



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

1

2

3

4

5 **Comparação do desempenho zootécnico de juvenis de camarão branco do Pacífico**
6 ***Litopenaeus vannamei*, na engorda em sistemas intensivos e superintensivos de**
7 **bioflocos, em escala piloto.**

8

9

10

11

12

Mestranda: MELISSA SANT' ANNA

13

Orientador: Dr. WILSON WASIELESKY JR

14

Co-orientador: Dr. ALESSANDRO CARDOZO

15

16

17

18

RIO GRANDE – RS

19

2021

20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE -
FURG

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Comparação do desempenho zootécnico de juvenis de camarão branco do Pacífico
Litopenaeus vannamei, na engorda em sistemas intensivos e superintensivos de
bioflocos, em escala piloto.

Melissa Sant' Anna

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Aquicultura.

Orientador: Dr. WILSON WASIELESKY JR

Co-orientador: Dr. ALESSANDRO CARDOZO

RIO GRANDE – RS

2021

46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57

Ficha Catalográfica

S231c Sant' Anna, Melissa.

Comparação do desempenho zootécnico de juvenis de camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, na engorda em sistemas intensivos e superintensivos de bioflocos, em escala piloto / Melissa Sant' Anna. – 2021.

38 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS, 2021.

Orientador: Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Coorientador: Dr. Alessandro Cardozo.

1. Engorda 2. Sistemas intensivos 3. Sistemas superintensivos
4. Bioflocos I. Wasielesky Jr, Wilson II. Cardozo, Alessandro III. Título.

CDU 639.512

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

58



Pós Graduação em
AQUICULTURA
Universidade Federal do Rio Grande - FURG

ATA 13/2021

DE DEFESA DA 208ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA

No dia dezoito de outubro de dois mil e vinte e um, às quinze horas, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, da **MELISSA SANT'ANNA DA SILVA**, orientada pelo Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior (orientador – IO/FURG), Dr. Alessandro Pereira Cardozo (Co orientador – FURG), Prof. Dr. Dariano Krummenauer (IO/FURG) e Prof. Dr. Luciano Jensen (UFOPA). Título da dissertação: “**Comparação do desempenho zootécnico de juvenis de camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, na engorda em sistemas intensivos e superintensivos de bioflocos**”. Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Dariano Krummenauer, passou a presidência da sessão ao Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior, que na qualidade de orientador, passou a palavra para a candidata apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e a candidata, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. A candidata **MELISSA SANT'ANNA DA SILVA** foi considerada **APROVADA**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador do PPGAq.

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

DR. ALESSANDRO PEREIRA CARDOZO (CO ORIENTADOR/FURG)

PROF. DR. DARIANO KRUMMENAUER (IO/FURG)

(Por VIDEOCONFERÊNCIA)

PROF. DR. LUCIANO JENSEN (UFOPA)

MELISSA SANT'ANNA DA SILVA

PROF. DR. DARIANO KRUMMENAUER (Coordenador do PPGAq)

59	ÍNDICE	
60	LISTA DE TABELAS	iv
61	LISTA DE FIGURAS	v
62	DEDICATÓRIA	vi
63	AGRADECIMENTOS	vii
64	RESUMO	viii
65	ABSTRACT	ix
66	INTRODUÇÃO	10
67	OBJETIVOS	14
68	Objetivos Específicos	14
69	MATERIAL E MÉTODOS	14
70	RESULTADOS	17
71	DISCUSSÃO	23
72	CONCLUSÃO	29
73	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91 **LISTA DE TABELAS**

92 **Tabela 1.** Média \pm desvio padrão, mínima e máxima dos parâmetros de qualidade da
93 água, nos diferentes tratamentos e a engorda de *L. vannamei* em sistema BFT
9417

95 **Tabela 2:** Média \pm desvio padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico dos
96 camarões, nos diferentes tratamentos na engorda de *L vannamei* em sistema BFT
9723

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121 **LISTA DE FIGURAS**

122 **Figura 1:** Laboratório de Carcinocultura, situado na Estação Marinha de Aquacultura
123 Professor Marcos Alberto Marchiori – EMA.....14

124 **Figura 2:** Variação da concentração de oxigênio dissolvido, nos diferentes tratamentos
125 na engorda de *L. vannamei* em sistema BFT.....18

126 **Figura 3.** Variação do pH, nos diferentes tratamentos na engorda de *L. vannamei* em
127 sistema FT.....18

128 **Figura 4:** Variação na concentração de nitrogênio amoniacal, nos diferentes tratamentos
129 na engorda de *L. vannamei* em sistema BFT.....19

130 **Figura 5.** Variação na concentração de nitrito, nos diferentes tratamentos na engorda *L.*
131 *vannamei* em sistema BFT.....19

132 **Figura 6.** Variação na concentração de nitrato, nos diferentes tratamentos no cultivo de
133 *L. vannamei* em sistema BFT.....20

134 **Figura 7.** Variação na concentração de alcalinidade, nos diferentes tratamentos na
135 engorda de *L. vannamei* em sistema BFT.....20

136 **Figura 8.** Variação na concentração de fosfato, nos diferentes tratamentos na engorda de
137 *L. vannamei* em sistema BFT.....21

138 **Figura 9.** Concentração de sólidos suspensos totais, nos diferentes tratamentos na
139 engorda de *L. vannamei* em sistema BFT.....21

140 **Figura 10.** Peso médio dos camarões, nos diferentes tratamentos na engorda de *L.*
141 *vannamei* em sistema BFT.....23

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154 **DEDICATÓRIA**

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

A Deus

Aos meus pais Rosilene e Alípio.

E aos meus irmãos Ariana e Igor.

185 **AGRADECIMENTOS**

186 Gostaria de agradecer ao meu orientador, Wilson Wasielesky Jr., pelos
187 ensinamentos, incentivo, auxílio e compreensão ao longo destes dois anos de trabalho em
188 meia a uma pandemia, superando os desafios do dia a dia, para manter o grupo unido
189 mesmo que a distância.

190 Ao meu coorientador Alessandro Cardozo por todo apoio e disponibilidade em
191 todos os momentos, foram essenciais no decorrer deste percurso e por me ensinar muito
192 sobre o trabalho com larvicultura de camarões.

193 Agradecimento aos pós doc Victor Rosa, Lucélia Borges e Mariana Holanda pela
194 ajuda nos experimentos e pelas correções e sugestões feitas na presente dissertação.

195 Aos colegas Roberta Anjos, Lucas Maltez, Esthefany Caroline Silva, Missileny
196 Xavier, Inácio Alves Neto, Hellyjunior Brandão e Marília Costa que dividiram comigo
197 muitos momentos fora e dentro da EMA, obrigada pela parceria e amizade.

198 A toda equipe de professores e colegas do Projeto Camarão pela capacidade de
199 trabalho em equipe.

200 Aos muitos colegas e amigos que em algum momento contribuíram com este
201 trabalho e tornaram meus dias mais agradáveis na EMA.

202 Ao professor Dariano Krummenauer por estar sempre presente e apoiando como
203 professor e amigo desde início desta jornada.

204 Aos meus pais e irmãos pelo apoio e incentivo, fundamentais nesta etapa.
205 Muito obrigada!

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217 **RESUMO**

218 A tecnologia de produção de camarões em meio aos bioflocos (BFT) é considerada uma
219 das mais adequadas e promissoras para o desenvolvimento sustentável da carcinicultura,
220 permitindo altas densidades de estocagem de *Litopenaeus vannamei* e o uso de menores
221 áreas e maior produtividade quando comparada aos sistemas tradicionais. Entretanto, traz
222 consigo efeitos danosos que afetam principalmente a qualidade da água de cultivo. A
223 partir disso, este trabalho teve o objetivo de comparar os resultados de sistemas intensivos
224 e superintensivos em sistema BFT, durante a fase de engorda, a fim de compreender quais
225 as principais vantagens e desvantagens dos sistemas. O experimento foi realizado através
226 de estocagem direta em 12 tanques de 35 m³, com utilização de inóculos provenientes de
227 um cultivo com bioflocos maduro, num período de 80 dias. Os tratamentos foram:
228 Intensivo - T100 (cultivo de *L. vannamei* em densidade de 100 camarões/m²) e
229 Superintensivo - T500 (cultivo de *L. vannamei* em densidade de 500 camarões/m²). Os
230 parâmetros de qualidade da água foram monitorados diariamente. A temperatura,
231 oxigênio dissolvido e salinidade foram mantidos em média 27,8°C, acima 5,0 mg/L e 30
232 respectivamente em ambos os tratamentos estando dentro do recomendado para espécie,
233 não comprometendo o desenvolvimento dos animais. Semanalmente foram realizadas
234 biometrias, para avaliar o desempenho zootécnico dos camarões. Ambos os tratamentos
235 apresentaram alta sobrevivência para o modelo de trabalho, T100 (85,90% e T500
236 81,14%) não diferindo estatisticamente ($p>0,05$). No presente estudo a melhor conversão
237 alimentar foi encontrado no tratamento T100 ($1,4 \pm 0,1$) em relação ao tratamento T500
238 ($1,8 \pm 0,1$). O peso médio final foi T100 (12,67g) T500 (10,25g) apresentando diferença
239 estatística ($p<0,05$) entre os tratamentos. Os resultados evidenciaram que a utilização de
240 um sistema superintensivo continua sendo uma boa opção para cultivos que utilizam
241 estruturas semelhantes as utilizadas neste estudo.

242 **Palavras-chave:** engorda, sistemas intensivos, sistemas superintensivos e bioflocos.

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257 **ABSTRAT**

258 Shrimp production technology in bioflocs (BFT) is considered one of the most suitable
259 and promising for the sustainable development of shrimp farming, allowing high stocking
260 densities of *Litopenaeus vannamei* and the use of smaller areas and greater productivity
261 when compared to traditional systems. However, it has harmful effects that mainly affect
262 the quality of water for cultivation. From that, this work aimed to compare the results of
263 intensive and superintensive systems in a BFT system, during the fattening phase, in order
264 to understand the main advantages and disadvantages of the systems. The experiment was
265 carried out through direct storage in 12 tanks of 35 m³, using inoculums from a culture
266 with mature bioflocs, in a period of 80 days. The treatments were: Intensive - T100
267 (cultivation of *L. vannamei* at a density of 100 shrimps/m²) and Superintensive - T500
268 (cultivation of *L. vannamei* at a density of 500 shrimps/m²). Water quality parameters
269 were monitored daily. Temperature, dissolved oxygen, and salinity were maintained at an
270 average of 27.8°C, above 5.0 mg/L and 30 respectively in both treatments, being within
271 the recommended range for the species, without compromising the development of the
272 animals. Weekly biometrics were carried out to evaluate the performance of the shrimp.
273 Both treatments showed high survival for the working model, T100 (85.90% and T500
274 81.14%) did not differ statistically ($p>0.05$). In the present study, the best feed conversion
275 was found in treatment T100 ($1.4 \pm 0.1a$) compared to treatment T500 (1.8 ± 0.1). The final
276 average weight was T100 (12.67g) and T500 (10.25g) showing statistical difference
277 ($p<0.05$) between treatments. The results showed that the use of a superintensive system
278 remains a good option for crops that use structures similar to those used in this study.

279

280 **Keywords:** grow-out, intensive systems, superintensive systems and bioflocs.

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291 INTRODUÇÃO

292 Entre os principais crustáceos produzidos pela aquicultura destacam-se os
293 camarões, lagostas, lagostins e caranguejos, apesar disso a produção camarões marinhos,
294 especialmente o camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, que tem
295 representado o grupo mais produzido no mundo (FAO 2020). A espécie *L. vannamei* tem
296 uma boa aceitação no cultivo, devido suas características como crescimento rápido,
297 eficiência na conversão alimentar, adaptações às variações ambientais e altas taxas de
298 sobrevivência (Rojas e Alfaro, 2007). A demanda interna por camarões vem aumentando
299 nos últimos anos e, em poucos anos, deve superar a capacidade de produção da pesca e
300 aquicultura, o ramo da aquicultura que corresponde à produção aquícola com um dos
301 maiores impactos econômicos no Brasil (ABCC, 2017).

302 A carcinicultura brasileira vem experimentando notáveis modificações no que se
303 refere aos sistemas de cultivo praticados. Semelhante ao verificado na maioria dos países
304 do mundo, a década dos 1980 marcou a prática das culturas extensivas, enquanto na
305 década de 1990 marcou a prática das culturas semi-intensivas. (Tacon, 2002). Os
306 sistemas semi intensivos com densidades de estocagem maiores (45 camarões m²),
307 embora ainda realizassem a troca contínua de água durante a fase de engorda, a fim de
308 evitar deterioração na qualidade de água, principalmente devido ao acúmulo de
309 compostos nitrogenados e conseqüentemente perda de desempenho dos animais (Fróes et
310 al., 2012). Em um sistema semi-intensivo de cultivo do camarão *L. vannamei*, a demanda
311 por oxigênio aumenta de acordo com o tempo do cultivo (Dalla Santa & Vinatea, 2007).
312 Por tanto, é de se esperar que na parte final de um ciclo de cultivo em um sistema
313 intensivo, que utilize a tecnologia de bioflocos, a demanda por oxigênio também seja mais
314 elevada e um ponto consideravelmente preocupante. Porém os sistemas tradicionais
315 aumentam a chance de que patógenos sejam liberados para o ambiente como também
316 facilita a eutrofização das águas para onde esses efluentes estão sendo descartados
317 (Haslun et al 2012).

318 O aumento das áreas de cultivo esbarra nas normas de licenciamento Ambiental e
319 importações destes crustáceos possibilitam o risco de introdução e disseminação de
320 doenças virais. Neste contexto, os produtores devem ser mais eficientes na produção de
321 camarões, além de evitar entrada de doenças (Guerrelhas et al., 2011). No Brasil, a grande
322 parte dos empreendedores da carcinicultura adota o sistema de produção bifásico,
323 composto pela fase de berçário e de engorda, onde a fase berçário serve para aclimatar os

324 camarões às condições ambientais da fazenda e selecionar os indivíduos mais resistentes
325 e com tamanho homogêneo para a fase de engorda (dos Santos, 2009). Atualmente, os
326 produtores buscam opções alternativas para uma atividade econômica que não necessite
327 de grandes áreas de terra e que forneça uma boa produtividade, aonde a carcinicultura
328 vem se tornando uma opção de atividade rentável (Godoy,2012). Novos sistemas de
329 produção vêm sendo estudados a fim de minimizar esses impactos no meio ambiente sem
330 diminuir a produtividade, dando espaço a demanda por sistemas de produção intensivos
331 e superintensivos.

332 Sistema de cultivo intensivo em aquicultura possui algumas características:
333 demanda acompanhamento contínuo e intenso; permite aumentar a produtividade em três
334 vezes ou mais sem aumentar o custo de produção na mesma intensidade; utiliza
335 densidades de cultivo mais altas; suportam altas taxas de crescimento, desde que a ração
336 tenha composição para tal, o oxigênio seja mantido em níveis ideais e a condição
337 ambiental seja estável e controlável (Teixeira & Guerrelhas, 2011). O sistema BFT
338 (Biofloc Technology System) é considerado uma das tecnologias mais promissoras na
339 produção superintensiva de organismos aquáticos porque apresenta vantagens como o
340 aumento da produtividade, o uso de elevadas densidades de estocagem, redução do
341 consumo de recurso hídrico por meio da mínima ou nenhuma troca de água, aumento da
342 biossegurança e a participação de uma diversificada comunidade microbiana atuando na
343 remoção de compostos nitrogenados da água, como fonte suplementar de alimento e na
344 sanidade dos organismos cultivados (Wasielesky *et al.* 2006. Avnimelech 2007; Ballester
345 *et al.* 2010; Crab *et al.* 2010; Moss *et al.* 2012;).

346 Sistemas de produção o BFT demonstra-se mais amigável ao meio ambiente, além
347 da possibilidade da reutilização da água por vários ciclos, o que torna o sistema
348 biosseguro, com a diminuição das renovações o que também reduz o risco de entrada de
349 patógenos no ambiente de cultivo (Krummenauer *et al.*, 2014). O manejo dos parâmetros
350 de qualidade da água é uma das maiores preocupações nos sistemas de cultivo utilizando
351 bioflocos, visto que os animais estão submetidos a elevadas densidades e a qualidade da
352 água é altamente influenciada pelos processos respiratórios de toda a comunidade
353 microbiana presente, além das taxas de respiração e excreção dos animais cultivados.
354 Este incremento na densidade gera um aumento na demanda de oxigênio que não deve
355 ser negligenciado, em situações em que a demanda de oxigênio não seja atendida, podem
356 ocorrer prejuízos no crescimento e causar grandes taxas de mortalidade (Otoshi *et al.* 2007).

357 Além da qualidade de água, outro fator determinante para o sucesso no sistema
358 BFT, é a escolha da densidade de estocagem. A densidade de estocagem apresenta grande
359 influência sobre a produção dos camarões em cativeiro (Jackson & Wang 1998). Várias
360 pesquisas indicam existir uma relação inversa entre a densidade e desempenho dos
361 camarões na aquicultura (Otoshi et al. 2007). Camarões estocados em altas densidades
362 geralmente crescem menos e apresentam menor sobrevivência do que camarões estocados
363 em baixas densidades. Esta redução do crescimento dos camarões em altas densidades é
364 resultado do aumento da competição por alimento e espaço e também por eventos de
365 canibalismo (Preto et al. 2005, Krummenauer et al. 2006, Arnold et al. 2006. A principal
366 causa desta relação inversa entre densidade de estocagem e desempenho ainda é
367 indefinida, devido à dificuldade de separar os efeitos do comportamento dos camarões e
368 da qualidade da água nas diferentes densidades de estocagem (Moss & Moss 2004). Além
369 disso, o comportamento competitivo ou antagônico (predação) dos camarões pode
370 proporcionar em menor crescimento e sobrevivência (Otoshi et al. 2007). Como a
371 produtividade do cultivo neste sistema é elevada, não há necessidade de grandes viveiros
372 de cultivo, podendo obter a mesma produção em áreas menores, embora seja necessário
373 um melhor planejamento, tendo em vista o alto custo de implantação de sistemas
374 intensivos. Em regiões subtropicais como o sul do Brasil, onde as temperaturas são
375 menores que as de regiões tropicais, é possível por um período de 120 dias realizar o
376 cultivo em viveiros, enquanto o cultivo em tanques cobertos por estruturas como estufas
377 possibilita a realização de uma safra longa ou duas safras curtas (Krummenauer et al.,
378 2010).

379 Este estudo avaliou dois tipos de sistemas: Intensivos com densidade de 100
380 camarões/m² e superintensivos com 500 camarões/m² e suas contribuições na manutenção
381 da qualidade água, pois ainda não existe nenhum estudo fazendo essa comparação de
382 forma simultânea a fim de compreender as melhores estratégias e densidades na fase de
383 engorda no cultivo de camarões em sistema BFT em escala piloto, tendo objetivo avaliar
384 os possíveis gargalos para manutenção e produtividade do sistema e os melhores
385 resultados de desempenho zootécnico para a espécie, evidenciando qual das densidades
386 torna-se mais eficiente e produtiva.

387

388 **OBJETIVOS**

389

390 Analisar a performance do camarão branco *L. vannamei* cultivados durante a fase
391 de engorda no sistema BFT, em sistema intensivo e superintensivo.

392

393 **Objetivos Específicos**

394 • Avaliar o impacto das diferentes densidades de estocagem nos parâmetros físico-
395 químicos de qualidade de água, durante a fase de engorda em cultivo intensivo e
396 superintensivo em sistema BFT.

397 • Comparar a taxa de crescimento específico, produtividade, sobrevivência e a
398 biomassa final em cada tratamento, a fim de determinar qual das densidades apresenta
399 melhores resultados de desempenho zootécnico para a espécie.

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412 METODOLOGIA

413 O experimento foi realizado no Laboratório de Carcinocultura, situado na Estação
414 Marinha de Aquacultura Professor Marcos Alberto Marchiori – EMA, pertencente ao
415 Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), localizada na
416 praia do Cassino, Rio Grande – RS, Brasil (32° 19' S, 52° 15' W).



424 **Figura 1:** Estação de Aquicultura Marinha (EMA), (Fonte da foto: <https://ppgaquicultura.furg.br/>)

425 Foram utilizados Pós-larvas de *L. vannamei* provenientes da larvicultura no
426 Laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de Aquacultura. As pós-larvas foram
427 estocadas com peso médio inicial de $0,05g \pm 0,01$.

428 Delineamento Experimental.

429 No experimento foi avaliado o crescimento de pós-larvas *L. vannamei*,
430 cultivado em sistema BFT, em sistema monofásico (com estocagem direta), com duração
431 de 80 dias e foi realizado numa estufa retangular de 585 m² em doze tanques recobertos
432 de Polietileno de Alta densidade (PEAD) com capacidade máxima de trinta e cinco mil
433 (35.000) litros de volume. Cada tanque possui instalado 2 injetores de ar tipo nozzle
434 (alimentado por uma bomba centrífuga de 1 HP), além de 24 pedaços (10cm) de
435 mangueiras micro perfuradas (Aerotube®) dispostas no fundo dos tanques e supridos por
436 soprador de ar tipo blower de 7,5HP. Essa etapa foi realizada em 2 tratamentos e 6
437 réplicas cada um:

438 **Tratamento T/100:** Sistema Intensivo com densidade de 100 camarões/ m².

439 **Tratamento T/500:** Sistema Intensivo com densidade de 500 camarões/ m²

440 Manejo alimentar.

441 Os camarões foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial (Guabi™,
442 Campinas, Brasil) com 38% PB, da qual 25% da ração foi distribuída em tanques no

443 período da manhã (8:00 horas), 25% distribuída à tarde (14:00horas) e 50% durante à
444 noite (18:00horas).

445 A taxa de alimentação inicial foi estabelecida assumindo um crescimento semanal
446 de 1,0 g e uma mortalidade semanal de 0,5% na primeira semana e posteriormente as
447 rações foram ajustadas semanalmente com base no consumo de ração observado nas
448 bandejas e no desempenho do crescimento do camarão (De Yta, Rouse, & Davis, 2004).
449 Esses ajustes foram realizados usando a seguinte equação:

450 $AF = (N \times G \times FCR \times S) / 7$ onde AF, quantidade de alimentação diária; FCR,
451 conversão alimentar esperada; G, crescimento semanal esperado (g / semana); N, número
452 de camarões estocados em cada tanque; S, sobrevida semanal esperada (%).

453 **Manejo e parâmetros de qualidade de água.**

454 Os tanques foram preenchidos até 90% do seu volume útil, com uma mistura de
455 água de poço de baixa salinidade (6ppt) e água do mar (28ppt), esterilizada, com uma
456 solução de cloro (10 ppm) por 24 horas. Após esse período, utilizou-se 1 ppm de ácido
457 ascórbico e aeração. Após a neutralização do cloro foi inoculada uma água com bioflocos
458 maduro (10% do volume total de água) nos tanques provenientes de um cultivo anterior
459 segundo metodologia descrita por Krummenauer et al. (2014). Os tratamentos iniciaram
460 com valores diferentes devido ao bombeamento do floco ter ocorrido simultaneamente
461 com a entrada de água, não sendo possível o controle sobre a vazão. O probiótico (Pro-
462 W® INVE) foi aplicado 24 horas antes da estocagem dos juvenis em uma dosagem de 5
463 ppm. Aplicações de 0,5 ppm foram realizadas uma vez na semana para manutenção do
464 sistema. A manutenção da relação C: N de 15: 1 foi obtida através de fertilizações
465 orgânicas, toda vez que a concentração de amônia total estava superior a 1 mgL^{-1} (Vinatea
466 et al. 2010; Baloi et al. 2013; Schweitzer et al. 2013; Souza et al. 2014). A fonte de carbono
467 utilizada nas fertilizações foi o melaço de cana de açúcar e a fonte de nitrogênio foram os
468 detritos gerados pelos camarões e a ração fornecida (38% proteína buta).

469 Os parâmetros de temperatura, o oxigênio dissolvido e o pH foram medidos no
470 início da manhã (8:00 horas) e fim de tarde (17:00horas) com uma sonda multiparâmetros
471 (HACH HQ40d multimeter) As concentrações de nitrogênio amoniacal total (UNESCO
472 1983) e nitrito (Strickland & Parsons 1972) foram realizadas uma vez ao dia (N-NO₂ -) e
473 a alcalinidade semanalmente (APHA 1989). Quando a alcalinidade alcançava valores

474 abaixo de 100 mgL^{-1} e o pH abaixo de 7,3 foram realizados ajustes com cal hidratada,
475 seguindo a metodologia de Furtado et al., (2011).

476 Semanalmente foram analisadas as concentrações de nitrato e fosfato utilizando a
477 metodologia de Strickland & Parsons (1972). Os sólidos suspensos totais (AOAC 2000)
478 foram medidos duas vezes na semana. Os níveis dos SST foram mantidos dentro da faixa
479 ideal 400 a 600 mgL^{-1} seguindo o recomendado por Scheveitzer, 2013. Quando os níveis
480 de SST alcançaram valores próximos a 500 mgL^{-1} , foram utilizados sedimentadores para
481 o processo de clarificação (Gaona et al., 2016).

482

483 **Parâmetros Zootécnicos.**

484 Foi realizada uma biometria inicial para estimar o peso médio dos juvenis
485 estocados em cada tratamento na fase de engorda. No decorrer do experimento, foram
486 realizadas biometrias semanais utilizando balança digital (Marte® científica AD5002) com
487 precisão de 0,01 g, onde foram pesados 60 camarões por tanque, estimando o peso médio
488 e biomassa dos camarões, bem como o ajuste do arraçoamento.

489 O desempenho zootécnico dos camarões foi avaliado pelo:

490 1- Ganho de peso semanal GPS (g/semana) = $P(x) - P(x-7)$;

491 2- Ganho de peso final - GPF (g) = $P_f - P_i$; S;

492 3- Sobrevivência - S(%) = $(N_f C / N_i C) \times 100$;

493 4- Produtividade - P (kg/m^3) = BT / VT ;

494 5- Conversão alimentar aparente - CAA = R / GPF .

495 6- Na biometria final, todos os camarões de cada repetição foram pesados e
496 calculado a biomassa final e sobrevivência.

497 **Análise Estatística**

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

504 **RESULTADOS**505 **Parâmetros físicos e químicos.**

506 Os parâmetros físicos e químicos de qualidade de água estão representadas na
 507 **Tabela 1**, os valores dessas variáveis estão representados em médias, mínimas e
 508 máximas, onde podemos comparar as diferenças entre os tratamentos **T100** (100/m²) e
 509 **T500** (500 /m²).

510 **Tabela 1:** Média ± desvio padrão, mínima e máxima dos parâmetros de qualidade da água,
 511 nos diferentes tratamentos e densidades na engorda de *L. vannamei* em sistema BFT.

Parâmetros	Tratamento			
	T100		T500	
	100 camarões/m ²		500 camarões/m ²	
	Médias	Mín- Máx	Médias	Mín - Máx
DO (mg L⁻¹)	9,0 ± 2,75	3,8 – 12,56	7,91 ± 2,44	2,34 – 9,68
Temperatura (°C)	27,83 ± 1,3	23,3 – 31,2	27,82 ± 1,16	23,3 – 31,9
pH	7,88 ± 0,21	7,15 – 8,63	7,70 ± 0,25	7,02 – 8,38
Salinidade	30,96 ± 1,27	28,2 – 34,7	30,11 ± 1,5	24,8 – 34,0
TAN (mg L⁻¹)	0,27 ± 0,54	0,01 – 6,7	0,27 ± 0,18	0,02 – 1,7
NO₂ (mg L⁻¹)	0,44 ± 0,67	0,03 – 4,06	0,83 ± 0,96	0,05 – 12,0
NO₃ (mg L⁻¹)	17,8 ± 16,85 ^b	3,4 - 88	43,8 ± 31,0 ^a	3,05 - 130
Alcalinidade	158,5 ± 24,0 ^b	85 - 240	190,5 ± 47,0 ^a	120 - 400
SST (mg L⁻¹)	299,2 ± 235,3 ^b	20 - 920	410,35 ± 252,6 ^a	20 – 1.400
Fosfato (mg L⁻¹)	0,75 ± 1,2 ^b	0,05 - 8	2,0 ± 2,3 ^a	0,05 – 17,5
Turbidez (NTU)	46,8 ± 47,8 ^b	2,84 - 215	89,0 ± 103,5 ^a	4,94 - 489

512 Legenda: SST (sólidos suspensos totais)

513 O tratamento **T500** iniciou com uma salinidade, mas baixa (24,8) em relação ao
 514 tratamento **T100** (28,2), mas manteve-se próximo a média 30 ao longo do experimento.
 515 A temperatura apresentou mínimas de 23,3°C no início do experimento e máximas acima
 516 dos 31°C ao final do experimento, apresentando uma média de 27,8 °C. Ambos os
 517 parâmetros não apresentaram diferença estatística significativa (p>0,05) entre os
 518 tratamentos.

519 O oxigênio (figura 2) apresentou oscilações durante o período experimental,
 520 apresentando quedas conforme o esperado, principalmente ao final do período. Os
 521 tratamentos registraram valores de máxima acima de 5mgL⁻¹ no início do experimento e

522 mínima abaixo 5mgL^{-1} ao final no experimento. Os valores de máximo e mínimo
 523 respectivamente no **T100** ($12,56$ e $3,8\text{mgL}^{-1}$) e no tratamento **T500** ($9,68$ e $2,34\text{mgL}^{-1}$),
 524 com valores médios elevados como descrito na tabela 1.

525

526

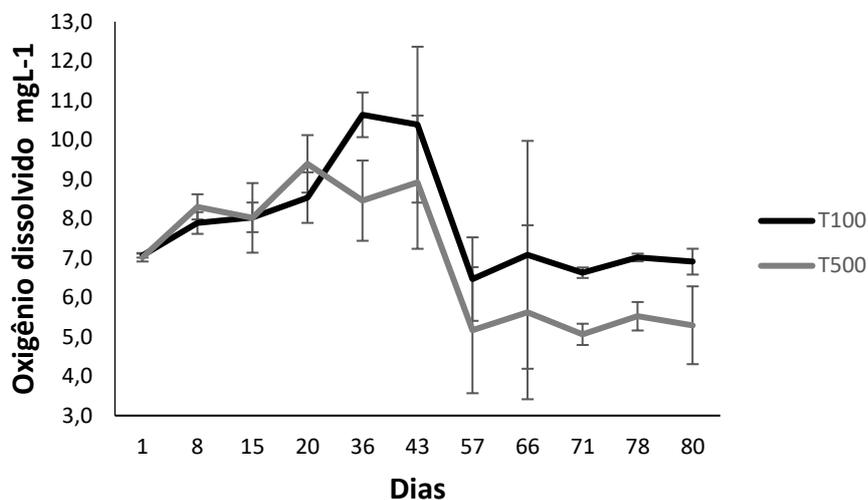
527

528

529

530

531



532

533 **Figura 2:** Variação da concentração de oxigênio dissolvido, nos diferentes tratamentos na engorda de *L.*
 534 *vannamei* em sistema BFT.

535

536

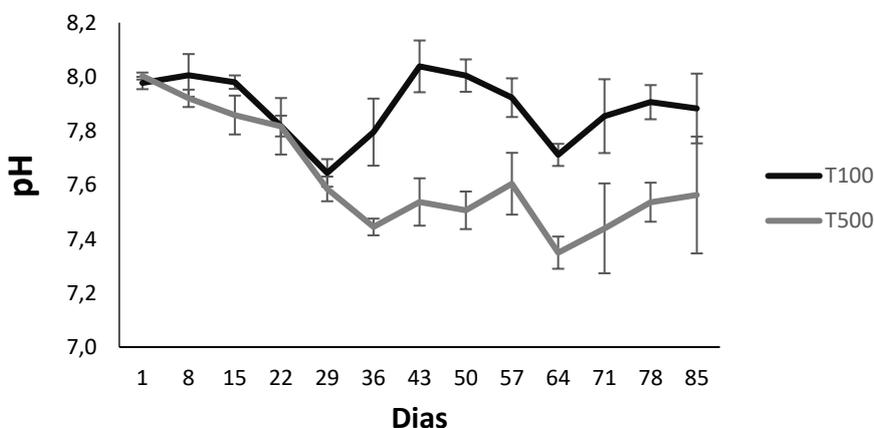
537

538

539

540

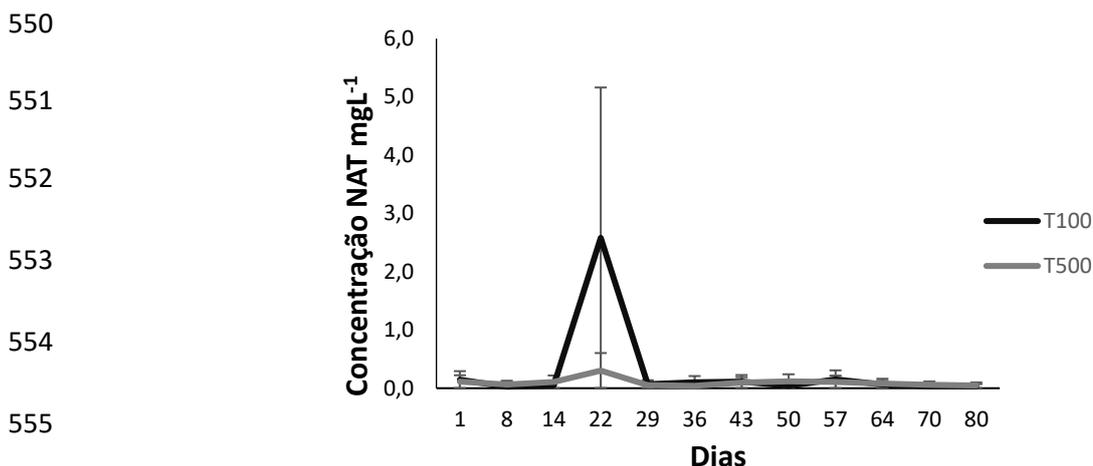
Na figura 3 pode-se observar as variações no pH ao longo do período experimental e uma diminuição nos tratamentos até a 3ª semana. O tratamento **T500** apresentou quedas mais bruscas com relação ao tratamento **T100**, e as mínimas nesse período foram ($7,02\text{mgL}^{-1}$ e $7,15\text{mgL}^{-1}$) respectivamente, sendo realizada aplicações de cal hidratada para elevação quando necessário para manter o pH acima de 7,3 sendo assim ambos se mantiveram dentro dos níveis aceitáveis para o cultivo da espécie.



541

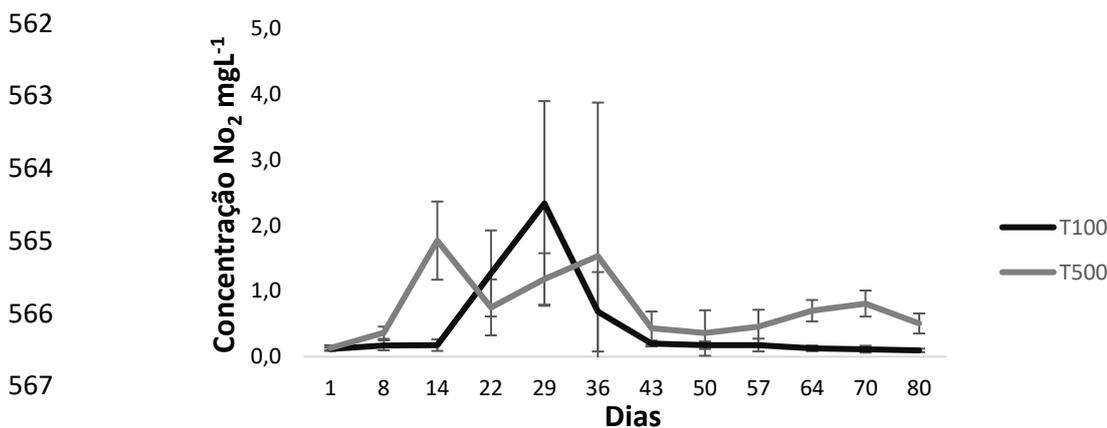
542 **Figura 3:** Variação do pH na fase engorda nos diferentes tratamentos na engorda de *L. vannamei* em sistema
 543 BFT.

544 As concentrações de amônia total entre os tratamentos permaneceram baixas
 545 durante todo período experimental, embora o **T100** tenha apresentado variações nas
 546 primeiras semanas com uma elevação mais significativa na 3ª semana de 6,7 mgL⁻¹,
 547 sendo necessário um maior uso de melaço nesse tratamento, diferente do tratamento **T500**
 548 que obteve máxima de 1,7 mgL⁻¹ no mesmo período e manteve-se estável em todo período
 549 experimental, com valores inferiores a 1mgL⁻¹. (Figura 4).



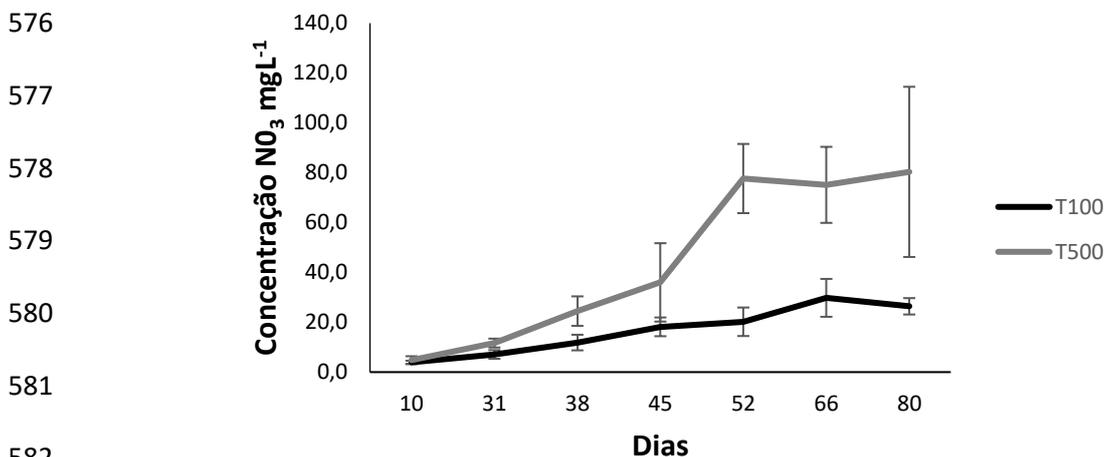
556 **Figura 4:** Variação da concentração de amônia total, nos diferentes tratamentos na engorda de *L. vannamei*
 557 em sistema BFT.

558 Na figura 5 é possível observar o aumento nas concentrações de nitrito a partir da
 559 segunda semana, sofrendo oscilações até a 5ª semana de experimento onde os maiores
 560 valores foram observados no tratamento com maior densidade **T500** (12mgL⁻¹). Após a
 561 quinta semana os valores permaneceram estáveis até o final do experimento.



569 **Figura 5:** Variação da concentração de nitrito nos diferentes tratamentos na engorda de *L. vannamei* em
 570 sistema BFT.

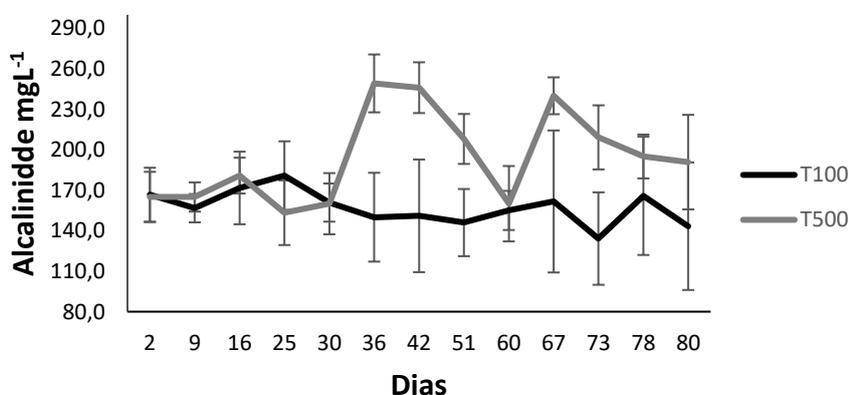
571 As concentrações de nitrato apresentaram elevação ao longo do experimento, com
 572 diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos como pode ser observado na figura
 573 6, havendo um maior acúmulo no **T500** (130 mgL^{-1}). Ao final do período experimental
 574 observamos concentrações médias oscilando próximas a $17,8 \pm 16,85 \text{ mgL}^{-1}$ no
 575 tratamento **T100** e $43,8 \pm 31,0 \text{ mgL}^{-1}$ para o tratamento **T500** (tabela 1).



582

583 **Figura 6:** Variação na concentração de nitrato, nos diferentes tratamentos na engorda de *L. vannamei* em
 584 sistema BFT.

585 A alcalinidade (figura 7) apresentou diferenças significativas ($p>0,05$) entre os
 586 tratamentos, podendo ser observado alterações ao longo do período experimental. Os
 587 valores mínimos registrados foram observados no tratamento **T100** (85 mgL^{-1}) e os
 588 valores máximos ao final do experimento para os tratamentos **T500** (400 mgL^{-1}). Na
 589 tabela 1 as médias apresentadas pelos tratamentos **T100** e **T500** foram respectivamente
 590 ($158,5 \pm 24,0$ e $190,5 \pm 47,0 \text{ mgL}^{-1}$).



592 **Figura 7:** Variação na concentração de alcalinidade ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$) nos diferentes tratamentos na
 593 engorda *L. vannamei* em sistema BFT

594 O fosfato apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos,
 595 (tabela 1) onde as menores concentrações foram registradas no tratamento **T100**
 596 ($0,75 \pm 1,2$) e maiores no **T500** ($2,0 \pm 2,3$) havendo uma elevação no 45º dia da engorda e
 597 depois manteve-se estável até o final do experimento (figura 7).

598

599

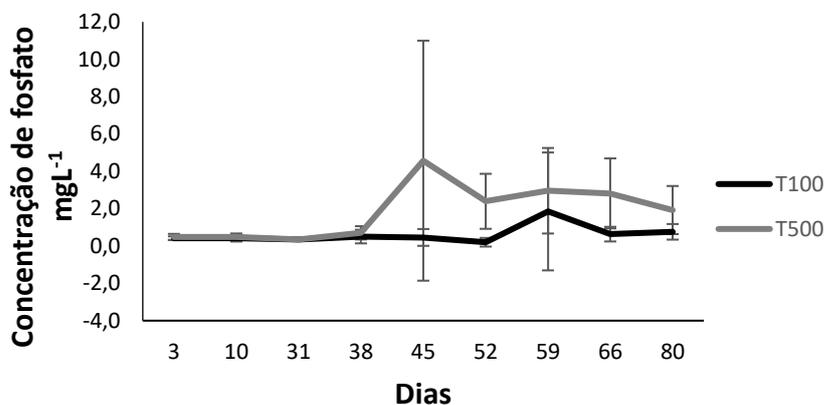
600

601

602

603

604



605 **Figura 8:** Variação na concentração de fosfato, nos diferentes tratamentos e densidades na engorda de *L*
 606 *vannamei* em sistema BFT.

607

608

609

610

611

612

613

Com relação aos sólidos suspensos totais (SST), percebe-se uma tendência de
 aumento nas concentrações a partir da 2ª semana até o final do experimento, havendo
 quedas após o processo de clarificação dos tanques (Figura 8). Os valores médios das
 concentrações de sólidos suspensos totais apresentaram diferença significativa entre os
 tratamentos ($p > 0,05$). Os maiores valores foram encontrados no **T500** (1.400 mgL^{-1})
 com relação ao **T100** (920 mgL^{-1}). Na tabela 1 estão apresentadas as médias finais para
T100 ($299,2 \pm 235,3 \text{ mgL}^{-1}$) e para **T500** ($410,35 \pm 252,6 \text{ mgL}^{-1}$).

614

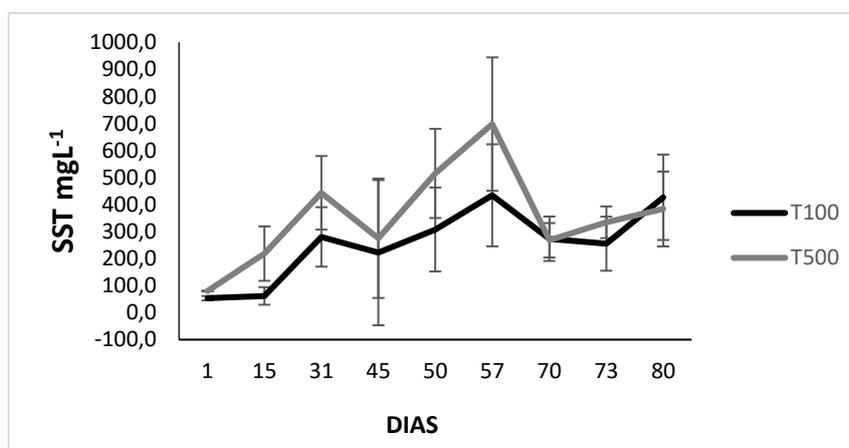
615

616

617

618

619



620 **Figura 9:** Variação na concentração de sólidos suspensos totais, nos diferentes tratamentos na engorda de
 621 *L. vannamei* em sistema BFT.

622 Os valores de turbidez foram aumentando ao longo do período experimental,
 623 como já havia sido esperando, apresentando diferença significativa entre os tratamentos
 624 ($p > 0,05$), onde **T500** apresentou valores máximos e médios maiores ($489 \text{ mgL}^{-1} 89,0 \pm$
 625 $103,5$) quando comparado ao tratamento **T100** respectivamente (215 mgL^{-1} e $46,8 \pm 47,8$)
 626 conforme apresentado na tabela 1.

627 **Desempenho zootécnico dos camarões**

628 Na **tabela 2** podem ser observados os dados de desempenho zootécnico ao longo
 629 do período experimental de 80 dias nos tratamentos **T100** ($100/\text{m}^2$) e **T500** ($500/\text{m}^2$).

630 **Tabela 2** – Média e \pm desvio padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões, nos
 631 diferentes tratamentos na engorda de *L vannamei* em sistema BFT.

Parâmetros	Tratamento	
	T100 100 camarões m^2	T500 500 camarões m^2
Peso inicial (g)	0,05 \pm 0,01	0,05 \pm 0,01
Peso final (g)	12,67 \pm 1,33 ^a	10,25 \pm 0,27 ^b
Crescimento semanal (g)	1,05 \pm 0,11 ^a	0,81 \pm 0,8 ^b
Produtividade (Kg m^2)	1,08 \pm 0,05 ^b	4,15 \pm 0,35 ^a
CCA	1,4 \pm 0,1 ^a	1,8 \pm 0,1 ^b
Biomassa final (Kg)	37,81 \pm 1,9 ^b	145,25 \pm 13,6 ^a
Sobrevivência (%)	85,9 \pm 0,06	81,14 \pm 0,8

632 CCA: conversão alimentar aparente

633 No presente estudo a melhor conversão alimentar aparente foi encontrado no
 634 tratamento **T100** ($1,4 \pm 0,1$) em relação ao tratamento **T500** ($1,8 \pm 0,1$). A produtividade
 635 apresentou médias para o tratamento **T100** ($1,08 \pm 0,050$) e **T500** ($4,15 \pm 0,35$) o que
 636 representa uma diferença de aproximadamente 108 kg de camarões entre os tratamentos
 637 na biomassa final. Os índices de sobrevivência foram superiores a 80%, onde **T100**
 638 ($85,90\%$) e **T500** ($81,14\%$) não apresentando diferenças significativas entre os
 639 tratamentos ($p > 0,05$).

640

641

642

643 Nas primeiras semanas pode-se observar que o tratamento **T100** obteve um
 644 crescimento exponencial e aumento de ganho de peso semanal até a 4ª semana do
 645 experimento, onde ocorreu uma estabilização e manteve-se o crescimento regular de
 646 aproximadamente 1,2g/semana, até a 7ª semana em que ocorreu um novo aumento de
 647 1,7g/semana na 8ª e 10ª semana do experimento e apresentando média $1,05 \pm 0,11$ e um
 648 menor crescimento até o final do experimento. Diferentemente do tratamento **T500** que
 649 apresentou um crescimento mais baixo e inferior a 0,5g/semana no mesmo período inicial
 650 com média $(0,81 \pm 0,8)$. A partir da 4ª semana de experimento o ganho de peso semanal
 651 entre os tratamentos é equivalente e acompanha as variações até o final do experimento,
 652 conforme a figura 10.

653

654

655

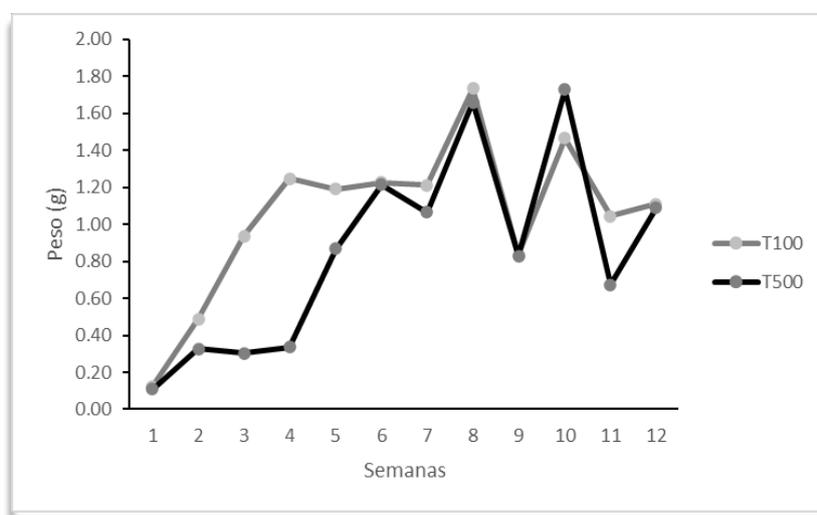
656

657

658

659

660



661

662

Figura 10: Ganho de peso semanal dos camarões ao longo do experimento, nos diferentes tratamentos na engorda de *L. vannamei* em sistema BFT.

663

664

DISCUSSÃO

665

Qualidade de água.

666

667

668

669

670

671

672

Os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água durante o período experimental não causaram interferência no crescimento e na sobrevivência dos camarões. No presente estudo a temperatura apresentou algumas variações, durante o início do experimento apresentou-se mais baixa, devido ao período final da primavera apresentar essa característica na região (extremo sul do Brasil), que foi amenizada pelo fato deste experimento ter sido conduzido dentro de uma estufa o que garantiu um maior controle térmico e o aumento gradativo da temperatura com o decorrer do experimento.

673 Ao final do experimento apresentou aumento, devido ao verão favorecer temperaturas
674 mais elevadas, ainda assim os valores médios permaneceram em torno da média 27,8 °C
675 em ambos os tratamentos, estando dentro da faixa ideal de crescimento de *L. vannamei*
676 (24 a 35°C) (Van Wyk e Scarpa, 1999). A salinidade iniciou mas baixa no tratamento
677 **T500** devido ao processo de abastecimento do tanque antes da estocagem, mas média
678 ficou acima de 30 durante todo período experimental em ambos os tratamentos não
679 havendo diferenças significativas e permanecendo dentro do recomendado para *L.*
680 *vannamei* (Van Wyk e Scarpa, 1999).

681 O oxigênio é dos fatores mais importante nos processos de metabolização dos
682 nutrientes pelo camarão, além de desempenhar papel fundamental no processo bacteriano
683 de assimilação de nitrogênio e na nitrificação em sistemas intensivos. Esse parâmetro está
684 diretamente relacionado com o crescimento e sobrevivência dos organismos cultivados,
685 tornando-se assim um fator limitante e suas concentrações devem estar acima de 5,0 mg/L
686 para camarões peneídeos o que ocorreu em ambos os tratamentos. (Van Wyk & Scarpa
687 1999, Zhang et al. 2006). Durante o período experimental o oxigênio manteve-se acima
688 do recomendado para espécie principalmente no início do experimento, tendo diminuição
689 ao decorrer do período experimental, onde as concentrações de oxigênio dissolvido no
690 tratamento **T100** e **T500** apresentaram valores mais baixos ao final do experimento, 3
691 mg/ L⁻¹ o que é considerado nível crítico e prejudicial para os camarões, mas não houve
692 nenhum evento de mortalidade registrado nesse período. Essa diminuição também foi
693 registrada por outro autores Ray et al. (2011), Gaona et al. (2011) e Krummenauer et al.
694 (2011), Esta redução nos níveis de oxigênio pode estar relacionada com o aumento na
695 biomassa microbiana que contém microrganismos aeróbicos nos agregados dos bioflocos
696 e automaticamente geram um aumento no consumo de oxigênio (Gaona et al., 2016)

697 O pH influencia todas as reações químicas e fenômenos que ocorrem na água,
698 fator importante que afeta a vida dos peneídeos, sobretudo as condições fisiológicas dos
699 camarões (Lemonnier et al., 2004). O camarão *L. vannamei* é uma espécie que tolera
700 grandes variações de pH e alcalinidade (Furtado et al., 2011; Furtado et al., 2015 b). Os
701 valores de pH permaneceram dentro da faixa ótima indicada para a espécie estudada,
702 estando acima de 7,6 não ultrapassando 8,3. (Van Wyk & Scarpa, 1999). Neste estudo
703 podemos observar variações no pH ao longo do período experimental, principalmente no
704 tratamento com maior densidade **T500**, o aumento da densidade de estocagem acabou
705 reduzindo o pH ao longo do cultivo, que também foi observado por Decamp et al. (2007).

706 Além da densidade no sistema de bioflocos há uma tendência natural na redução do pH,
707 devido ao incremento da biomassa bacteriana, nas quais acabam consumindo a
708 alcalinidade e por consequência reduzindo os níveis de pH. (Xu e Pan, 2012).

709 A alcalinidade em sistemas de BFT, sobretudo em cultivos que utilizam pouca ou
710 nenhuma troca de água, é necessário que seja observado com maior frequência, visto que
711 existe um consumo dessa alcalinidade ao decorrer da produção por bactérias durante o
712 processo de nitrificação (Ebeling et al., 2006, Furtado et al., 2014). No presente trabalho,
713 apresentou bastante variação desse parâmetro, sendo necessárias correções durante o
714 período experimental com a aplicação de cal hidratada para que os valores ficassem
715 dentro da faixa ótima, superiores a 100 mg/L CaCO₃ onde os camarões apresentam
716 melhor crescimento, devido a maior disponibilidade de carbonatos utilizados para a
717 formação do exoesqueleto e utilização no metabolismo (Furtado et al., 2011).

718 Entre os fatores ambientais importantes na produção do camarão, o nitrogênio
719 amoniacal é um estressor primário derivado do catabolismo proteico e da mineralização
720 de resíduos orgânicos, como ração residual e fezes no sistema aquático (Chen et al., 2012).
721 (Chatvijitkul, et. al, 2017). No presente estudo, as baixas concentrações de produtos
722 nitrogenados ao longo do período experimental, deve-se a utilização de inóculo
723 proveniente de um cultivo com bioflocos maduro, no que diz respeito a aceleração dos
724 processos de nitrificação dentro do sistema BFT (Krummenauer et al., 2012). Foram
725 necessárias apenas algumas fertilizações nas primeiras semanas, principalmente no
726 tratamento **T100**. O tratamento **T500** manteve-se mais estável e em concentrações abaixo
727 que 1mgL⁻¹ durante o período experimental.

728 O nitrito é um importante produto intermediário no ciclo do nitrogênio (Kroupova
729 et al., 2005) e dependendo das concentrações e do estágio de desenvolvimento do
730 organismo aquático cultivado, pode vir a ser bastante tóxico, causando até mesmo
731 mortalidade em sistemas de cultivo em BFT (Barbieri, 2010). O processo de nitrificação
732 foi observado em ambos os tratamentos, com oscilação da concentração do nitrito durante
733 o período experimental. Os valores de nitrito encontrados neste estudo, ficaram bem
734 abaixo dos níveis de segurança descritos por Lin and Chen (2003) que foram de 15,2 –
735 25,7 mgL⁻¹, por tanto sem causar prejuízos na sobrevivência e ao desempenho dos animais
736 durante o presente estudo. Esse aumento do nitrito, pode ser explicado pela presença das
737 bactérias atuantes no ciclo do nitrogênio, ocorrendo um aumento da via autotrófica, ou

738 seja, a amônia pode ser oxidada a nitrito, pelas Bactérias Oxidantes da Amônia - AOB
739 (Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrospira, Nitrosolobus e Nitrosovibrio). Porém, as
740 bactérias que oxidam o nitrito a nitrato (Nitrobacter, Nitrococcus, Nitrospira e Nitrospina)
741 possuem um crescimento mais demorado do que as AOB, levando a um acúmulo ainda
742 maior de nitrato no sistema (Hagopian & Riley, 1998).

743 As concentrações de (N-NO₃) se elevaram em todos os tratamentos, o que já era
744 esperado por se tratar de um composto de cunho acumulativo em sistemas que reutilizam
745 a água de cultivo (Ebeling et al, 2006). Os tratamentos se diferiram estatisticamente, não
746 afetando o crescimento e a sobrevivência, pois mantiveram inferiores à faixa de segurança
747 para a espécie e de 177 mg/L demonstrado por Furtado et al., (2015) para cultivo por meio
748 do sistema de bioflocos. Esse processo ocorre devido aos processos de nitrificação que
749 ocorrem pela atividade de bactérias que transformam a amônia, oriunda da excreção dos
750 animais e decomposição da matéria orgânica, em nitrito e depois em nitrato. (Burford et
751 al., 2003, Lara et al., 2016). Segundo Van Rijn et al. (2006) afirmam que ao contrário da
752 amônia e nitrito, o nitrato é pouco tóxico aos organismos aquáticos.

753 O fosfato apresentou as menores concentrações no tratamento **T100** e maiores no
754 **T500** havendo uma elevação no 45º dia da engorda e depois manteve-se estável até o
755 final do experimento. O progressivo aumento das concentrações de fosfato ao longo do
756 experimento provavelmente deve-se a constante entrada de nutrientes, que ocorre
757 normalmente nos sistemas de cultivo, devido principalmente à ração não consumida e às
758 fezes dos animais dentro dos tanques (Barak et al., 2003). As flutuações nas
759 concentrações desse composto podem ter acontecido em função da sucessão microbiana
760 que ocorre no sistema BFT e da utilização desse composto pelos microrganismos.

761 Os níveis de sólidos suspensos totais foram aumentando no experimento a partir
762 da segunda semana e posteriormente ocorrendo um novo aumento na quinta semana em
763 todos os tratamentos, principalmente no tratamento **T500**. Os valores médios
764 apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Os níveis de SST ultrapassaram
765 as concentrações ideais que ficam na faixa entre 400~600 mg/L de SST (Samocha *et al.*
766 2007, Schweitzer *et al.* 2013) sendo necessária a remoção do floco excedente. Entre os
767 esforços para controlar a carga de material particulado e melhorar a qualidade da água em
768 sistemas BFT, a remoção de sólidos em suspensão por clarificação (decantação de
769 cilindro cônico de 500 L) (Gaona et al., 2011) foi aplicado. A formação dos bioflocos é

770 constante no sistema BFT, durante um ciclo de cultivo, tornando-se comum que os níveis
771 de sólidos suspensos totais se incrementem nos tanques, podendo causar efeitos negativos
772 na sobrevivência e crescimento dos camarões (Gaona et al., 2011).

773 A turbidez é um parâmetro que possui estreita relação com os sólidos suspensos
774 totais e com a quantidade de matéria orgânica no sistema. Um aumento da degradação
775 microbiana heterotrófica pode levar a um aumento da turbidez devido ao incremento de
776 material orgânico no sistema, aumentando a demanda de oxigênio e a formação
777 anaeróbica de metabólitos como amônia e nitrito (Burford & Lorenzen, 2004; Hargreaves,
778 2006). No entanto, não existe uma faixa de turbidez recomendada para o melhor
779 desempenho zootécnico da espécie, de acordo com Vinatea et al. (2010). Os valores
780 obtidos no presente trabalho em ambos os tratamentos se encontram abaixo dos valores
781 encontrados por Vinatea et al. (2010) e Ray et al. (2011), porém, observa-se que há uma
782 relação entre o aumento da concentração de sólidos e o aumento da turbidez em ambos
783 os tratamentos.

784 *Desempenho Zootécnico.*

785 No presente estudo, todos os parâmetros de produção como peso final,
786 crescimento semanal, produtividade, FCA, biomassa final, apresentaram diferenças
787 significativas entre os tratamentos, com exceção da sobrevivência que não apresentaram
788 diferenças significativas. Os resultados do tratamento **T500** demonstraram que foram
789 superiores ao **T100** e com diferenças significativas, na biomassa final e produtividade,
790 apesar de ter um menor C.C.A.

791 O crescimento semanal dos camarões apresentou diferença estatística e variação
792 entre os tratamentos no início do período experimental (figura 10). O tratamento **T500**
793 que apresentou um crescimento inferior nas primeiras semanas em relação ao **T100**. O
794 aumento da densidade nesse tratamento, pode ser responsável por esse resultado, tendo
795 em vista que diversos autores relatam que essa redução do crescimento em altas
796 densidades de estocagem é resultado da competição por alimento e espaço e por eventos
797 de canibalismo. (Preto et al., 2005; Arnold et al., 2006; Krummenauer et al., 2016).

798 No presente estudo a melhor conversão alimentar foi encontrado no tratamento
799 **T100** em relação ao tratamento **T500** apresentando resultados diferentes de outros autores
800 que trabalharam com densidades semelhantes em sistema de bioflocos. Krummenauer et
801 al. (2011), em um experimento de 120 dias de engorda também em sistema semelhante

802 ao do presente estudo, com densidades de 150, 300 e 450 camarões/m² encontrou
803 resultados para CCA de 1,40, 1,29 e 2,41 respectivamente. Silva et al (2013) em um
804 experimento de 45 dias, utilizou densidades de 150, 300, 450 e 600 camarões/m² e o fator
805 de conversão alimentar (FCA) encontrado foram 1,54,1,66, 1,72 e 2,12. Lara et al. (2017)
806 em um experimento de 33 dias de engorda e com uma densidade de 140 camarões/m² o
807 fator de conversão alimentar (FCA) encontrado variou entre 1,56 e 1,99. Os índices de
808 FCA em estudo realizado por Da Silveira et al. (2020) de 77 dias foram de 1,62, 1,03 e
809 1,48, respectivamente para os tratamentos com diferentes tipos de aeração com densidade
810 de 300/m². Embora exista diferença estatística ente os tratamentos, a FCA do tratamento
811 **T100**(100/m²) em comparação ao tratamento **T500**(500/m²) foi visualmente melhor, nas
812 menores densidade, demonstrando melhores resultados quando comparados com os
813 autores supracitados.

814 Os índices de sobrevivência podem ser considerados bons resultados e sem
815 diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), variando entre **T100** 85,90% e
816 **T500** 81,14%. Os resultados foram inferiores aos encontrados por outros autores em
817 escala experimental como 92% com 150 camarões/ m² (Krummenauer et al. 2011), 99,1%
818 com 150 camarões/m² (Silva et al 2013) e 92,3% com 140camarões/m² (Lara et al 2017)
819 em relação ao tratamento **T100** com densidade menor e superiores no tratamento **T500**
820 aos com resultados obtidos em trabalhos anteriores em condições semelhantes, onde a
821 taxa de sobrevivência na densidade de estocagem de 81,35% com 450 camarões/m²
822 (Krummenauer et al. 2011), 450 camarões/m² 75,1 % e 600 camarões/m² 49,33% (Silva
823 et al 2013) e 82,3% com 300 camarões/m² (Da Silveira et al. 2020).

824 Outro parâmetro relacionado ao desempenho zootécnico é a produtividade que,
825 neste estudo, demonstrou diferenças importantes. A produtividade foi de $1,08 \pm 0,05^b$ para
826 o tratamento **T100**(100/m²) e $4,15 \pm 0,35^a$ para o tratamento **T500**(500/m²) o que
827 representa uma diferença de aproximadamente 108 kg de camarões entre os tratamentos
828 na biomassa final, isso reflete diretamente na lucratividade desse sistema, que permite
829 uma massificação da produção. Entretanto, a produtividade no sistema BFT em altas
830 densidades nesse presente estudo demonstrou resultados superiores ao encontrado por Da
831 Silveira et al. (2020) 400/m² $3,52 \pm 0,05$, 500/m² $3,58 \pm 0,76$ 600/m² $4,22 \pm 0,40$. A
832 biomassa final pode ser o dado mais representativo para avaliarmos o real desempenho
833 dos animais nos diferentes tratamentos testados. O tratamento **T500**(500/m²) foi o que
834 teve maior biomassa final. O incremento da densidade de estocagem ocasionou uma

835 redução significativa no peso médio final dos camarões ($p < 0,05$). Quando estocados em
836 altas densidades os camarões geralmente tem o crescimento e sobrevivência menor do
837 que camarões estocados em baixas densidades. Esta redução do crescimento dos
838 camarões em altas densidades é resultado do aumento da competição por alimento e
839 espaço e também por eventos de canibalismo (Preto et al. 2005, Krummenauer et al. 2006,
840 Arnold et al. 2006).

841 **CONCLUSÕES**

842 Os resultados do presente estudo demonstram que a sobrevivência e o crescimento
843 de *L. vannamei* na fase final de engorda no T500 foram afetados com o aumento da
844 densidade de estocagem mesmo tendo sido mantida qualidade de água semelhante para
845 todos os tratamentos avaliados, confirmando que o efeito da densidade de estocagem
846 sobre crescimento e sobrevivência é um efeito comportamental. É possível trabalhar com
847 diferentes densidades de estocagem, embora seja necessário que haja reajustes específicos
848 nos protocolos, identificando os principais fatores responsáveis por uma melhor
849 produtividade no sistema. Com os resultados encontrados na presente dissertação foi
850 possível verificar que a utilização de um sistema superintensivo continua sendo uma boa
851 opção para cultivos que utilizam estruturas semelhantes as utilizadas neste estudo. Além
852 disso, pode-se afirmar que a densidade de estocagem de 500 camarões/ m² é a mais
853 indicada para a fase de engorda em tais sistemas devido à alta produtividade.

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866 **REFERÊNCIAS**

- 867 ABCC (Associação brasileira de criadores de camarão) (2017). Revista da Associação
868 Brasileira de Criadores de Camarão, Ano 19, nº 2, 88 pgs
- 869 AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2000) Official Methods of
870 Analysis of AOAC, 16th edition. Patricia Cunniff (editor), Washington, DC
- 871 APHA (American Public Health Association) (1998) Standard Methods for the
872 Examination of Water and Waste Water, 16th edn American Public Health Association,
873 AWWA, WPCF, New York
- 874 Arnold, S. J., Sellars, M. J., Crocos, P. J., & Coman, G. J. (2006). Intensive production
875 of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*: an evaluation of stocking density and artificial
876 substrates. *Aquaculture*, 261(3), 890-896.
- 877 Avnimelech, Y., Mozes, N., Diab, S., & Kochba, M. (1995). Rates of organic carbon and
878 nitrogen degradation in intensive fish ponds. *Aquaculture*, 134(3-4), 211-216.
- 879 Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture
880 systems. *Aquaculture*, 176(3-4), 227-235.
- 881 Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-
882 flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1-4), 140-147.
- 883 Avnimelech, Y. (2009). Biofloc technology. A practical Hand Book. *The World*
884 *Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- 885 Ballester, E. L. C., Abreu, P. C., Cavalli, R. O., Emerenciano, M., De Abreu, L., &
886 Wasielky Jr, W. (2010). Effect of practical diets with different protein levels on the
887 performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange
888 suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 163-172.
- 889 Barbieri, R.C.J; Ostrensky, A. O.N Camarões marinhos: engorda. Viçosa: Aprenda Fácil
890 2002, v.2 352p.
- 891 Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G. D., Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. D. (2010).
892 Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de*
893 *Empresas*, 50, 146-154.

- 894 Burford, M. A., Thompson, P. J., McIntosh, R. P., Bauman, R. H., & Pearson, D. C.
895 (2003). Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds
896 in Belize. *Aquaculture*, 219(1-4), 393-411.
- 897 Burford, M. A., & Lorenzen, K. (2004). Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp
898 ponds: the role of sediment remineralization. *Aquaculture*, 229(1-4), 129-145.
- 899 Chatvijitkul, S., Boyd, C. E., Davis, D. A., & McNevin, A. A. (2017). Pollution potential
900 indicators for feed-based fish and shrimp culture. *Aquaculture*, 477, 43-49.
- 901 Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P., & Verstraete, W. (2010). The effect of
902 different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium*
903 *rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41(4), 559-567.
- 904 Cohen, J., Samocha, T.M., Fox, J.M., Lawrence, A.L., 2005. Characterization of water
905 quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei*
906 using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacult. Engin.* 32, 425–442.
- 907 Chatvijitkul, S., Boyd, C. E., Davis, D. A., & McNevin, A. A. (2017). Pollution potential
908 indicators for feed-based fish and shrimp culture. *Aquaculture*, 477, 43-49.
- 909 Chen, Y. Y., Sim, S. S., Chiew, S. L., Yeh, S. T., Liou, C. H., & Chen, J. C. (2012).
910 Dietary administration of a *Gracilaria tenuistipitata* extract produces protective immunity
911 of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in response to ammonia stress. *Aquaculture*, 370,
912 26-31.
- 913 Da Silveira, L. G. P., Krummenauer, D., Poersch, L. H., Rosas, V. T., & Wasielesky Jr,
914 W. (2020). Hyperintensive stocking densities for *Litopenaeus vannamei* grow-out in
915 biofloc technology culture system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(6), 1290-
916 1300.
- 917 Dalla Santa, K., & Vinatea, L. (2007). Evaluation of respiration rates and mechanical
918 aeration requirements in semi-intensive shrimp *Litopenaeus vannamei* culture
919 ponds. *Aquacultural engineering*, 36(1), 73-80.
- 920 Decamp, O., Conquest, L., Cody, J., Forster, I., & Tacon, A. G. (2007). Effect of shrimp
921 stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated

- 922 protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *Journal of the World*
923 *Aquaculture Society*, 38(3), 395-406.
- 924 De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., & Verstraete, W. (2008). The basics of
925 bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3-4), 125-137.
- 926 De Yta, A. G., Rouse, D. B., & Davis, D. A. (2004). Influence of nursery period on the
927 growth and survival of *Litopenaeus vannamei* under pond production conditions. *Journal*
928 *of the World Aquaculture Society*, 35(3), 357-365.
- 929 dos Santos, C. H. D. A., Lourenco, J. A., Baptista, R. B., & Igarashi, M. A. (2009).
930 Crescimento e sobrevivência do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*
931 (Boone, 1931) em diferentes salinidades. *Ciência Animal Brasileira*, 10(3), 783-789.
- 932 Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the
933 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–
934 nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346-358.
- 935 Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2018). The State of
936 World Fisheries and Aquaculture 2018 -Meeting the sustainable development goals.
937 Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- 938 Fróes, C. N., Fóes, G., Krummenauer, D., Ballester, E., Poersch, L. H., & Junior, W. W.
939 (2012). Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema
940 de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica (Rio Grande)*, 34(1),
941 31-39.
- 942 Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr, W. (2011). Effect of calcium hydroxide,
943 carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of
944 shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT)
945 systems. *Aquaculture*, 321(1-2), 130-135.
- 946 Furtado, P. S., Gaona, C. A., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2014). Application of
947 different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus vannamei* with
948 the biofloc technology (BFT). *Aquaculture international*, 22(3), 1009-1023.

- 949 Furtado, P. S., Campos, B. R., Serra, F. P., Klosterhoff, M., Romano, L. A., &
950 Wasielesky, W. (2015). Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
951 *vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture international*, 23(1), 315-327.
- 952 Gaona, C. A. P., Poersch, L. H., Krummenauer, D., Foes, G. K., & Wasielesky, W. J.
953 (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus*
954 *vannamei* in a biofloc technology culture system.
- 955 Gaona, C. A. P., da Paz Serra, F., Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr, W.
956 (2016). Effect of different total suspended solids concentrations on the growth
957 performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. *Aquacultural Engineering*, 72, 65-
958 69.
- 959 Gaona, C. A. P., da Paz Serra, F., Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2016).
960 Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus*
961 *vannamei* BFT culture system. *Aquaculture international*, 24(5), 1263-1275.
- 962 Godoy, L. C., Odebrecht, C., Ballester, E., Martins, T. G., & Wasielesky, W. (2012).
963 Effect of diatom supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei*
964 (Boone, 1931) in a heterotrophic culture system. *Aquaculture international*, 20(3), 559-
965 569.
- 966 Hargreaves, A., & Goodson, I. (2006). Educational change over time? The sustainability
967 and nonsustainability of three decades of secondary school change and
968 continuity. *Educational administration quarterly*, 42(1), 3-41.
- 969 GUERRELHAS, A., TEIXEIRA, A., & GODOY, E. (2011). Cultivo intensivo: pode ser
970 a solução para o aumento da produção da carcinicultura. *Panoramada*
971 *Aquicultura*, 21(123), 52-57.
- 972 Hargreaves, J. A. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in
973 aquaculture. *Aquacultural engineering*, 34(3), 344-363.
- 974 Haslun, J. A., Correia, E., Strychar, K., Morris, T., & Samocha, T. (2012).
975 Characterization of bioflocs in a no water exchange super-intensive system for the
976 production of food size pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *International Journal*
977 *of Aquaculture*, 2(1).

- 978 Hopkins, J. S., Stokes, A. D., Browdy, C. L., & Sandifer, P. A. (1991). The relationship
979 between feeding rate, paddlewheel aeration rate and expected dawn dissolved oxygen in
980 intensive shrimp ponds. *Aquacultural Engineering*, 10(4), 281-290.
- 981 Kroupova, H., Machova, J., & Svobodova, Z. (2005). Nitrite influence on fish: a
982 review. *Veterinarni medicina-praha-*, 50(11), 461.
- 983 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R. O., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr, W.
984 (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc
985 technology system in southern Brazil at different stocking densities. *Journal of the world*
986 *aquaculture society*, 42(5), 726-733.
- 987 Krummenauer, D., Seifert Junior, C. A., Poersch, L. H. D. S., Foes, G. K., Lara, G. R. D.,
988 & Wasielesky Junior, W. (2012). Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos:
989 análise da reutilização da água. *Atlântica*, 34(2): 103-111
- 990 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., & Wasielesky Jr, W. (2014). The
991 reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT
992 system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1), 3-14.
- 993 Krummenauer, D., Poersch, L. H., Fôes, G., Lara, G., & Wasielesky Jr, W. (2016).
994 Survival and growth of *Litopenaeus vannamei* reared in Bft System under different water
995 depths. *Aquaculture*, 465, 94-9
- 996 Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Boardman, G. D., Patnaik, S., Marsh, L., & Flick Jr, G. J.
997 (2010). Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish
998 effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
999 *vannamei*. *Aquaculture*, 303(1-4), 28-33.
- 1000 Lara, G., Furtado, P. S., Hostins, B., Poersch, L., & Wasielesky Jr, W. (2016). Addition
1001 of sodium nitrite and biofilm in a *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system. *Latin*
1002 *American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 760-768.
- 1003 Lara, G., Krummenauer, D., Abreu, P. C., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2017). The
1004 use of different aerators on *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system: effects on water
1005 quality, shrimp growth and biofloc composition. *Aquaculture International*, 25(1), 147-162.

- 1006 Lemonnier, H., Bernard, E., Boglio, E., Goarant, C., & Cochard, J. C. (2004). Influence
1007 of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal
1008 effect. *Aquaculture*, 240(1-4), 297-312.
- 1009 Lin, Y. C., & Chen, J. C. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei*
1010 (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1-4), 193-201.
- 1011 Moss, S. M., Moss, D. R., Arce, S. M., Lightner, D. V., & Lotz, J. M. (2012). The role of
1012 selective breeding and biosecurity in the prevention of disease in penaeid shrimp
1013 aquaculture. *Journal of invertebrate pathology*, 110(2), 247-250.
- 1014 Ostrensky, An, 2002. Aquicultura brasileira e sua sustentabilidade. XII Simpósio
1015 Brasileiro de Aquicultura. Anais. pp. 4-10.
- 1016 Preto, A. D. L., Cavalli, R., Pissetti, T., Abreu, P. C., & Wasielesky Júnior, W. (2005).
1017 Effect of stocking density on the biofilm and the performance of post-larvae of the pink
1018 shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages. *Ciência Rural*, 35(6), 1417-1423.
- 1019 Ray, P. S., Kerr, M., Parent, D., Abdo, A. A., Guillemot, L., Ransom, S. M., ... & Ziegler,
1020 M. (2011). Precise γ -ray Timing and Radio Observations of 17 Fermi γ -ray Pulsars. *The*
1021 *Astrophysical Journal Supplement Series*, 194(2), 17.
- 1022 Rojas, E., & Alfaro, J. (2007). In vitro manipulation of egg activation in the open
1023 thelycum shrimp *Litopenaeus*. *Aquaculture*, 264(1-4), 469-474.
- 1024 Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., ... &
1025 Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and
1026 grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 184-191.
- 1027 Samocha, T.M., Wilkenfeld, J.S., Morris, T.C., Correia, E.S., Hanson, T., 2010. Intensive
1028 raceways without water exchange analyzed for White shrimp culture. *Glob. Aquac.*
1029 *Advoc.* 13, 22–249.
- 1030 Samocha, T. M., Prangnell, D. I., Hanson, T. R., Treece, G. D., Morris, T. C., Castro, L.
1031 F., & Staresinic, N. (2017). Design and operation of super intensive, biofloc-dominated
1032 systems for indoor production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*—The
1033 Texas A&M Agrilife Research experience. *Louisiana: The World Aquaculture Society*. 398p.

- 1034 Sandifer, P. A., & Hopkins, J. S. (1996). Conceptual design of a sustainable pond-based
1035 shrimp culture system. *Aquacultural Engineering*, 15(1), 41-52.
- 1036 Schweitzer, R., Arantes, R., Costódio, P. F. S., do Espírito Santo, C. M., Arana, L. V.,
1037 Seiffert, W. Q., & Andreatta, E. R. (2013). Effect of different biofloc levels on microbial
1038 activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system
1039 operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 56, 59-70.
- 1040 Shahkar, E., Yun, H., Park, G., Jang, I. K., kyoung Kim, S., Katya, K., & Bai, S. C. (2014).
1041 Evaluation of optimum dietary protein level for juvenile whiteleg shrimp (*Litopenaeus*
1042 *vannamei*). *Journal of Crustacean Biology*, 34(5), 552-558.
- 1043 Silva, A. F., Lara, G. R., Ballester, E. C., Krumennauer, D., Abreu, P. C., & Wasielesky
1044 Jr, W. (2013). Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência
1045 de *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos
1046 (BFT). *Ciência animal brasileira*, 14, 279-287.
- 1047 Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis.
- 1048 Tacon, A. G. J., Cody, J. J., Conquest, L. D., Divakaran, S., Forster, I. P., & Decamp, O.
1049 E. (2002). Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific
1050 white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture*
1051 *nutrition*, 8(2), 121-137.
- 1052 Van Rijn, J., Tal, Y., & Schreier, H. J. (2006). Denitrification in recirculating systems:
1053 theory and applications. *Aquacultural engineering*, 34(3), 364-376.
- 1054 Van Wyk, P., & Scarpa, J. (1999). Water quality requirements and management. *Farming*
1055 *marine shrimp in recirculating freshwater systems*, 13, 128-138.
- 1056 Vinatea, L., Gálvez, A. O., Browdy, C. L., Stokes, A., Venero, J., Haveman, J., ... &
1057 Leffler, J. W. (2010). Photosynthesis, water respiration and growth performance of
1058 *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange:
1059 interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering*, 42(1), 17-24.
- 1060 UNESCO (United Nations Educational, 1030 Scientific and Cultural Organization).
1061 (1983). Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
1062 Intergovernmental Oceanographic Commission manual and guides 12.

1063

1064 Wasielesky Jr, W., Atwood, H., Stokes, A., & Browdy, C. L. (2006). Effect of natural
1065 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture
1066 system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258(1-4), 396-403.

1067 Xu, W. J., & Pan, L. Q. (2012). Effects of bioflocs on growth performance, digestive
1068 enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water
1069 exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*, 356, 147-152.

1070 ZAR, J.H. 2010. Biostatistical analysis. New York, Prentice-Hall. 944p

1071 Zhang, Z., Li, J., Zhao, X. Q., Wang, J., Wong, G. K. S., & Yu, J. (2006).
1072 KaKs_Calculator: calculating Ka and Ks through model selection and model
1073 averaging. *Genomics, proteomics & bioinformatics*, 4(4), 259-263.

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082