana *et al.*, 2014). No presente estudo, os
1240 dois sistemas apresentaram crescimentos semelhantes, demonstrando assim a eficiência
1241 de ambos os sistemas na produção do camarão *L. vannamei*. Porém a conversão
1242 alimentar encontrada para ambos os tratamentos foram mais altas que o esperado,
1243 principalmente para o tratamento BFT. Com valores de $1,70 \pm 0,05$ para o tratamento
1244 BFT e $1,75 \pm 0,07$ para o tratamento *Aquamimicry*, estes valores refletem uma
1245 mortalidade que não foi quantificada visualmente ao longo do ciclo, fazendo com que a
1246 ração ofertada não fosse totalmente consumida.

1247 Em relação à sobrevivência dos animais, foi encontrada diferença significativa
1248 nas médias dos tratamentos. Os valores de sobrevivência para o tratamento BFT foram
1249 de $63,3 \pm 8,16$ %, enquanto que para o tratamento *Aquamimicry* foi de $53,3 \pm 15,2$ %,
1250 ainda assim, tais médias são consideradas abaixo do que vem sido encontrado em outros
1251 estudos. Martinez-Porchas *et al.* (2020), por exemplo, encontraram médias acima de 80
1252 % de sobrevivência em viveiros com tratamento de BFT, e que foram considerados
1253 bons resultados para sistemas intensivos de cultivo de camarão. As menores
1254 sobrevivências no presente estudo podem ser explicadas pela presença de cianobactérias
1255 nos dois tratamentos durante todo o ciclo, com destaque para um aumento substancial
1256 no sistema *Aquamimicry* no período intermediário do experimento. Outro parâmetro
1257 relacionado ao desempenho zootécnico é a produtividade que, neste estudo, demonstrou
1258 diferenças importantes. A produtividade foi de 4,08 ton/ha para o tratamento bioflocos e
1259 3,56 ton/ha para o tratamento *Aquamimicry*, o que representa uma diferença de
1260 aproximadamente 520 kg de camarões. Entretanto, a produtividade no sistema BFT em

1261 viveiros revestidos, pode chegar a 45 ton/ha em fazendas comerciais (Camanor-
1262 www.camanor.com.br , 2017) A produtividade encontrada neste estudo para ambos os
1263 tratamentos foi mais baixa do que o esperado, assim como a sobrevivência, pois estão
1264 provavelmente relacionadas a florações de cianobactérias, que são prejudiciais aos
1265 camarões. Tendo ocorrido em maior intensidade no sistema *Aquamimicry*, estas
1266 florações podem corroborar a menor sobrevivência e produtividade do tratamento
1267 *Aquamimicry*, o qual foi mais suscetível ao *bloom* destes organismos.

1268

1269 6. CONCLUSÕES

1270 O sistema *Aquamimicry* ainda está em início de operação na Estação Marinha de
1271 Aquacultura (EMA-FURG), sendo este um dos primeiros trabalhos realizados nesta
1272 linha de pesquisa. O presente estudo demonstrou que viveiros do tratamento
1273 *Aquamimicry* apresentaram basicamente o mesmo desempenho geral que os viveiros do
1274 tratamento BFT. A qualidade da água pôde ser controlada de forma eficiente em ambos
1275 os tratamentos, demonstrando que o sistema *Aquamimicry* é capaz de realizar a
1276 ciclagem dos nutrientes presentes na água de cultivo. O desempenho zootécnico se
1277 mostrou, de forma geral, semelhante, sendo encontradas diferenças nos parâmetros
1278 sobrevivência e produtividade, reflexo da presença de cianobactérias nos sistemas.
1279 Ainda que em ambos os tratamentos tenham ocorrido *blooms* de cianobactérias, o
1280 restabelecimento dos sistemas demonstra a eficiência de ambos operando em
1281 densidades elevadas. Tanto o controle de qualidade da água quanto a ciclagem das
1282 formas de nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) demonstram a atividade de uma
1283 comunidade microbiana muito eficiente tanto no tratamento BFT como no tratamento
1284 *Aquamimicry*.

1285 As renovações de água realizadas neste trabalho ao longo do ciclo de cultivo de 120
1286 dias ainda torna o sistema *Aquamimicry* pouco amigável ao meio ambiente, porém com
1287 o refinamento dos protocolos e estudos posteriores espera-se que este problema seja
1288 resolvido tornando o sistema *Aquamimicry* tão eficaz quanto o bioflocos na utilização
1289 de água.

1290

1291 7. CONSIDERAÇÕES

1292 Como perspectiva deste trabalho, se propõe a utilização de diferentes protocolos
1293 já estabelecidos de fertilização utilizando o sistema *Aquamimicry*, bem a utilização de
1294 diversas densidades de estocagem, para que assim haja um refinamento nas análises e

1295 ajustes específicos nos protocolos. Pode-se realizar também a implantação de um
1296 sistema *Aquamimicry* com a utilização de quantidades variáveis de ração comercial,
1297 ajuste de aeração e baixas densidades de estocagem, para seguir testando a eficiência
1298 desse tratamento frente a um ambiente onde é negada total ou parcialmente alimentação
1299 e oxigenação.

1300

1301 **8. Referências bibliográficas**

1302 ALONSO-RODRIGUEZ, R., PÁES-OSUNA, F. 2003. Nutrients, phytoplankton and
1303 harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the
1304 situation in the Gulf of California. *Aquaculture*. 219: 317-336.

1305 APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods. 19st
1306 Edition. American Public Health Association, Washington, 1193p.

1307 AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon: nitrogen ratio as a control elemental aquaculture
1308 system. *Aquaculture*. 176: 227-235.

1309 AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge
1310 bioflocs technology ponds. *Aquaculture*. 264: 140-147.

1311 AVNIMELECH, Y. 2012. Biofloc technology - a practical guide book. 2nded. The
1312 World Aquaculture Society, Baton Rouge, United States

1313 BAGENAL, T. B. 1978. Methods of fish production in fresh waters. Oxford, Blackwell
1314 Science. 365p

1315 BALLESTER E. L., ABREU, R. O. CAVALLI, M. *et al.* 2010. Effect of practical diets
1316 with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis*
1317 juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system.
1318 *Aquaculture Nutrition*. 16: 163–172.

1319 BARBIERI, E. 2010. Acute toxicity of ammonia in White shrimp (*Litopenaeus*
1320 *schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture*.
1321 302(1-4): 231-237.

1322 BAUER, W. A., PRENTICE, C. H., TESSER, M. B. *et al.* 2012. Substitution of
1323 fishmeal with microbial flocs meal and soy protein concentrations in diets from de
1324 pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 342: 112-116.

1325 BIOAQUAFLOC. 2018. Origen de la tecnología Aquamimicry. Disponível em:
1326 <https://www.bioaquafloc.com/>

- 1327 BRITO, L. O., CHAGAS, A. M., SILVA, E. P., *et al.* 2014. Water quality, Vibrio
1328 density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an
1329 integrated biofloc system with red seaweed Gracilariabirdiae (Greville).
1330 Aquaculture Research. 47(3): 940–950.
- 1331 BROWDY, C. L., BRATVOLD, D., STOKES, A. D., MCINTOSH, R. P. 2001.
1332 Perspectives of application of closed shrimp culture systems. In Browdy, C.L.,
1333 Jory, D.E. (Eds). The New Wave, Proceedings of the Special Session on
1334 Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001. The World Aquaculture Society,
1335 Baton Rouge, USA, 20-34.
- 1336 CAMANOR Produtos marinhos S.A. 2017. Aquascience® technology. Disponível em:
1337 <https://www.camanor.com.br/2017/aquascience.html>
- 1338 CHAKRAVARTY, S., PRAKASH, S., KUMAR, S. 2018. Back to basics: biomimicry
1339 in shrimp farming. International Journal Current Microbiology Applied Science.
1340 7(5): 2172-2184.
- 1341 CHEN, S., LING, J., BLANCHETON, J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as
1342 affected by water quality factors. Aquaculture. Engineering, 34: 179–197.
- 1343 CODD, G. A. 1995. Cyanobacterial toxins: Occurrence, properties and biological
1344 significance. Water Science Technology. 32: 149-156.
- 1345 COSTA, C., WASIELESKY, W., ODEBRECHT, C. 2013. Impacto da Presença da
1346 Cianobacteria *Nodularia spumigena* em cultivo de camarões marinhos em sistema
1347 de bioflocos. Reunião Latina Americana Sobre Algas Nocivas. 7-9.
- 1348 DUAN, Y., WANG, Y., LIU, Q. *et al.* 2019. Changes in the intestine microbial,
1349 digestion and immunity of *Litopenaeus vannamei* in response to dietary resistant
1350 starch. Nature –Scientific reports. 6464.
- 1351 EMERENCIANO, M., BALLESTER, E. L. C., CAVALLI, R. O., WASIELESKY, W.
1352 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange
1353 nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817).
1354 Aquaculture Research. 43(3): 447–457.
- 1355 ESPARZA-LEAL, H. M., CARDOZO A. P., WASIELESKY, W. 2015. Performance of
1356 *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks at high stocking
1357 density in clear-water versus biofloc system. Aquaculture Engineering. 68: 28-34.

- 1358 FURTADO, P. S., POERSCH, L. H., & WASIELESKY, W. 2014. The effect of
1359 different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc
1360 technology (BFT). *Aquaculture International*. 23(1): 345–358.
- 1361 GAONA, C. A. P., SERRA, F. P., FURTADO, P., POERSCH, L. H., WASIELESKY,
1362 W. 2016. Effect of different total suspended solids concentrations on the growth
1363 performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquaculture*
1364 *Engineering*. 72-73: 65-69.
- 1365 GONÇALVES-SOARES, D., ZANETTE, J., YUNES, J. *et al.* 2012. Expression and
1366 activity of glutathione *S*-transferases and catalase in the shrimp *Litopenaeus*
1367 *vannamei* inoculated with a toxic *Microcystis aeruginosa* strain. *Marine*
1368 *Environmental Research*. 75: 54-61.
- 1369 GÓMEZ-AGUIRRE, S., MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R. 1998. El Fitoplancton. In:
1370 MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R. *Ecología de los sistemas acuícolas*. México: AGT
1371 Editor. p. 77– 94.
- 1372 GUIRY, M. D., GUIRY, G. M. 2019. Algae base. Disponível em www.algae base.com
- 1373 HAGOPIAN, D. S., RILEY, J. G. 1998. A closer look at the bacteriology of
1374 nitrification. *Aquaculture Engineering*. 18(4): 223-244.
- 1375 HERBECK, L., UNGER, U., WU, Y., JENNERJAHN, T. 2013. Effluent, nutrient and
1376 organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in
1377 coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf*
1378 *Research*. 57: 92–104.
- 1379 HAI N. V., FOTEDAR, R. 2009. Comparison of the effects of prebiotics (Bio-Mos®
1380 and β -1,3-D-glucan) and the customized probiotics (*Pseudomonas synxantha* and
1381 *P. aeruginosa*) on the culture of juvenile western king prawn (*Penaeus latisulcatus*
1382 Kishinouye, 1896). *Aquaculture*. 289: 310-316.
- 1383 HUYNHTG, Y. L., SHIU, T. P., NGUYEN, Q. P., *et al.* 2017. Current applications,
1384 selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the
1385 growth and health status in aquaculture: a review. *Fish Shellfish Immunology*. 64:
1386 367–382.

- 1387 JAFFER, Y. D., SARASWHATY, R., JOSE ANTONY, D. S. *et al.* 2019. Effect of low
1388 salinity on the growth and survival of juvenile pacific white shrimp, *Penaeus*
1389 *vannamei*: A revival. Aquaculture.
- 1390 JENSEN, F. 2003 Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals.
1391 Comparative Biochemistry and Physiology Part A. 135(1): 9–24.
- 1392 JORY, E. D., CABRERA, T. R., DUGGER, D. M., *et al.* 2001. A global review of
1393 shrimp feed management: status and perspectives. In: C. L. BROWDY & D. E.
1394 JORY. The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp
1395 Culture, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A., USA. 104–152.
- 1396 KANKAANPAA, H., VUORINEN, P. J., SIPIA, V., KEINANEM, N. 2002. Acute
1397 effects and bioaccumulation of nodularin in sea trout (*Salmo trutta m. trutta L.*)
1398 exposed orally to *Nodularia spumigena* under laboratory conditions. Aquatic
1399 Toxicology. 61: 155-168.
- 1400 KAWAHIGASHI, D. 1992. A survey of commercial maturation technology in the
1401 western hemisphere. In: Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming.
1402 World Aquaculture Society, Orlando, Florida (Wyban, J.ed.) 52-54.
- 1403 KAWAHIGASHI, D. 1998. Overview of commercial maturation technology in the
1404 western hemisphere. Recife Brasil LAC WAS Conference Proceedings. Anais de
1405 Aquicultura, Brasil. 98: 381-392.
- 1406 KAWAHIGASHI, D. 2018. Resultados de producción utilizando sistemas simbióticos.
1407 Anais do Aqua Expo El Oro 2018.
- 1408 KIM, S., PANG, Z., SEO, H., *et al.* 2014. Effect of biofloc on growth and immune
1409 activity of Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei* post larvae. Aquaculture
1410 Research. 45: 362-371.
- 1411 KOHAN, A., BADBARDAST, Z. 2018. Effects of shrimp effluents on mudskippers
1412 (Gobiidae: Oxudercinae) in the northern Persian Gulf. Marine Environmental
1413 Research. 136: 174–178
- 1414 KROUPOVA, H., MACHOVA, J., SVOBODOVA, Z. 2005. Nitrite influence on fish: a
1415 review. Veterinary Medicina – Czech, 50(11): 461–471.
- 1416 KRUMMENAUER, D., PEIXOTO, S., CAVALI, R.O., POERSCH, L., WASIELESKI
1417 JUNIOR, W. 2011. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus*

- 1418 *vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking
1419 densities. *Journal World Aquaculture Society*. 42: 726-733.
- 1420 KUMAR, V. S., PANDEY, P. K., ANAND, G. R. 2018. Biofloc improves water,
1421 effluent quality and growth parameters of *Penaeus vannamei* in an intensive
1422 culture system. *Journal of Environmental Management*. 215: 206-215.
- 1423 LEMONNIER, H., COURTIERS, C., MUGNIER, J. P. *et al.* 2010. Nutrient and
1424 microbial dynamics in eutrophying shrimp ponds affected or unaffected by
1425 vibriosis. *Marine Pollution Bulletin*. 60: 402–411.
- 1426 LI, J., TAN, B., MAI, K. 2009. Dietary probiotic *Bacillus* and isomalto oligosaccharides
1427 influence the intestine microbial populations, immune responses and resistance to
1428 white spot syndrome virus in shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 291:
1429 35–40.
- 1430 LIAO, S. A., LI, Q., WANG, J. 2012. Effect of nitrite on immunity of the white shrimp
1431 *Litopenaeus vannamei* at low temperature and low salinity. *Ecotoxicology*. 21:
1432 1603–1608.
- 1433 LIU, G., ZHU, S., LIU, D. 2017. Effects of stocking density of the white shrimp
1434 *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and resistance
1435 against *Vibrio harvey* in a biofloc system. *Fish and Shellfish Immunology*.
- 1436 LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; CREN, E. D. 1958. The inverted microscope method of
1437 estimating algal numbers and the statistical basis of estimating by counting.
1438 *Hydrobiology*. 11: 143–170.
- 1439 MARTINEZ-PORCHAS, M., EZQUERRA-BRAUER, M., MENDOZA-CANO, F.
1440 2020. Effect of supplementing heterotrophic and photoautotrophic biofloc, on the
1441 production response, physiological condition and post-harvest quality of the
1442 whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*. 16: 100257.
- 1443 MIDDELBURG J. J, NIEUWENHUIZE, J. 2000. Nitrogen uptake by heterotrophic
1444 bacteria and phytoplankton in the nitrate-rich Thames estuary. *Marine Ecology*.
1445 *Progress Series*. 203: 13–21.
- 1446 MOHANTY, R. K., AMBAST, S. K., PANIGRAHI, P., MANDAL, K. D. 2018. Water
1447 quality suitability and water use indices: Useful management tools in coastal
1448 aquaculture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 485: 210–219.

- 1449 MÖLLER, J. R., CASTAING, O. O., SALOMON, P., LAZURE, J. C. P. 2001. The
1450 influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos
1451 Lagoon. *Estuaries*, 24(2), 297-311.
- 1452 MOSS, S. M. 2002. Dietary importance of microbes and detritus in penaeid shrimp
1453 aquaculture. Pages 1-18 in C. S. Lee and P. O'Bryen, editors. *Microbial*
1454 *Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture*
1455 *production Systems*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A., USA.
- 1456 MUANGKEOW, B., IKEJIMA, K., POWTINGSOOK, S., YI, Y. 2007. Effects of
1457 white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) and Nile tilapia *Oreochromis*
1458 *niloticus* L., stocking density of growth, nutrient conversion rate and economic
1459 return in integrated closed recirculation system. *Aquaculture*. 269: 363-376.
- 1460 NETO, J. B., DANTAS, D. M., GÁLVEZ, A. O., BRITO, L. O. 2008. Avaliação das
1461 comunidades planctônica e bentônica de microalgas em viveiros de camarão
1462 (*Litopenaeus vannamei*). *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 34(4): 543 – 551.
- 1463 OKTAVIANA, A., WIDANARNI, A., YUHANA, M. 2014. The Use of Symbiotic to
1464 Prevent IMNV and *Vibrio harveyi* Co-Infection in *Litopenaeus vannamei*. *Jornal*
1465 *of Biosciences*. 21(3): 127–134.
- 1466 PONCE-PALAFOX, J., ROSS, L., MARTINEZ-PALACIOS, C. 1997. The effects of
1467 salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white
1468 shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*. 157(1): 107-115.
- 1469 RIBEIRO, L., SOUZA, M., BARROS, F., HATJE, G. 2014. Desafios da carcinicultura:
1470 aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. *Journal*
1471 *International Coastal Zone Man*. 14: 366-383.
- 1472 REYNOLDS, C. S., HUSZAR, V., KRUK, C., NASELLI-FLORES, L., MELO, S.
1473 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal*
1474 *of Plankton Research*. 24: 417-428.
- 1475 ROMANO, N. 2017. *Aquamimicry*: a revolutionary concept for shrimp farming. *The*
1476 *Global Aquaculture Advocate*. 1-6.
- 1477 ROMANO, N., KUMAR, V. 2017. Vegetarian Shrimp: pellet free shrimp farming.
1478 *World Aquaculture*. 48: 36-39.

- 1479 SCHVEITZER, R., ARANTES, R., CUSTÓDIO, P. F. S. 2013. Effect of different
1480 biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus*
1481 *vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquaculture*
1482 *Engineering* 56: 59–70.
- 1483 SILVA, D. 2005. Dinâmica de populações de *Microcystis* (Cianobactéria) em Pesqueiro
1484 na Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado.
1485 Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 158 p.
- 1486 SILVA, F. C., BALLESTER, E. C., MONTSERRAT, J. *et al.* 2009. Contribution of
1487 microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents.
1488 *Aquaculture Nutrition*. 14: 507-514.
- 1489 SOUZA, D. M., BORGES, V. D., FURTADO, P., ROMANO, L. A., WASIELESKY,
1490 J. R. W., MONSERRAT, J. M., GARCIA, L. O. 2016. Antioxidant enzyme
1491 activities and immunological system analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in
1492 biofloc technology (BFT) at different water temperatures. *Aquaculture*.
- 1493 STEIN, Z. 2019. Aquamimicry and Synbiotics in Shrimp Farming: Are They the
1494 Future? Disponível em www.osmobot.com
- 1495 STRICKLAND J. D. H., PARSONS, T.R. 1972. A practical handbook of seawater
1496 analysis. Canada, Ottawa: Fishery Research Board. 310p.
- 1497 TEIXEIRA, P. 2011. Fito plâncton e Protozooplâncton em viveiros de cultivo de
1498 camarão. Dissertação de mestrado. Oceanografia biológica. Rio Grande, RS. 54 p.
- 1499 THONG, P.Y. 2014. Biofloc technology in shrimp farming: success and failure.
1500 *Aquaculture Asia Pacific*. 10: 13-16.
- 1501 UNESCO,1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
1502 Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris,
1503 France. 53p.
- 1504 UTERMÖHL, H. 1958. Zurvervollkommnung der quantitativen phytoplankton
1505 metthodic. Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte
1506 Limnologie. 9: 1-38.
- 1507 VAN DEN HOEK, C., MANN, D.G., JAHNS, H. 1995. Algae. An Introduction to
1508 Phycology. Cambridge University Press, Cambridge.

- 1509 VAN WYK P., SCARPA J. 1999. Water quality requirements and management. In:
1510 Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems (Ed. by P. Van
1511 Wyk). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee,
1512 FL. 128-138.
- 1513 YUAN, D., YI, Y., YAKUPITIYAGE, A. *et al.* 2010. Effects of addition of red tilapia
1514 (*Oreochromis* ssp.) at different densities and sizes on production, water quality
1515 and nutrient recovery of intensive culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
1516 in cement tanks. *Aquaculture*. 298: 226-238.
- 1517 WASIELESKY, W. 2006. Effect of natural production in zero exchange suspended
1518 microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus*
1519 *vannamei*. *Aquaculture* 258: 396-403.
- 1520 WASIELESKY, W., ATWOOD, H., STOKES, A., BROWDY, C.L. 2006. Effect of
1521 natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-
1522 intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*
1523 258: 396–403.
- 1524 ZAR, J.H. 2010. Biostatistical analysis. New York, Prentice-Hall. 944p.
- 1525 ZEMOR, J. 2018. Aprimoramento das técnicas de manejo em viveiros de produção
1526 intensiva do *Litopenaeus vannamei* no sistema de bioflocos. Dissertação de
1527 mestrado. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. Rio Grande, RS. 115p.