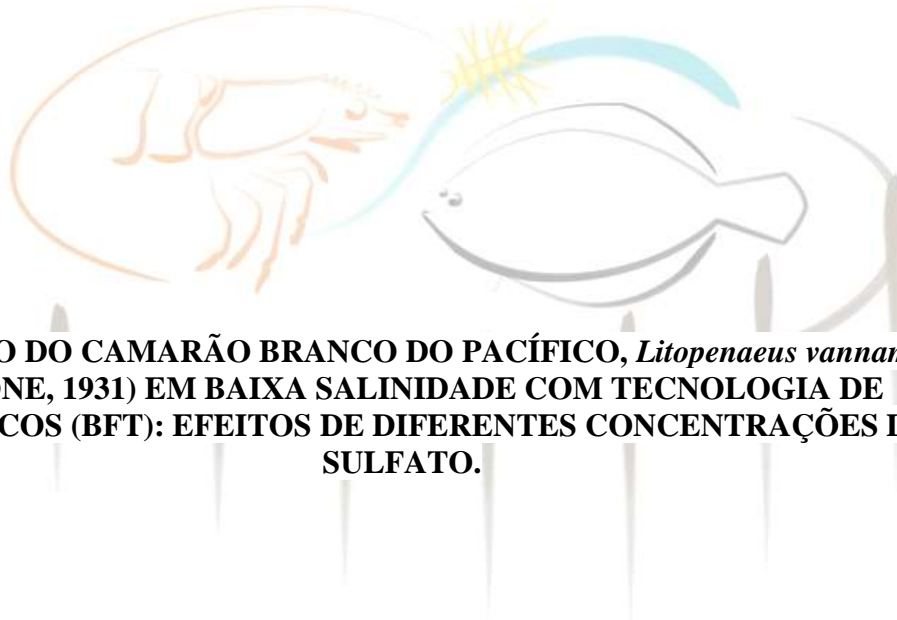




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**CULTIVO DO CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO, *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931) EM BAIXA SALINIDADE COM TECNOLOGIA DE
BIOFLOCOS (BFT): EFEITOS DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
SULFATO.**

Henrique Jun Koike Santana

RIO GRANDE- RS

2019

Universidade Federal do Rio Grande

Instituto de Oceanografia

**CULTIVO DO CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO, *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931) EM BAIXA SALINIDADE COM TECNOLOGIA DE
BIOFLOCOS (BFT): EFEITOS DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
SULFATO.**

Henrique Jun Koike Santana

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-Orientador: Dr. Plinio Schmidt Furtado

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para 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 2019

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO.....	12
2.0 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Local de realização experimental	16
3.2 Procedência e manejo dos camarões.....	16
3.3 Salinização Artificial	17
3.4 Delineamento experimental	17
3.5 Manejo de qualidade de água.....	18
3.6 Análise da composição iônica.....	20
3.7 Manejo alimentar	20
3.8 Desempenho zootécnico	20
3.9 Histologia das brânquias	21
3.10 Aspectos econômicos da salinização artificial.....	22
3.11 Estatística	22
4.0 Resultados.....	22
4.2 Parâmetros de qualidade de água.....	25
4.2.1 Fase de berçário.....	25
4.2.2 Fase de engorda.....	26
4.3 Parâmetros de desempenho zootécnico	28
4.3.1 Fase de berçário	28
4.3.2. Fase de engorda.....	29
4.4 Análise histológica.....	30
5.0 Discussão	32
5.1 Qualidade de água.....	32
5.2 Desempenho zootécnico	36
5.3 Histologia das brânquias	38
5.4 Composição iônica.....	39
5.5 Custos da salinização artificial	39
6.0 Conclusão	40

7.0 Referências bibliográficas	40
8.0 anexos.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Íons majoritários constituintes da água do mar e suas respectivas concentrações. Tabela adaptada de Boyd <i>et al.</i> , 2002.....	14
Tabela 2: concentração dos íons majoritários (mg/L) para água do mar diluída para salinidade 5. Tabela modificada de Boyd <i>et al.</i> , 2002.....	17
Tabela 3: Dados dos sais constituintes da água do mar para salinidade 35g/L proposta por Kester <i>et al.</i> (1967).....	17
Tabela 4: Análise dos íons majoritários, metodologia utilizada e código da referência. Análises utilizadas estão presentes em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater™.....	20
Tabela 5: Concentração dos íons majoritários da água de cultivo dos diferentes tratamentos, referente ao 1º dia de cultivo do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> , em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de berçário durante 35 dias de cultivo. AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½ AM5, AS 0,25 = ¼ AM5 e SA 0,12 = ⅛ AM5.	23
Tabela 6: Concentração dos íons majoritários da água de cultivo dos diferentes tratamentos, referente ao 29º dia de cultivo do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> , em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de berçário durante 35 dias de cultivo. AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½ AM5, AS 0,25 = ¼ AM5 e SA 0,12 = ⅛ AM5	23
Tabela 7: Concentração dos íons majoritários da água de cultivo dos diferentes tratamentos, referente ao 59º dia de cultivo do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> , em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de engorda. AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½ AM5, AS 0,25 = ¼ AM5 e SA 0,12 = ⅛ AM5.....	24
Tabela 8: Concentração dos íons majoritários da água de cultivo dos diferentes tratamentos, referente ao 78º dia de cultivo do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> , em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de engorda. AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½ AM5, AS 0,25 = ¼ AM5 e SA 0,12 = ⅛ AM5.....	24

Tabela 9: Parâmetros físico-químicos da água de cultivo na fase de berçário durante 35 dias de cultivo em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato e tecnologia de bioflocos. Média (\pm DP) dos tratamentos. Letras diferentes na mesma linha representa diferenças significativas ($p < 0,05$).	25
Tabela 10: Parâmetros físico-químicos da água de cultivo na fase de engorda durante 43 dias de cultivo de <i>L. vannamei</i> em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato com tecnologia de bioflocos média (\pm DP) dos tratamentos. Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ($p < 0,05$).	27
Tabela 11: Desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> , cultivado em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato em sistema BFT, após 35 dias de experimento. Média \pm desvio padrão na fase de berçário. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).	29
Tabela 12: Tabela de desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> na fase de engorda, cultivado em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato, em sistema de BFT, após 43 dias de experimento. Média \pm desvio padrão. Letras na mesma linha indicam diferenças significativa entre os tratamentos.	30
Tabela 13: Danos nas brânquias do camarão <i>L. vannamei</i> cultivado em baixa salinidade e diferentes concentrações de sulfato. Os resultados estão expressos em porcentagem (%). HIP= Hiperplasia. FL= Fusão lamelar. HEL= Brânquias saudáveis. NEC= Necrose.	31
Tabela 14: comparação de preço do quilo do sal utilizado para salinização artificial do presente estudo com sais comerciais. P.E.= presente estudo.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sólidos Suspensos Totais (SST) ao longo do experimento na fase de berçário, durante 35 dias de cultivo do camarão branco do Pacífico <i>L.vannamei</i> , cultivado em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato e tecnologia BFT. valor médio \pm desvio padrão.....	26
---	----

Figura 2: Nitrato ao longo dos experimentos na fase de berçário e engorda, seta indica o período de transição entre o fim do berçário e início da engorda, dos camarões *L. vannamei* cultivados em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato e tecnologia BFT. Valor médio \pm desvio padrão..... 28

Figura 3: Gráfico de ganho de peso ao longo do período experimental nas fases de berçário e engorda, dos camarões *L. vannamei* cultivados em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato, com tecnologia BFT. Valor médio e desvio padrão dos tratamentos, seta indica a transição entre o fim do berçário e início da engorda. ... 29

Figura 4: Imagens das brânquias do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, cultivado em baixa salinidade com tecnologia de BFT. As imagens foram tomadas com uso de uma objetiva de 40x. A = Brânquia saudável; B= Hiperplasia (seta); C= Hiperplasia + Fusão lamelar (seta); D= Necrose (seta)..... 31

DEDICATÓRIA

À Deus.

À minha mãe Marcia Regina Koike

Ao meu pai Odilon Nobre Santana Jr..

Ao meu irmão Gabriel Keiti Koike Santana.

Às minhas avós Hideko Maeda Koike e Telma Suguimoto.

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me guiar e ter me concedido a vida.

Ao Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr. “Mano” e ao Dr. Plínio Schmidt Furtado pela orientação e co-orientação, ensinamentos, atenção, paciência e contribuição para a minha formação.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Aquicultura que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A minha família por me apoiar e me dar à oportunidade de ser quem sou hoje.

Ao meu irmão que em horas difíceis esteve ao meu lado para me dar suporte.

Aos amigos que fiz durante essa caminhada e me proporcionaram momentos de descontração.

Ao Projeto Camarão que me acolheu como uma família.

Aos órgãos de fomento CAPES, CNPq, FAPERGS e FINEP pela concessão das bolsas e pelos recursos concedidos que possibilitam a execução da ciência no Brasil. Um especial agradecimento aos nossos apoiadores GUAbi, Trevisan, AllAqua, Inve e Aquatec pelo suporte e apoio irrestrito em todas as etapas deste trabalho, que são indispensáveis para a realização das nossas pesquisas.

Obrigado a todos.

1 **RESUMO**

2 O camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* é uma espécie eurihalina,
3 sendo uma opção cultivá-lo em baixa salinidade. Em lugares onde a água é escassa e/ou
4 a terra é dispendiosa o sistema de bioflocos (BFT) é uma opção de sistema de produção,
5 pois é possível reutilizar da água de cultivo. Normalmente a composição iônica da água
6 é mais importante que a salinidade. O sulfato é o terceiro íon mais abundante na água do
7 mar e possui um importante papel na osmorregulação, destoxificação e
8 consequentemente na sobrevivência e crescimento dos camarões. Este estudo teve como
9 objetivo determinar a concentração adequada de sulfato para cultivos de *L.vannamei* em
10 sistema BFT em baixa salinidade durante a fase de berçário e engorda. Para tal, foram
11 delineados seis tratamentos e quatro réplicas com diferentes concentrações de sulfato:
12 tratamento controle foi usado água do mar diluída para salinidade 5 (AM 5), nos
13 tratamentos com salinização artificial, com salinidade 5, as concentrações nominais de
14 sulfato foram 784mg/L (SA 2); 392mg/L (SA 1); 196 mg/L (SA 0,5); 98 mg/L (SA 0,25)
15 e 49 mg/L (SA 0,12). O experimento teve duração de 78 dias, sendo 35 dias na fase de
16 berçário e 43 dias na fase de engorda. Na fase de berçário e de engorda camarões foram
17 estocados nas densidades de 1500 camarões/m³ e 500 camarões/m³, respectivamente.
18 Após o término do experimento foram analisados os dados de qualidade da água,
19 desempenho zootécnico e histologia, como: Conversão alimentar aparente (CAA),
20 Ganho de peso semanal (GPS), Taxa de crescimento específico (TCE), biomassa, peso
21 médio final, produtividade/m³, sobrevivência e histologia das brânquias. Durante o
22 período experimental, a qualidade de água foi mantida dentro do ideal para o cultivo do
23 camarão *L. vannamei*, exceto os sólidos suspensos totais. Não houve diferenças
24 significativas de desempenho zootécnico entre os tratamentos (P>0,05) na fase de
25 berçário, diferentemente da fase de engorda onde a produtividade foi menor no
26 tratamento SA 0,12. Os resultados da histologia mostram que quanto menor a
27 concentração de sulfato, maior as lesões causadas nas brânquias dos camarões. Este
28 estudo mostrou que a redução em 50% na concentração de sulfato na salilização
29 artificial teve um melhor resultado quando levado em consideração o tempo, o custo, a
30 histologia, desempenho zootécnico e condições de cultivo.

31

32 Palavras chave: *L.vannamei*; baixa salinidade; sulfato, íons majoritários.

33 **ABSTRACT**

34 The Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* is an eurihaline species, being an
35 option to grow it in low salinity. In places where water is scarce and / or the land is
36 expensive the biofloc system (BFT) is a cropping system option because it is possible to
37 reuse water from the farming. In general, the ionic composition of water is more
38 important than salinity. Sulphate is the third most abundant ion in seawater and plays an
39 important role in osmoregulation, detoxification and consequently in the survival and
40 growth of shrimp. The aim of this study was to determine the adequate concentration of
41 sulfate for *L.vannamei* reared in BFT system at low salinity during the nursery and
42 growth phase. For this, six treatments and four replicates with different concentrations
43 of sulfate were defined: control treatment was used seawater diluted to salinity 5 (AM
44 5), in treatments with artificial salinization, and with salinity 5, the nominal sulfate
45 concentrations were 784mg / L (SA 2); 392 mg/L (SA1); 196 mg/L (SA 0.5); 98 mg/L
46 (SA 0.25) and 49 mg/L (SA 0.12). The experiment lasted 78 days, with 35 days in
47 nursery phase and 43 days in grow out phase. At the nursery and growth phase, shrimps
48 were stocked in densities of 1500 shrimps/m³ and 500 shrimps/m³, respectively. After
49 the end of the experiment the data of water quality, zootechnical performance and
50 histology were analyzed, such as CAA, GPS, TCE, biomass, final mean weight,
51 productivity / m³, survival and gills. During the experimental period, water quality was
52 maintained within the ideal for shrimp *L. vannamei* cultivation, except total suspended
53 solids. There were no significant differences in zootechnical performance between
54 treatments (P>0.05) in nursery phase, while in the grow out phase, the productivity was
55 lower in the treatment SA 0.12. The results of the histology show that the lower the
56 sulfate concentration, the larger the damages caused in the gills of the shrimp. This
57 study showed that the 50% reduction in the sulphate concentration in the artificial salt
58 water had a better result when considering the experimental time, cost, histology,
59 zootechnical performance and growing conditions.

60 INTRODUÇÃO

61 Com o aumento populacional, a demanda da produção de pescados também
62 aumenta, porém a captura de pescado pela pesca encontra-se estagnada desde meados
63 da década de 1980. Por outro lado, a aquicultura vem crescendo e sendo responsável por
64 suprir a demanda de pescado para consumo humano, sendo que entre os anos de 1961 e
65 2015 o consumo anual médio de pescados aumentou 3,2% (FAO 2018).

66 Dados da FAO (2018) mostram que o cultivo de camarão *L.vannamei* vem
67 crescendo em todo o mundo. No ano de 2010 foram produzidos mundialmente 2,688
68 milhões de toneladas desse crustáceo, chegando em 4,156 milhões de toneladas no ano
69 de 2016. Este dado representou 53% da produção mundial de crustáceos, sendo *L.*
70 *vannamei* o mais cultivado no mundo. A aquicultura em regiões interiores também está
71 crescendo, no ano de 2011 a produção mundial total nessas áreas foi de 38,6 milhões de
72 toneladas. Já no ano de 2016 o setor de aquicultura em regiões interiores produziu 51,4
73 milhões de toneladas, sendo 3,033 milhões de toneladas vindas de cultivo de crustáceos,
74 incluindo o *L. vannamei* cultivado com água de baixa salinidade.

75 Tradicionalmente, o cultivo de camarões marinhos ocorre em áreas próximas à costa
76 com águas provindas do oceano ou estuário com uso de tanques escavados e sistema de
77 cultivo extensivo ou semi-intensivo, com baixa densidade de estocagem e demasiada
78 troca de água. Devido a falta de tratamento de água, faz com que se tenha problemas
79 relacionados à qualidade de água e conseqüentemente ao aparecimento de doenças
80 (Natori *et al.*, 2011; Samocha *et al.*, 2017).

81 O sistema de bioflocos (BFT) é uma tecnologia desenvolvida para melhorar o
82 controle ambiental sobre a produção de organismos aquáticos, com pouca ou nenhuma
83 renovação de água. Este sistema caracteriza-se por ter agregados de microrganismos que
84 ajudam a manter a qualidade de água do cultivo, removendo compostos nitrogenados do
85 meio através da absorção pelos microrganismos do sistema, servem como suplemento
86 alimentar aos camarões diminuindo o gasto com ração e melhorando o fator de
87 conversão alimentar aparente (Hargreaves, 2013; Wasielesky *et al.*, 2006). Em lugares
88 onde a água é escassa e/ou a terra é dispendiosa, a tecnologia BFT possibilita a
89 intensificação do cultivo para uma produção mais rentável, com menor lançamento de

90 efluente e reutilização da água de cultivo (Hargreaves, 2013; Krummenauer *et al.*,
91 2014; Wasielesky *et al.*, 2006).

92 O camarão *L. vannamei* se distribui desde o norte do México até o sul do Peru
93 (FAO, 2018). O mesmo é amplamente utilizado no setor de Carcinicultura devido a suas
94 características de adaptabilidade, rusticidade e crescimento rápido, além de ser uma
95 espécie que tolera altas densidades de estocagem e consumo do alimento natural
96 presente no tanque de cultivo (Samocha *et al.*, 2017). É uma espécie eurihalina,
97 tolerando uma faixa de 0,5 (Roy *et al.*, 2010) até 60 de salinidade (Chong-Robles *et al.*,
98 2014), sendo uma opção para o cultivo em baixas salinidades (Sowers *et al.*, 2006a).

99 Estudo realizado por Araneda *et al.* (2008) mostra o potencial do cultivo de
100 camarão em áreas interiores com baixa salinidade, tendo concentrações de dureza,
101 alcalinidade e sulfato adequadas. Já Liu *et al.* (2016) realizaram estudo manipulando
102 adição de sódio e potássio na ração e na água de cultivo em baixa salinidade, mostrando
103 que houve melhora no crescimento dos camarões.

104 Cultivos em baixa salinidade em regiões interiores já estão sendo praticados na
105 Tailândia, EUA e expandindo em países como o Brasil (Boyd & Thunjai, 2003; Davis
106 *et al.*, 2004; Nunes, 2001; Roy *et al.*, 2010). O custo elevado de propriedades próximas
107 à costa e o aparecimento de doenças gera uma migração de fazendas aquícolas para o
108 interior do continente, e para obter condições adequadas para a criação de camarões se
109 utiliza água salobra de poços ou se realiza processo de salinização artificial, criando
110 uma água com o mínimo necessário de cada íon para o desenvolvimento dos camarões
111 (Joseph, 2007).

112 A salinidade se refere ao somatório das concentrações dos sais dissolvidos na água,
113 sendo encontrados em maiores concentrações os íons majoritários (Tabela 1).

114 **Tabela 1: Íons majoritários constituintes da água do mar e suas respectivas**
115 **concentrações. Tabela adaptada de Boyd *et al.*, 2002**

íon	mg/L
Cloreto (Cl ⁻)	18.998
Sódio (Na ⁺)	10.598
sulfato (SO ₄ ²⁻)	2.700
magnésio (Mg ²⁺)	1.300
cálcio (Ca ²⁺)	399
potássio (K ⁺)	385

116 Existem relações entre íons na água do mar, como por exemplo, a relação
117 sódio/potássio (28/1) (Antony & Vungurala, 2015) e cálcio, magnésio e potássio
118 (1:3:0,9) respectivamente (Lara-espinoza *et al.* 2015). Grandes alterações nas relações
119 entre esses íons na água podem afetar o desempenho zootécnico dos camarões (Antony
120 & Vungurala, 2015; Pan *et al.* 2007; Sowers *et al.*, 2006 b). Davis *et al.*, (2005) e Roy *et*
121 *al.*, (2007 a) relatam que a correção de potássio e o magnésio tem efeito positivo na
122 sobrevivência e crescimento do *L.vannamei*. A composição iônica da água é mais
123 importante que a salinidade, mostrando que além de pH, alcalinidade e dureza, íons de
124 sódio, cloreto, potássio, e sulfato também influenciam na sobrevivência e crescimento
125 dos camarões (Saoud *et al.*, 2003). Grandes alterações nas concentrações destes íons
126 geram prejuízos no desempenho zootécnico e podem até causar mortalidade dos
127 camarões (Schmidt- Nielsen, 2002; Wudtisin & Boyd 2011).

128 O enxofre pode ser encontrado em diferentes estados de valência em seu ciclo,
129 podendo variar entre +6 e -2 dependendo do ambiente onde se encontra. A forma mais
130 abundante de enxofre encontrada na natureza é a de sulfato. As bactérias possuem papel
131 importante no ciclo do enxofre, oxidando ou reduzindo seus compostos (Kellogg *et al.*,
132 1972). Além disso, o enxofre está presente em aminoácidos essenciais e não essenciais
133 como cisteína e metionina, respectivamente, e antioxidantes como a glutathiona e
134 coenzimas como a Acetil-Coa (Lehninger *et al.*, 2005).

135 O sulfato é o terceiro íon mais abundante na água do mar, é um íon essencial
136 formado por um átomo de enxofre e quatro de oxigênio, com carga 2⁻. Nos crustáceos,
137 as células epiteliais das brânquias, intestino, glândula antenal e tegumento controlam o
138 movimento dos cátions e ânions entre a hemolinfa e o meio, podendo estar envolvidos
139 com atividades biológicas como íono e osmorregulação, processo de muda e

140 destoxificação (se ligado ao metal pesado, ficando menos solúvel) (Ahearn *et al.*,
141 1999; Ahearn *et al.* 2004). O sulfato está relacionado com osmorregulação,
142 destoxificação de metais pesados, neutralidade elétrica e conseqüentemente a
143 sobrevivência (Ahearn *et al.*, 1999; Ahearn *et al.* 2004). Íons divalentes (por exemplo,
144 sulfato) são osmorregulados principalmente pela glândula antenal (Lin *et al.*, 2000; Roy
145 *et al.* 2010). Nos crustáceos, o sulfato tende a ser excretado da hemolinfa para o lúmen
146 do hepatopâncreas por transportadores ‘antiport’ (é o transporte de duas substâncias em
147 sentidos contrários mediado por um carreador), sendo quase indetectável na hemolinfa.
148 Ele é transportado pelas células via transportadores antiport, onde a célula absorve os
149 íons de sulfato da hemolinfa e excreta o íon oxalato, posteriormente excretando o
150 sulfato para o lúmen e capturando íon de cloreto, tendendo a manter a concentração
151 interna de sulfato menor que a encontrada na água (Dall & Smith, 1981; Geresncer ,
152 2001).

153 Nos oceanos, compostos como dióxido de enxofre (SO₂) e gás sulfídrico (H₂S) são
154 oxidados até sulfato (SO₄²⁻) através da atividade bacteriana em um meio
155 predominantemente aeróbico. No solo, bactérias anaeróbicas em ambientes naturais
156 reduzem o sulfato, formando gás sulfídrico em zonas onde predominam a anaerobiose
157 (mangues e no fundo dos lagos) (Kellogg *et al.*, 1972). Estes compostos a base de
158 enxofre, podem ser tóxicos em baixas concentrações para os organismos cultivados
159 como camarões e peixes, sendo sua toxicidade mais pronunciada quando nos estágios
160 iniciais de vida e menor em animais adultos (Kang, 1997). Li *et al.* (2017) mostram que
161 a exposição crônica do *L.vannamei* ao H₂S afetou negativamente o desempenho dos
162 camarões, prejudicando funções metabólicas, afetando a saúde e a sobrevivência dos
163 camarões quando expostos por longos períodos (Li *et al.*, 2017). Pillard *et al.*, (2002)
164 realizaram um estudo de toxicidade dos íons majoritários para o misidáceo
165 *Americamysis bahia*, os resultados encontrados mostram que o sulfato não tem uma
166 toxicidade pronunciada sobre o crustáceo.

167 Com isso, o presente estudo tem como objetivo de avaliar o desempenho zootécnico
168 do camarão branco do Pacífico, *L.vannamei*, cultivado em baixa salinidade com
169 tecnologia de bioflocos, visando investigar os efeitos de diferentes concentrações de
170 sulfato na água de cultivo, custo-benefício do sulfato na salinização artificial e avaliar
171 os danos histológicos nas brânquias dos camarões.

172 **2.0 OBJETIVOS**

173 **2.1 Objetivo Geral**

- 174 • Avaliar os efeitos do sulfato no desempenho zootécnico do *L.vannamei* em
175 baixa salinidade.

176 **2.2 Objetivos Específicos**

- 177 • Verificar o efeito de diferentes concentrações de sulfato na qualidade da
178 água do cultivo de *L. vannamei*;
- 179 • Identificar a concentração mínima de sulfato para o cultivo;
- 180 • Analisar o desempenho zootécnico do *L. vannamei* cultivado em salinização
181 artificial com alterações nas quantidades de sulfato;
- 182 • Avaliar os efeitos das diferentes concentrações de sulfato nas brânquias dos
183 camarões cultivados em baixa salinidade
- 184 • Identificar o custo benefício do sulfato na salinização artificial da água de
185 cultivo.

186 **3.0 MATERIAL E MÉTODOS**

187 **3.1 Local de realização experimental**

188 O experimento foi realizado no Laboratório de Carcinocultura da Estação
189 Marinha de Aquacultura (EMA) do Instituto de Oceanografia (IO) da Universidade
190 Federal do Rio Grande – FURG, localizado no balneário Cassino, cidade do Rio Grande
191 - RS, Brasil (32° 19' S, 52° 15' W).

192 **3.2 Procedência e manejo dos camarões**

193 Os náuplios de *L. vannamei* foram adquiridos do laboratório comercial Aquatec
194 localizado no município de Canguaretama – Rio Grande do Norte. Já nas dependências
195 do laboratório (EMA) foi realizada a larvicultura até que os camarões atingissem o
196 estágio de pos larva (PL) 15, após esse período estes foram submetidos a um processo
197 de aclimatação para baixa salinidade utilizando água doce da rede pública de
198 abastecimento previamente declorada, reduzindo gradualmente a salinidade de 30 para
199 5, seguindo a metodologia de Moreno-Arias *et al.* (2017), onde as concentrações
200 nominais dos íons da água do mar diluída para essa salinidade estão presentes na tabela
201 2.

202 **Tabela 2: concentração dos íons majoritários (mg/L) para água do mar diluída**
203 **para salinidade 5. Tabela modificada de Boyd *et al.*, 2002.**

íon	mg/L
cloreto (Cl ⁻)	2.755
sódio (Na ⁺)	1.522
sulfato (SO ₄ ²⁻)	392
magnésio (Mg ²⁺)	196
cálcio (Ca ²⁺)	58
potássio (K ⁺)	54

204 As pós-larvas foram mantidas no tanque de aclimatação até atingirem o estágio
205 de PL 25, sendo posteriormente transferidas para as unidades experimentais.

206 **3.3 Salinização Artificial**

207 A metodologia para composição do meio salino utilizada neste experimento foi
208 baseada na tabela proposta por Kester *et al.* (1967), com os constituintes artificiais da
209 água do mar (Tabela 3).

210 **Tabela 3: Dados dos sais constituintes da água do mar para salinidade 35g/L**
211 **proposta por Kester *et al.* (1967)**

Sal	g/L
NaCl	23,939
MgCl ₂	5,079
Na ₂ SO ₄	3,994
CaCl ₂	1,123
KCl	0,667
KBr	0,098
H ₃ BO ₃	0,027
SrCl ₂	0,024
NaF	0,003
NaHCO ₃	0,196

212 **3.4 Delineamento experimental**

213 Foi realizado um experimento em duas fases de cultivo. A primeira ocorreu na
214 fase de berçário com duração de 35 dias e o segundo na fase de engorda com duração de
215 43 dias de cultivo. Ambas as fases foram formadas por seis tratamentos e quatro

216 repetições cada (6x4), distribuídos aleatoriamente onde o sulfato foi manipulado,
217 totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram formados por um controle
218 e cinco tratamentos com salinização artificial:

- 219 • AM5 – Tratamento controle com água do mar diluída para salinidade 5 e
220 concentração nominal de sulfato de 392mg/L.
- 221 • SA2 – Salinização artificial com salinidade aproximada de 5 e
222 concentração nominal de sulfato de 784mg/L.
- 223 • SA1 – Salinização artificial com salinidade aproximada de 5 e
224 concentração nominal de sulfato de 392mg/L .
- 225 • SA0,5 – Salinização artificial com salinidade aproximada de 5 e
226 concentração nominal de sulfato de 196mg/L.
- 227 • SA0,25 – Salinização artificial com salinidade aproximada de 5 e
228 concentração nominal de sulfato de 98mg/L.
- 229 • SA0,12 – Salinização artificial com salinidade aproximada de 5 e
230 concentração nominal de sulfato de 49mg/L.

231 As concentrações experimentais de sulfato foram determinadas
232 proporcionalmente tomando como base a concentração nominal desse íon na água do
233 mar natural diluída para a salinidade 5, onde a concentração mais alta foi o dobro (SA2)
234 da encontrada no controle (AM5) e decrescendo pela metade na concentração de sulfato
235 nos demais tratamentos. Para manipular as diferentes concentrações de sulfato entre os
236 tratamentos foi utilizado Sulfato de Sódio (Na_2SO_4) para análise (P.A.).

237 Na fase de berçário os camarões foram estocados na densidade de 1500 PLs/m³
238 (60 pós larvas por unidade experimental), em 24 caixas retangulares com 40L de
239 volume útil, onde foram mantidos por 35 dias. Para iniciar a segunda fase (engorda) foi
240 feito um desbaste no número de indivíduos da fase de berçário, a fim de manter a
241 densidade dos camarões em 500 cam/m³ (20 juvenis por caixa) seguindo o mesmo
242 arranjo experimental (6x4) e a mesma água utilizada na primeira etapa. O experimento
243 teve duração de 43 dias.

244 **3.5 Manejo de qualidade de água**

245 Para manutenção da qualidade de água foi utilizado um inóculo de bioflocos
246 previamente aclimatados para a salinidade 5, para tal, foram filtrados 20L de água de

247 um cultivo maduro com uso de malha de 25 μ m. Quando os valores de nitrogênio em
248 forma de amônia total (NAT) atingiram valores de 0,5 mg/L foram realizadas
249 fertilizações orgânicas, com uso de melão de cana de açúcar de acordo com
250 Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006).

251 A temperatura da água foi controlada por aquecedores com termostato (Aquarium
252 Heater H-606), mantendo temperatura dentro da faixa ideal para cultivo de *L.vannamei*.
253 Para manter a temperatura do ar foi utilizado ar-condicionado programado para 30 °C,
254 durante a fase de berçário. A aeração das unidades experimentais foi derivada da rede
255 interna de aeração da EMA fornecida por um compressor radial de 7,5 CV (blower) e
256 distribuída por mangueiras com duas pedras porosas alocadas em cada caixa. A
257 salinidade foi mantida próximo a 5 e quando necessário, foi adicionada água doce
258 declorada para reposição da água perdida por evaporação. Para auxiliar a manutenção
259 da qualidade da água e da sanidade dos camarões, foram realizadas aplicações de
260 probiótico comercial para água (INVE®, Pró-W), o mesmo era aplicado diretamente na
261 água (1,0 mg/L) uma vez por semana. Foram colocados seis substratos artificiais tipo
262 bioballs em cada caixa, a fim de se incrementar a área para fixação das bactérias
263 nitrificantes.

264 Os parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram monitorados duas
265 vezes ao dia (08:00 e 17:00h) utilizando oxímetro (YSI, Pro 20) e pHmetro (Mettler
266 Toledo, Five Easy FE20). A cada três dias foi analisada a salinidade utilizando multi-
267 parâmetro (Hatch, HQ40D) e alcalinidade pelo método titulométrico seguindo a
268 metodologia descrita por Rice *et al.* (2012). Quando a alcalinidade atingia valores
269 inferiores a 125 mg/L foram realizadas correções com NaHCO₃ segundo metodologia
270 proposta por Furtado *et al.* (2011).

271 As concentrações de NAT e nitrito (N-NO₂⁻) foram monitorados uma vez ao dia
272 conforme indicado pela UNESCO (1983) e Strickland & Parsons (1972),
273 respectivamente. Uma vez por semana foram avaliadas as concentrações de nitrato (N-
274 NO₃⁻), ortofosfato (P-PO₄⁻³) utilizando a metodologia de Aminot & Chaussepied (1983)
275 e sólidos suspensos totais (SST) (AOAC 1999). Quando os sólidos suspensos totais
276 (SST) atingiam valores de 500 mg/L ou mais, eram removidos por meio de filtros tipo
277 “bag” com malha de 25 μ m, a fim de manter a concentração de SST em 300 mg/L.

278 3.6 Análise da composição iônica

279 Durante o experimento foram coletadas amostras de água de cada unidade
280 experimental para posterior análise dos íons majoritários no laboratório de impactos da
281 EMA. As análises foram descritas em Standard Methods for the Examination of Water
282 and Wastewater (Tabela 4) (Rice *et al.* 2012).

283 **Tabela 4: Análise dos íons majoritários, metodologia utilizada e código da**
284 **referência. Análises utilizadas estão presentes em Standard Methods for the**
285 **Examination of Water and Wastewater™.**

Análises Íons majoritários		
Métodos de análise		
Íons	Método / Equipamento	Metodologia
Cl ⁻	Titulação EDTA	3500-Cl B.
Na ⁺	Fotômetro de chama	3500-Na B.
SO ₄ ²⁻	Turbidimetria	4500-SO ₄ ²⁻ E.
Mg ²⁺	Dureza/ Titulação	2340-C.
Ca ²⁺	Dureza/ Titulação	2340-C.
K ⁺	Fotômetro de chama	3500-K B.
HCO ₃ ⁻	Alcalinidade/ Titulação	2320-B.

286 3.7 Manejo alimentar

287 A alimentação foi ofertada em dois tratos diários (08:30 e 17:30 h), com uso de
288 ração comercial Guabi 40PL e 40J (40% proteína bruta) para fase de berçário e
289 Potimar/38 Active 1,6mm (38% de proteína bruta) (Guabi) na fase de engorda. Os
290 animais foram alimentados manualmente, onde parte da ração foi distribuída na água de
291 cultivo e uma pequena parcela colocada em bandejas de alimentação para monitorar o
292 consumo da ração. A taxa de arraçoamento utilizada foi calculada de acordo com a
293 tabela descrita por Jory *et al.* (2001).

294 3.8 Desempenho zootécnico

295 Uma biometria inicial foi realizada para estimar o peso médio dos camarões
296 estocados nas unidades experimentais, onde na fase de berçário foram estocados PLs
297 com peso médio de 0,046 g. Já na fase de engorda foram estocados camarões com peso

298 médio de aproximadamente 1,0 g. Durante o experimento, foram realizadas biometrias
299 semanais utilizando uma balança digital de precisão de 0,01 g (Marte, AD 2000), para
300 ajuste da quantidade de ração e acompanhamento do crescimento. A análise de
301 desempenho zootécnico foi realizada através dos seguintes parâmetros:

- 302 • Taxa de crescimento específico – TCE (%/dia) = $((\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{ dias de cultivo}) * 100$.
- 303
- 304 • Ganho de peso semanal – GPS (g/semana) = $(\text{Peso final} - \text{ peso inicial}) /$
305 $\text{ n}^\circ \text{ de semanas}$.
- 306 • Ganho de peso final – GPF (g) = $\text{Peso final} - \text{ peso inicial}$.
- 307 • Biomassa final – BF (g): $\Sigma \text{ peso final de todos os animais vivos}$.
- 308 • Sobrevivência – S (%) = $\text{ n}^\circ \text{ final de animais} / \text{ n}^\circ \text{ inicial de animais} * 100$.
- 309 • Peso médio final – PMF (g): $\Sigma \text{ peso final dos animais vivos (g)} / \text{ n}^\circ \text{ total}$
310 de animais .
- 311 • Produtividade (kg/m^{-3}): $[(\text{biomassa final (kg)} - \text{ biomassa inicial (kg)}) *$
312 $1000] / \text{ volume útil do tanque (L)}$.
- 313 • Taxa de conversão alimentar aparente – CAA = $\text{ Ração fornecida} /$
314 $(\text{biomassa final} - \text{ biomassa inicial})$

315 Na biometria final, todos os camarões de cada repetição foram contados e
316 pesados individualmente para se obter a média e o desvio padrão.

317 **3.9 Histologia das brânquias**

318 Para a histologia, foram realizadas coletas ao final de cada etapa experimental
319 seguindo a metodologia descrita por Bell e Lightner (1988). Três camarões de cada
320 tanque de cultivo foram coletados, totalizando 12 camarões por tratamento. Os
321 camarões foram eutanasiados por choque térmico, com uso de gelo e água. Após a
322 eutanásia dos mesmos, foi injetada no hepatopâncreas e músculo dos camarões uma
323 solução de Davidson até a mudança na coloração nos tecidos do animal. Após a
324 aplicação, os camarões foram armazenados por 24h na solução de Davidson. Passado
325 esse período os camarões foram transferidos para outro recipiente contendo álcool 70%
326 para então serem levados a um processador e amostras para diafanização. Para
327 processamento do material, os camarões foram emblocados em paraplast com auxílio de
328 uma placa quente (58 °C), uma placa fria e formas metálicas. Após emblocado todo
329 material coletado, foram realizados os cortes histológicos com uso do micrótomo

330 (Leica, RM2245). Para cada camarão foram realizados três secções para processar os
331 resultados. Os cortes em 0,5µm foram corados com hematoxilina e eosina. Para análise
332 das lâminas histológicas foi utilizado um microscópio óptico (Nikon, Eclipse E200)
333 com aumentos de 400x e fotografias foram tomadas quando observado alterações no
334 tecido branquial (Frías-Espericueta, 2008; Kuhn *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2012).

335 **3.10 Aspectos econômicos da salinização artificial.**

336 Durante a formulação da salinização artificial para o experimento, foi observado
337 que o preço do quilograma do sal utilizado oscilou devido às diferentes concentrações
338 de sulfato de sódio na formulação, devido a isso, foi realizada uma tabela de preços,
339 comparando os preços das formulações utilizadas no presente estudo com sais
340 comerciais (Anexo 1).

341 **3.11 Estatística**

342 Para análise estatística, os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-
343 Smirnov e Levene, para teste de normalidade e homoscedasticidade, respectivamente.
344 Após verificação dessas premissas, foram submetidos à análise de variância de uma via
345 (ANOVA de uma via). Quando as premissas de normalidade e/ou homoscedasticidade
346 não foram atendidas, foram realizadas transformações matemáticas. Se os dados não
347 atendessem as premissas da ANOVA, mesmo após as transformações, estes foram
348 submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal Wallis. Quando apresentado diferença
349 significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), foram submetidos ao teste post-hoc de
350 Tukey ($P < 0,05$) (Sokal & Rohlf, 1969). Os valores de sobrevivência (%) foram
351 transformados para arco-seno da raiz quadrada antes de realizar a análise estatística
352 (Zar, 1996).

353 **4.0 Resultados**

354 **4.1 Análise da composição iônica**

355 Durante o período experimental, foram realizadas coletas de amostras de água
356 das unidades experimentais, a fim de aferir a concentração inicial dos íons majoritários
357 e as alterações dos mesmos ao longo do tempo. As coletas de água foram realizadas nos
358 1º, 29º, 59º e 78º dias (Tabelas 5, 6, 7 e 8) e os valores estão em mg/L.

359 **Tabela 5: Concentração dos íons majoritários (mg/L) da água de cultivo dos**
 360 **diferentes tratamentos, referente ao 1º dia de cultivo do camarão branco do**
 361 **Pacífico *L.vannamei*, em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de berçário**
 362 **durante 35 dias de cultivo. AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½**
 363 **AM5, SA 0,25 = ¼ AM5 e SA 0,12 = ⅛ AM5.**

Íons	AM5	SA2	SA1	SA0,5	SA0,25	SA0,12
Cl ⁻	3.449	3.244	3.335	2.473	3.176	3.063
Na ⁺	2.333	2.502	2.333	1.874	2.116	2.043
SO ₄ ²⁻	330	614	266	174	108	84
Mg ²⁺	235	217	207	150	189	179
Ca ²⁺	80	80	80	63	80	63
K ⁺	131	105	144	118	148	127
HCO ₃ ⁻	25	102	97	77	97	102
Na: K	18	24	16	16	14	16
Ca:Mg:K	1 : 2,9 : 1,6	1 : 2,7 : 1,3	1 : 2,6 : 1,7	1 : 2,4 : 1,8	1 : 2,4 : 1,8	1 : 2,8 : 2,0

364

365 **Tabela 6: Concentração dos íons majoritários (mg/L) da água de cultivo dos**
 366 **diferentes tratamentos, referente ao 29º dia de cultivo do camarão branco do**
 367 **Pacífico *L.vannamei*, em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de berçário**
 368 **durante 35 dias de cultivo. AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½**
 369 **AM5, SA 0,25 = ¼ AM5 e SA 0,12 = ⅛ AM5.**

Íons	AM5	SA2	SA1	SA0,5	SA0,25	SA0,12
Cl ⁻	1.917 ± 645	2.269 ± 465	2.076 ± 241	2.036 ± 221	2.263 ± 392	2915 ± 721
Na ⁺	1.603 ± 382	2.059 ± 241	1.747 ± 86	1.650 ± 99	1.644 ± 367	2013 ± 311
SO ₄ ²⁻	257 ± 164	724 ± 12	119 ± 53	109 ± 100	57 ± 31	28 ± 3
Mg ²⁺	124 ± 34	131 ± 29	95 ± 11	116 ± 10	160 ± 30	138 ± 8
Ca ²⁺	55 ± 12	58 ± 5	39 ± 13	56 ± 13	67 ± 12	67 ± 4
K ⁺	73 ± 12	105 ± 52	87 ± 15	83 ± 23	85 ± 35	116 ± 19
HCO ₃ ⁻	77 ± 17	81 ± 10	76 ± 4	69 ± 9	91 ± 16	86 ± 12
Na:K	22	20	20	20	19	17
Ca:Mg:K	1 : 2,3 : 1,3	1 : 2,2 : 1,7	1 : 2,4 : 2,2	1 : 2,0 : 1,4	1 : 2,4 : 1,2	1 : 2,1 : 1,7

370 **Tabela 7: Concentração dos íons majoritários (mg/L) da água de cultivo dos**
 371 **diferentes tratamentos, referente ao 59º dia de cultivo do camarão branco do**
 372 **Pacífico *L.vannamei*, em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de engorda.**
 373 **AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½ AM5, AS 0,25 = ¼ AM5 e**
 374 **SA 0,12 = ⅛ AM5.**

Íons	AM5	SA2	SA1	SA0,5	SA0,25	SA0,12
Cl ⁻	2.141 ± 603	2.483 ± 777	1.506 ± 549	2.612 ± 1579	2.797 ± 540	2.097 ± 290
Na ⁺	2.435 ± 427	2.687 ± 50	2.562 ± 107	2.508 ± 484	2.797 ± 280	2.242 ± 267
SO ₄ ²⁻	234 ± 103	691 ± 4	95 ± 41	61 ± 30	70 ± 39	68 ± 18
Mg ²⁺	130 ± 21	123 ± 28	84 ± 30	148 ± 69	121 ± 18	132 ± 8
Ca ²⁺	71 ± 12	85 ± 14	52 ± 20	86 ± 27	78 ± 13	70 ± 14
K ⁺	160 ± 54	193 ± 2	186 ± 21	201 ± 68	162 ± 40	172 ± 34
HCO ₃ ⁻	106 ± 8	122 ± 19	104 ± 15	104 ± 19	107 ± 12	110 ± 16
Na:K	15	14	14	12	17	13
Ca:Mg:K	1 : 1,8 : 2,2	1 : 1,4 : 2,2	1 : 1,6 : 3,5	1 : 1,7 : 2,3	1 : 1,5 : 2,0	1 : 1,8 : 2,4

375

376 **Tabela 8: Concentração dos íons majoritários (mg/L) da água de cultivo dos**
 377 **diferentes tratamentos, referente ao 78º dia de cultivo do camarão branco do**
 378 **Pacífico *L.vannamei*, em baixa salinidade com tecnologia BFT – Fase de engorda.**
 379 **AM5 = controle, SA2 = 2x AM5, SA1 = AM5, SA0,5 = ½ AM5, AS 0,25 = ¼ AM5 e**
 380 **SA 0,12 = ⅛ AM5**

ÍONS	AM5	SA2	SA1	SA0,5	SA0,25	SA0,12
Cl ⁻	3.136 ± 789	2.972 ± 965	3.199 ± 1.203	2.836 ± 1.016	3.011 ± 214	2.597 ± 1.032
Na ⁺	2.236 ± 448	2.446 ± 393	2.260 ± 393	2.158 ± 536	1.687 ± 175	1.632 ± 354
SO ₄ ²⁻	243 ± 132	384 ± 310	204 ± 80	162 ± 38	85 ± 21	95 ± 54
Mg ²⁺	131 ± 41	136 ± 45	94 ± 50	128 ± 44	113 ± 17	116 ± 37
Ca ²⁺	59 ± 12	63 ± 9	50 ± 29	63 ± 18	60 ± 5	66 ± 15
K ⁺	117 ± 44	130 ± 52	134 ± 64	138 ± 58	81 ± 19	85 ± 39
HCO ₃ ⁻	75 ± 27	96 ± 24	94 ± 27	83 ± 29	76 ± 2	66 ± 15
Na:K	19	19	17	16	21	19
Ca:Mg:K	1 : 2,3 : 1,9	1 : 2,1 : 2,0	1 : 1,9 : 2,7	1 : 2,0 : 2,1	1 : 1,9 : 0,5	1 : 1,7 : 1,28

381

382 4.2 Parâmetros de qualidade de água

383 Durante o período experimental foram monitorados os parâmetros físicos e
384 químicos da água de cultivo durante 78 dias, sendo 35 dias na fase de berçário e 43 dias
385 na fase de engorda.

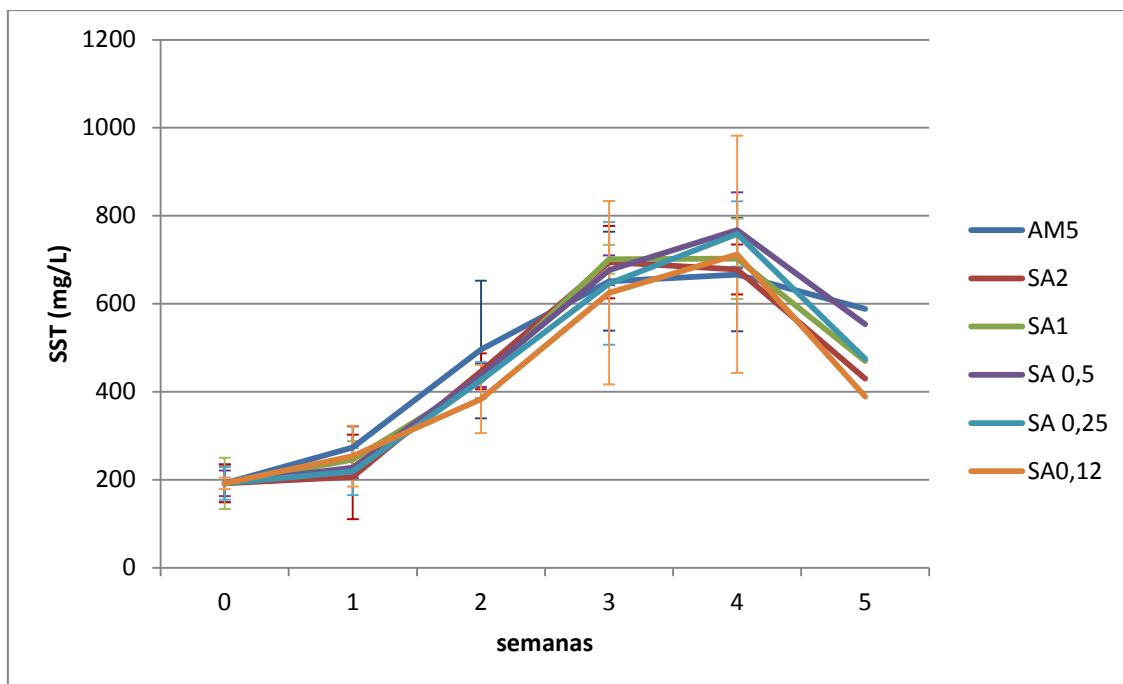
386 4.2.1 Fase de berçário

387 Os dados dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água estão
388 apresentados na Tabela 9. Não foram identificadas diferença significativa no pH, O.D.
389 NAT, nitrito, nitrato e SST ($p > 0,05$). Os valores médios para temperatura foram
390 significativamente maiores ($p < 0,05$) no grupo controle (AM5). Os dados de salinidade
391 foram significativamente maiores ($p < 0,05$) no tratamento SA2 e o ortofosfato foi
392 significativamente maior ($p < 0,05$) no tratamento SA 0,12 quando comparado aos
393 demais.

394 **Tabela 9: Parâmetros físico-químicos da água de cultivo do *L.vannamei* na fase de berçário**
395 **durante 35 dias de cultivo em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato e tecnologia**
396 **de bioflocos. Média (\pm DP) dos tratamentos. Letras diferentes na mesma linha representa**
397 **diferenças significativas ($p < 0,05$).**

Berçário	AM5	SA1	SA2	SA0,5	SA0,25	SA0,12
Temperatura (°C)	29,06 \pm 1,11 ^a	28,49 \pm 0,84 ^b	28,68 \pm 1,02 ^b	28,76 \pm 0,94 ^b	28,68 \pm 0,58 ^b	29,04 \pm 1,29 ^a
O.D. (mg/L)	7,21 \pm 0,32	7,29 \pm 0,30	7,27 \pm 0,30	7,26 \pm 0,29	7,24 \pm 0,24	7,25 \pm 0,30
pH	8,08 \pm 0,19	8,05 \pm 0,20	8,06 \pm 0,18	8,06 \pm 0,19	8,02 \pm 0,19	8,04 \pm 0,22
NAT (mg/L)	0,09 \pm 0,07	0,10 \pm 0,07	0,09 \pm 0,06	0,10 \pm 0,06	0,10 \pm 0,07	0,11 \pm 0,09
Nitrito (mg/L)	0,19 \pm 0,10	0,15 \pm 0,10	0,14 \pm 0,10	0,18 \pm 0,10	0,21 \pm 0,10	0,23 \pm 0,18
Nitrato (mg/L)	40,19 \pm 28,69	36,62 \pm 27,40	42,48 \pm 33,27	41,59 \pm 31,34	39,91 \pm 27,61	42,34 \pm 31,95
Ortofosfato (mg/L)	0,67 \pm 0,67 ^a	0,61 \pm 0,66 ^a	0,77 \pm 0,79 ^a	0,93 \pm 0,77 ^a	0,72 \pm 0,53 ^a	1,00 \pm 0,49 ^b
SST (mg/L)	478,04 \pm 200,78	441,44 \pm 218,13	456,16 \pm 217,14	475,75 \pm 234,52	452,83 \pm 225,84	426,04 \pm 204,56
Salinidade (g/L)	5,34 \pm 0,18 ^b	5,61 \pm 0,21 ^c	5,75 \pm 0,20 ^c	5,34 \pm 0,30 ^{ab}	5,29 \pm 0,22 ^{ab}	5,19 \pm 0,17 ^a

398 Os valores de SST ao longo da Fase 1 de berçário podem ser visualizados na
399 Figura 1. Nota-se que as concentrações de SST exibem um padrão de acréscimo até a
400 quarta semana em todos os tratamentos. Após esse período as concentrações de SST
401 decrescem, se mantendo entre 400~600 mg/L.



402

403 **Figura 1: Sólidos Suspensos Totais (SST) ao longo do experimento na fase de**
 404 **berçário, durante 35 dias de cultivo do camarão branco do Pacífico *L.vannamei*,**
 405 **cultivado em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato e tecnologia**
 406 **BFT. Valor médio \pm desvio padrão.**

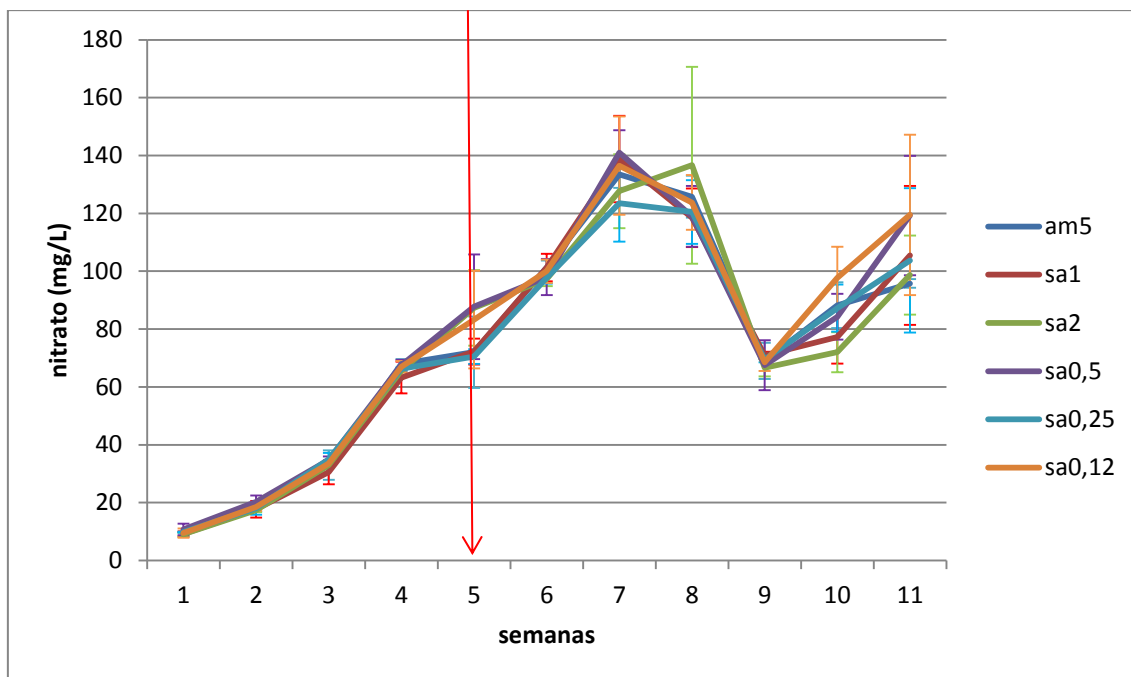
407 4.2.2 Fase de engorda

408 Os valores dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água na fase de
 409 engorda estão apresentados na Tabela 10. Durante esta fase, não foi possível observar
 410 diferença significativa nas concentrações de nitrato, SST e salinidade. Houve diferença
 411 significativa na temperatura ($p < 0,05$), sendo maior no grupo controle (AM5). As
 412 concentrações de oxigênio dissolvido foram significativamente maiores ($p < 0,05$) no
 413 tratamento SA 2. Foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) para o pH sendo maior
 414 no tratamento SA 1 em comparação com os demais tratamentos. Para amônia foi
 415 possível observar diferenças significativa ($p < 0,05$), tendo maior valor médio no
 416 tratamento SA 0,12, assim como o ortofosfato que também foi observado diferença
 417 significativa ($p < 0,05$), com maior valor no tratamento SA 0,12.

418 **Tabela 10: Parâmetros físico-químicos da água de cultivo do *L.vannamei* na fase de**
 419 **engorda durante 43 dias de cultivo de *L. vannamei* em baixa salinidade, com**
 420 **diferentes concentrações de sulfato com tecnologia de bioflocos média (\pm DP) dos**
 421 **tratamentos. Letras diferentes na mesma linha representam diferenças**
 422 **significativas ($p < 0,05$).**

Engorda	AM5	SA1	SA2	SA0,5	SA0,25	SA0,12
Temperatura (°C)	29,39 \pm 0,91 ^a	28,85 \pm 1,01 ^b	28,26 \pm 0,97 ^c	28,77 \pm 0,74 ^b	28,85 \pm 0,79 ^b	28,70 \pm 1,08 ^b
O.D. (mg/L)	7,16 \pm 0,16 ^a	7,24 \pm 0,15 ^b	7,35 \pm 0,19 ^c	7,25 \pm 0,12 ^b	7,23 \pm 0,14 ^b	7,30 \pm 0,22 ^b
pH	8,04 \pm 0,29 ^{ab}	8,09 \pm 0,28 ^b	8,08 \pm 0,24 ^b	8,02 \pm 0,25 ^a	8,05 \pm 0,27 ^{ab}	7,99 \pm 0,25 ^a
NAT (mg/L)	0,07 \pm 0,07 ^{ab}	0,07 \pm 0,05 ^a	0,06 \pm 0,04 ^a	0,10 \pm 0,07 ^b	0,08 \pm 0,05 ^{ab}	0,12 \pm 0,11 ^b
Nitrito (mg/L)	0,14 \pm 0,12	0,17 \pm 0,14	0,11 \pm 0,08	0,24 \pm 0,28	0,14 \pm 0,12	0,36 \pm 0,49
Nitrato (mg/L)	102,25 \pm 24,25	102,04 \pm 27,57	99,83 \pm 29,43	104,83 \pm 28,28	100,37 \pm 22,38	107,66 \pm 27,42
Ortofosfato (mg/L)	1,58 \pm 0,77 ^{ab}	1,22 \pm 0,43 ^a	1,77 \pm 1,60 ^{ab}	1,98 \pm 0,94 ^{bc}	1,77 \pm 0,82 ^{ab}	3,12 \pm 1,35 ^c
SST (mg/L)	462,50 \pm 68,45	434,25 \pm 49,39	418,58 \pm 145,43	464,81 \pm 125,96	435,00 \pm 14,57	517,43 \pm 139,59
Salinidade (g/L)	5,33 \pm 0,47	5,67 \pm 0,44	5,68 \pm 0,36	5,38 \pm 0,42	5,27 \pm 0,35	5,27 \pm 0,35

423 Durante o período experimental o nitrato foi se acumulando no sistema de
 424 cultivo, fazendo-se necessário realizar uma renovação de 20 litros na oitava semana
 425 para a nona semana, diminuindo a concentração do nitrato para aproximadamente
 426 70mg/L (Figura 2). Essa renovação do nitrato foi devido a toxicidade mais pronunciada
 427 em baixa salinidade (Alves Neto *et al.*, 2019)



428

429 **Figura 2:** Nitrato ao longo dos experimentos na fase de berçário e engorda, seta indica o período de
 430 transição entre o fim do berçário e início da engorda, dos camarões *L. vannamei* cultivados em
 431 baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato e tecnologia BFT. Valor médio \pm desvio
 432 padrão.

433 4.3 Parâmetros de desempenho zootécnico

434 4.3.1 Fase de berçário

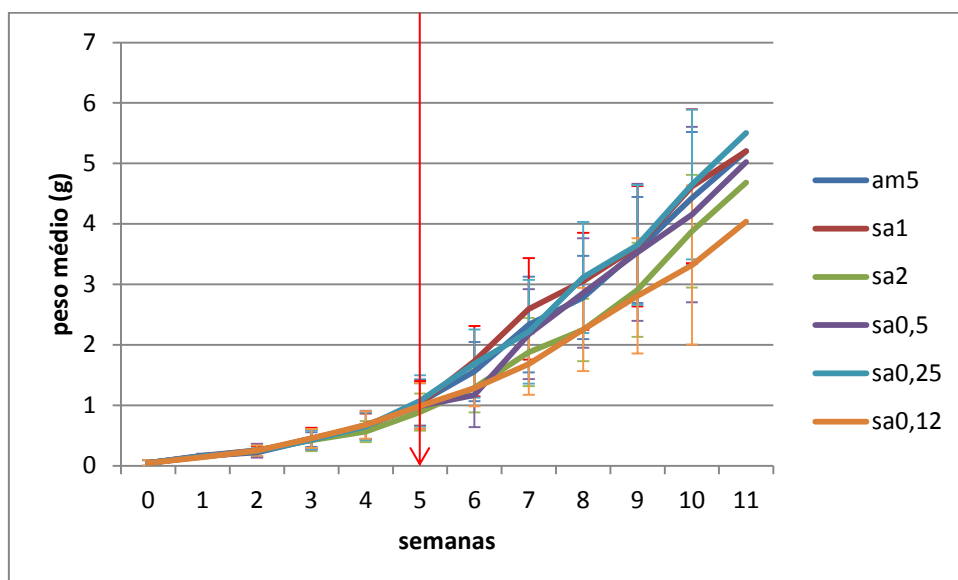
435 Como resultado de desempenho zootécnico nesta fase de cultivo, foram
 436 analisadas a taxa de crescimento específico (TCE), biomassa inicial e final,
 437 sobrevivência, peso médio inicial e final, produtividade e conversão alimentar aparente
 438 (CAA). Não foi possível observar diferença significativa para os parâmetros de
 439 desempenho zootécnico entre os tratamentos (Tabela 11).

440 **Tabela 11: Desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico *L.vannamei*, cultivado em baixa**
 441 **salinidade, com diferentes concentrações de sulfato em sistema BFT, após 35 dias de experimento.**
 442 **Média \pm desvio padrão na fase de berçário. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença**
 443 **significativa ($p < 0,05$).**

Berçário	AM5	SA1	SA2	SA 0,5	SA 0,25	SA0,12
Peso médio inicial (g)	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
Biomassa inicial (g)	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
TCE	8,56 \pm 0,25	8,44 \pm 0,29	8,44 \pm 0,29	8,50 \pm 0,16	8,53 \pm 0,12	8,49 \pm 0,22
Biomassa final (g)	55,74 \pm 8,33	56,26 \pm 7,72	45,37 \pm 2,08	52,20 \pm 5,21	61,68 \pm 5,32	53,16 \pm 8,26
Sobrevivência (%)	89,16 \pm 6,45	92,41 \pm 6,83	86,11 \pm 5,35	88,74 \pm 9,85	96,24 \pm 3,69	89,99 \pm 6,80
Peso médio final (g)	1,05 \pm 0,38	1,03 \pm 0,37	0,89 \pm 0,31	0,99 \pm 0,38	1,07 \pm 0,42	0,99 \pm 0,38
Produtividade (kg/ m ³)	1,32 \pm 0,20	1,33 \pm 0,19	1,06 \pm 0,05	1,23 \pm 0,13	1,47 \pm 0,13	1,26 \pm 0,20
CAA	2,55 \pm 0,39	2,55 \pm 0,36	3,07 \pm 0,21	2,78 \pm 0,36	2,29 \pm 0,22	2,85 \pm 0,41

444 4.3.2. Fase de engorda

445 Dados de ganho de peso durante as fases de berçário e engorda podem ser
 446 observadas na Figura 3. Não foi possível observar diferença significativa no peso final
 447 entre os diferentes tratamentos, assim como maiores taxas de crescimento em ambas as
 448 fases. Ao longo de 11 semanas de cultivo os camarões cresceram de uma média de
 449 0,04g até uma média aproximada de 5,0 g.



450

451 **Figura 3: Gráfico de ganho de peso ao longo do período experimental nas fases de berçário e**
 452 **engorda, dos camarões *L.vannamei* cultivados em baixa salinidade, com diferentes concentrações de**
 453 **sulfato, com tecnologia BFT. Valor médio e desvio padrão dos tratamentos, seta indica a transição**
 454 **entre o fim do berçário e início da engorda.**

455

456 Para a fase de engorda foram analisados os parâmetros de desempenho
 457 zootécnicos de GPS, biomassa inicial e final, produtividade, peso médio inicial e final,
 458 CAA. Na fase de engorda também não foi possível observar diferença significativa
 459 entre os tratamentos para CAA, GPS, Biomassa inicial e final, peso médio inicial e
 460 final, porém, houve diferença significativa na produtividade, tendo menor produtividade
 461 no tratamento SA 0,12 (Tabela 12).

462 **Tabela 12: Tabela de desempenho zootécnico do camarão branco do Pacífico *L.vannamei* na fase de**
 463 **engorda, cultivado em baixa salinidade, com diferentes concentrações de sulfato, em sistema de BFT,**
 464 **após 43 dias de experimento. Média \pm desvio padrão. Letras na mesma linha indicam diferenças**
 465 **significativa entre os tratamentos.**

Engorda	AM5	SA1	SA2	SA 0,5	SA 0,25	SA0, 12
Peso médio inicial (g)	1,04 \pm 0,38	1,02 \pm 0,37	0,88 \pm 0,31	0,98 \pm 0,38	1,07 \pm 0,42	0,99 \pm 0,38
Biomassa inicial (g)	20,91 \pm 2,66	20,53 \pm 3,92	17,74 \pm 1,85	19,75 \pm 2,70	21,45 \pm 1,72	19,80 \pm 2,91
GPS	0,64 \pm 0,09	0,64 \pm 0,12	0,53 \pm 0,04	0,62 \pm 0,12	0,67 \pm 0,18	0,47 \pm 0,05
Biomassa final (g)	88,16 \pm 12,38	90,57 \pm 6,64	88,06 \pm 6,43	85,15 \pm 13,08	86,40 \pm 10,94	68,22 \pm 9,89
Sobrevivência (%)	85,00 \pm 5,77	88,75 \pm 6,52	85,00 \pm 7,07	86,25 \pm 17,96	80,00 \pm 9,12	82,50 \pm 11,90
Peso médio final (g)	5,20 \pm 1,27	5,20 \pm 1,35	4,68 \pm 1,15	5,02 \pm 1,47	5,50 \pm 1,46	4,04 \pm 1,34
Produtividade (kg/ m ³)	1,68 \pm ^{ab} 0,18	1,72 \pm ^a 0,13	1,41 \pm ^{ab} 0,28	1,61 \pm ^{ab} 0,35	1,61 \pm ^{ab} 0,39	1,11 \pm ^b 0,31
CAA	2,23 \pm 0,24	2,25 \pm 0,19	2,56 \pm 0,2	2,30 \pm 0,33	2,49 \pm 0,71	3,52 0,57

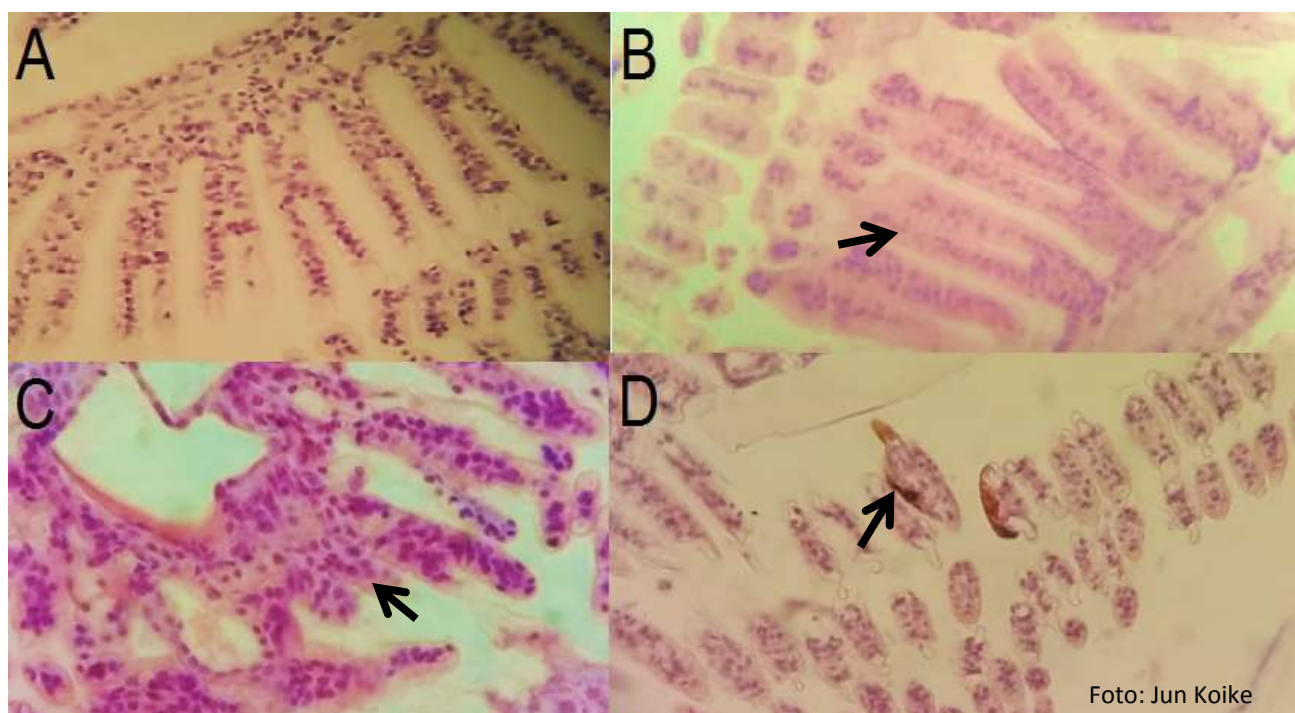
466 4.4 Análise histológica

467 Para a análise histológica das brânquias dos camarões foram tomadas imagens,
 468 para visualização e análise qualitativa das lesões observadas (Figura 5 e Tabela 13). Foi
 469 possível observar lesões como hiperplasia, fusão lamelar e necrose, além das brânquias
 470 saudáveis. No tratamento AM5 foi observado o maior índice de brânquias saudáveis e
 471 menor número de lesões. Observou-se que no tratamento SA 0,12 houve os maiores
 472 índices de lesões nas brânquias, podendo-se observar hiperplasia, fusão lamelar e
 473 necrose. Os resultados dos danos apresentados estão expressos em porcentagem na
 474 Tabela 6. Onde foi possível observar que com a diminuição na concentração de sulfato
 475 houve um aumento na porcentagem dos camarões que apresentavam hiperplasia (HIP) e
 476 fusão lamelar (FL). O inverso se da para os camarões saudáveis (HEL), o tratamento
 477 com a menor concentração de sulfato (SA 0,12) foi possível observar necrose em 21,7%
 478 dos camarões.

479 **Tabela 13: Danos nas brânquias do camarão *L. vannamei* cultivado em baixa salinidade e diferentes**
 480 **concentrações de sulfato. Os resultados estão expressos em porcentagem (%). HIP= Hiperplasia.**
 481 **FL= Fusão lamelar. HEL= Brânquias saudáveis. NEC= Necrose.**

TRAT.	HEL	HIP	FL	NEC
AM5	100,0	0,0	0,0	0,0
SA2	44,4	55,6	11,1	0,0
SA1	14,6	86,4	72,7	0,0
SA0,5	17,6	82,4	29,4	0,0
SA0,25	0,0	100,0	38,0	0,0
SA0,12	0,0	100,0	69,6	21,7

482 Na Figura 4 pode-se observar os registros das imagens tomadas das brânquias
 483 dos camarões *L.vannamei* cultivado em baixa salinidade, com diferentes concentrações
 484 de sulfato e tecnologia de bioflocos, mostrando a brânquia saudável (AM5), hiperplasia
 485 (SA 0,25 e AS 0,12), fusão lamelar (SA1) e necrose (AS 0,12).



486 **Figura 4: Imagens das brânquias do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus***
 487 ***vannamei*, cultivado em baixa salinidade com tecnologia de BFT. As imagens**
 488 **foram tomadas com uso de uma objetiva de 40x. A = Brânquia saudável (AM5);**
 489 **B= Hiperplasia (SA1) (seta); C= Hiperplasia + Fusão lamelar (SA 0,25) (seta); D=**
 490 **Necrose (SA 0,12) (seta).**
 491

492 5.0 Discussão

493 5.1 Qualidade de água

494 Para obter o sucesso do cultivo do camarão branco do Pacífico *L. vannamei* é
495 preciso atender as necessidades dos parâmetros de qualidade de água para a espécie
496 cultivada, pois os fatores físicos e químicos da água podem afetar o desempenho dos
497 camarões. Durante o período experimental foi possível observar diferenças
498 significativas nos parâmetros de qualidade de água, porém sem causar prejuízos no
499 desempenho dos camarões, pois, de acordo com Van Wyk & Scarpa (1999), os
500 parâmetros físicos e químicos da água de cultivo como temperatura, oxigênio
501 dissolvido, pH, salinidade e alcalinidade do presente estudo se mantiveram dentro do
502 recomendado para a espécie cultivada.

503 Durante o experimento na fase de berçário e engorda, a temperatura média se
504 manteve em torno de 29 °C, estando dentro da faixa ideal (28~30 °C) para o crescimento
505 e sobrevivência da espécie cultivada (Ponce-Pelafox *et al.*, 1997). Wyban *et al.* (1995)
506 relatam que a temperatura ideal para o cultivo de *L. vannamei* está na faixa de 27~30
507 °C, e segundo Van Wyk & Scarpa (1999) podem tolerar faixas entre 15 e 35 °C. A
508 temperatura da água de cultivo é um parâmetro que pode afetar negativamente o
509 crescimento, sobrevivência, consumo de ração, consumo de oxigênio e o metabolismo
510 quando em temperaturas desfavoráveis para cultivo da espécie (Samocha *et al.*, 2017;
511 Vilarreal *et al.*, 1994). Wyban *et al.* (1995) realizaram quatro experimentos, a fim de
512 observar o efeito da temperatura no crescimento, taxa de alimentação e conversão
513 alimentar aparente, e foi observado que a temperatura tem efeito direto no crescimento,
514 taxa de alimentação e conversão alimentar aparente. Um estudo realizado por Souza *et al.*
515 (2016), mostrou que temperaturas de 15, 21 e 33 °C contribuíram para um pior
516 desempenho zootécnico e maior estresse oxidativo, quando comparado com os
517 camarões cultivados em temperatura de 27 °C.

518 O camarão *L.vannamei* é uma espécie que tolera grandes variações de pH e
519 alcalinidade (Furtado *et al.*, 2011; Furtado *et al.*, 2015 b). Para o cultivo do camarão
520 marinho o pH aceitável varia na faixa de 7,0 ~ 9,0 e a faixa ideal vai de 7,4 ~ 8,2 (Van
521 Wyk & Scarpa, 1999). A alcalinidade deve ser mantida acima de 100 mg/L de CaCO₃
522 (Furtado *et al.*,2011). As condições inadequadas de pH e alcalinidade no ambiente de
523 cultivo podem vir a ser prejudicial para as brânquias e crescimento da espécie (Van

524 Wyk & Scarpa, 1999), sendo que a manutenção de ambos possui um importante papel
525 sobre as bactérias nitrificantes e dos animais cultivados (Chen *et al.*, 2006). Neste
526 estudo, o pH em ambas as fases de cultivo e para todos os tratamentos se mantiveram
527 próximos a 8, se mantendo dentro do recomendado e considerada ideal para o cultivo.
528 Um estudo realizado por Furtado *et al.* (2011), testaram a utilização de diferentes
529 alcalinizantes para a manutenção do pH e alcalinidade, mostrando que o desempenho
530 zootécnico do *L. vannamei* foi prejudicado quando os valores de pH e alcalinidade se
531 mantiveram abaixo de 7 e 100 mg/L, respectivamente, por longos períodos.

532 O oxigênio é um fator limitante para o cultivo de camarão em sistemas
533 superintensivos com tecnologia de bioflocos, segundo Vinatea *et al.* (2009) em um
534 cultivo de bioflocos na ausência de aeração, o oxigênio dissolvido pode alcançar níveis
535 críticos (0,5 mg/L) em aproximadamente 30 minutos, podendo levar os camarões a
536 morte por hipoxia. Durante todo o experimento as concentrações de oxigênio dissolvido
537 se mantiveram dentro da faixa ótima para o cultivo, sendo superior a 5,0 mg/L (Van
538 Wyk & Scarpa, 1999).

539 A salinidade nos diferentes tratamentos se manteve em torno de cinco durante
540 todo o período experimental. A salinidade de um sistema de cultivo juntamente de uma
541 composição iônica adequada são de grande importância para a sobrevivência do
542 camarão marinho (Roy *et al.*, 2010). McGraw *et al.* (2002) mostram que a
543 sobrevivência das PL's aclimatadas para a baixa salinidade melhora com a idade que a
544 aclimação ocorre. Os autores testaram a aclimação de PLs 10, 15 e 20, em
545 salinidades de 0, 1, 2, 4, 8 e 12, mostrando que as PLs 15 e 20 mantiveram
546 sobrevivências significativamente iguais em todas as salinidades, com exceção da
547 salinidade 0. Ao início do presente estudo, foi realizada a aclimação das PL's 15,
548 baixando salinidade de 30 para 5, mostrando o hábito eurihalino do *L. vannamei*.

549 Os compostos nitrogenados como a amônia em um sistema de cultivos podem
550 ser convertidos a biomassa bacteriana (Ebeling *et al.*, 2006) e/ou são oxidados por
551 bactérias nitrificantes que transformam amônia para nitrito e nitrito para nitrato,
552 tendendo a o nitrato a se acumular no sistema de cultivo (Burford *et al.*, 2003; Lara *et al.*,
553 2016). A salinidade é um fator que influencia a toxicidade de compostos
554 nitrogenados como a amônia, nitrito e nitrato. Em baixas salinidades, o camarão tende a
555 serem mais susceptíveis as concentrações de amônia e nitrito diminuindo a
556 sobrevivência e aumentando o gasto energético para manter as funções vitais (Gross *et*

557 *al.*, 2004; Li *et al.*, 2007; Lin & Chen, 2003). Li *et al.*, (2007) e Lin e Chen (2001)
558 realizaram experimentos com toxicidade de amônia em diferentes salinidades e foi
559 observado que a baixa salinidade potencializa a toxicidade da amônia, mostrando que
560 em salinidade 3 a CL50 96 horas é de 9,33 mg/L de amônia total. Os autores mostram
561 que a toxicidade da amônia é maior em menores salinidades quando comparado com
562 salinidades mais elevadas como a salinidade 15 onde a CL 50 96 horas é de 24,39 mg/L
563 de amônia total e para salinidade 35 é de 39,54mg/L. No presente estudo não se
564 identificou concentrações de amônia superiores ao limite de segurança para a espécie
565 cultivada em baixas salinidades (Lin e Chen, 2001), sugerindo que não houve danos aos
566 camarões cultivados.

567 Lin & Chen (2003) realizaram um estudo sobre a toxicidade aguda do nitrito em
568 diferentes salinidade para juvenis de *L.vannamei* e como resultado para a menor
569 salinidade testada, o nível de segurança para o nitrito foi calculado em 6,1 mg/L em
570 salinidade 15. Gross *et al.* (2004) conduziu um trabalho em aquários para identificar a
571 toxicidade aguda e crônica do nitrito para o camarão *L. vannamei* em água salobra,
572 como resultado da pesquisa, foi observado que em água com salinidade 2, o nível de
573 segurança para o nitrito é de 0,45 mg/L e juvenis expostos a concentrações de 4,0 mg/L
574 de nitrito durante dois dias tiveram o crescimento reduzido. Os valores médios
575 apresentados durante as duas fases experimentais, se mantiveram abaixo do nível de
576 segurança descrito por Gross *et al.* (2004), para salinidade 2, que era inferior a utilizada
577 no presente estudo.

578 Um estudo realizado por Schuler *et al.* (2010), na Virginia Tech Laboratories
579 sobre toxicidade da amônia e nitrito no camarão branco do Pacífico em baixas
580 salinidades (salinidade 10), mostrando que quando o nitrito foi mantido na concentração
581 mínima de efeito observado e a amônia em concentrações mais elevadas, a toxicidade
582 da amônia foi potencializada quando comparado com apenas a toxicidade da amônia,
583 porém quando a amônia foi mantida na concentração mínima de efeito observado e o
584 nitrito em concentrações elevadas, a toxicidade do nitrito teve efeito contrário do
585 observado para amônia. Durante o período experimental não foi observado esse efeito.
586 Isso se da devido ao fato dos níveis de amônia e nitrito serem baixos.

587 O nitrato é o produto final da oxidação da amônia. Durante o ciclo do cultivo em
588 sistemas de bioflocos a tendência do nitrato é se acumular. Kuhn *et al.* (2010) fizeram

589 um estudo em laboratório visando compreender o impacto que o nitrato pode vir a
590 causar no desempenho zootécnico do camarão *L.vannamei* cultivado em baixa
591 salinidade. Com os resultados obtidos, foi possível concluir que quanto menor a
592 salinidade, maior o impacto negativo causado pelo nitrato e níveis de nitrato superiores
593 a 220 mg/L causam efeito negativo no crescimento, sobrevivência e biomassa. Já
594 Furtado *et al.* (2015) verificaram que níveis de nitrato até 177 mg/L em salinidade 23
595 em sistema de bioflocos são aceitáveis para o cultivo de *L. vannamei*. Durante o
596 presente estudo os níveis de nitrato foram monitorados semanalmente, quando estes
597 alcançaram 140 mg/L, foi realizado uma renovação de 20L (50% do volume útil),
598 reduzindo os valores para a metade (Fig. 3).

599 Durante os experimento, os níveis de amônia, nitrito e nitrato se mantiveram
600 abaixo do nível de segurança de acordo com Schuler *et al.* (2010), Gross *et al.* (2004) e
601 Kuhn *et al.* (2010), respectivamente. Os baixos níveis de amônia e nitrito encontrado no
602 presente estudo estão relacionado com o uso de inóculo no sistema de cultivo, que ajuda
603 a controlar os níveis de amônia e nitrito no sistema de cultivo, pela presença das
604 bactérias nitrificantes previamente formadas no inóculo (Krummenauer, 2014).

605 Durante um ciclo de cultivo em sistemas de bioflocos é comum que os níveis de
606 sólidos suspensos totais se incrementem nos tanques de cultivo, podendo causar efeitos
607 negativos na sobrevivência e crescimento dos camarões (Gaona *et al.*, 2011). Schweitzer
608 *et al.* (2013) realizaram um estudo para avaliar o efeito de diferentes concentrações de
609 sólidos suspensos totais (SST) no sistema de cultivo, verificando que as concentrações
610 ideais ficam na faixa entre 400~600 mg/L de SST, corroborando com o trabalho de
611 Samocha *et al.* (2007), que recomenda manter os níves de SST abaixo de 500 mg/L de
612 sólidos suspensos totais. Durante o presente estudo, os níveis de sólidos suspensos totais
613 foram aumentando de acordo com os dias de experimento. Na fase de berçário e
614 engorda os valores médios de sólidos suspensos totais não ultrapassaram os valores
615 recomendados por Schweitzer (2013).

616 A partir da quarta semana, até a quinta semana em todos os tratamentos, os
617 níveis de SST ultrapassaram os valores recomendados pelos autores acima citados
618 (Figura 1), sendo necessária a remoção do floco excedente. Já para a fase de engorda os
619 valores de SST ultrapassaram os valores recomendados pelos autores a partir da

620 segunda semana, e voltaram se adequar ao valor recomendado na quarta semana, após o
621 processo de filtração.

622 Durante o período experimental não foi possível coletar dados de sólidos
623 sedimentáveis (SS) via cone Imhoff seguindo a metodologia descrita por ABNT (NBR
624 10561, 1988), isso foi devido a não sedimentação dos sólidos no cone, após o tempo de
625 espera os sólidos sedimentáveis permaneciam na coluda d'água. Isso pode ser devido à
626 quantidade de sulfato na água, já que além das estratégias de acúmulo de lipídios e
627 produção de gases, outra estratégia que influencia na flutuabilidade de organismos
628 pequenos é a excreção de íons mais pesados como o sulfato e o magnésio (Schmidt-
629 Nielsen, 2002). De acordo com Merino *et al.* (2007), a velocidade de sedimentação de
630 uma partícula depende do tamanho, densidade e forma, e da viscosidade e densidade da
631 água de cultivo

632 **5.2 Desempenho zootécnico**

633 Os camarões utilizados no presente estudo não obtiveram diferenças
634 significativas ($p < 0,05$) para ganho de peso semanal, biomassa final, sobrevivência, peso
635 médio final e CAA. Podendo-se observar diferença significativa apenas na
636 produtividade da fase de engorda.

637 Bray *et al.* (1994) realizaram um estudo com o efeito da salinidade no
638 crescimento e sobrevivência do camarão *L. vannamei*. O experimento foi conduzido em
639 tanques circulares de 1,22 m de diâmetro e água clara. No tratamento onde a salinidade
640 média esteve em 5, foi observado uma sobrevivência similar a encontrada no presente
641 estudo, porém o ganho de peso semanal dos camarões encontrado por Bray *et al.* (1994)
642 é superior ao encontrado neste. O maior ganho de peso semanal citado do trabalho
643 acima deve estar mais relacionado com a baixa densidade de estocagem ($14/m^2$)
644 utilizada pelo autor. No presente estudo se utilizou uma densidade de estocagem de
645 $500/m^3$, sendo maior que a utilizada por Bray *et al.* (1994). O aumento da densidade de
646 estocagem se mostra inversamente proporcional à melhora do desempenho zootécnico
647 do *L. vannamei*. Segundo um estudo realizado por Krummenauer *et al.* (2011), que
648 testaram diferentes densidades ($150, 300$ e $450/m^2$) de estocagem do *L. vannamei* em
649 sistemas superintensivos em sistemas de bioflocos, foi verificado que o desempenho
650 zootécnico dos camarões foi prejudicado quando submetidos a maiores densidades de
651 estocagem. Atwood (2003) realizaram cinco experimentos para avaliar a sobrevivência e

652 crescimento do *L.vannamei* em baixa salinidade, utilizando uma mistura de sais e água
653 salgada. Após 21 dias de experimento foi observado uma sobrevivência de 10 e 55%
654 nos tratamentos com salinidade 5. Neste estudo, os valores encontrados de sobrevivência
655 foram superiores aos encontrados pelos autores, sendo acima de 80% em todos os
656 tratamentos testados.

657 Roy *et al.* (2010) relataram sobre a utilização de minerais como potássio,
658 magnésio e sulfato em viveiros, melhorando o crescimento e sobrevivência dos
659 camarões. No presente estudo não foi possível observar melhora no crescimento e
660 sobrevivência nos camarões dos diferentes tratamentos onde apenas o sulfato era
661 manipulado. Roy *et al.* (2007 a) realizaram dois experimentos com salinidade similar e
662 obtiveram resultados de peso médio final, sobrevivência e GPS, semelhantes ao
663 encontrado no presente estudo.

664 Os microorganismos presentes no bioflocos possivelmente ajudam a reduzir a
665 CAA dos camarões cultivados, pois em torno de 29% do alimento ingerido ao dia pelos
666 camarões é proveniente dos bioflocos presente na água de cultivo (Burford *et al.*, 2004).
667 No presente estudo foram encontradas altas taxas de CAA, sendo acima de dois em
668 todos os tratamentos em ambas as fases de cultivo. A alta taxa de CAA talvez pode ser
669 explicada devido ao grande gasto de energia nos processos de osmorregulação para
670 manutenção das funções vitais, encontradas nos camarões cultivados em baixa
671 salinidade (Li *et al.*, 2007). Maicá *et al.* (2012) realizaram um experimento para
672 averiguar o efeito da baixa salinidade na composição dos microrganismos formadores
673 dos bioflocos e desempenho zootécnico de juvenis do camarão branco *L. vannamei* em
674 sistema BFT, obtendo os melhores resultados quando cultivado em salinidade 25, porém
675 obteve resultados satisfatórios quando cultivado em baixa salinidade. Após 40 dias de
676 berçário (300 camarões/m²) foi observado 72,7% de sobrevivência e peso médio final
677 de 1,94 g quando cultivado em salinidade quatro. A primeira fase do presente estudo
678 utilizou PLs 25 em densidades de estocagem de 1500/m³, tendo duração de 35 dias,
679 atingindo sobrevivência de acima de 80% e peso médio final de aproximadamente 1,0 g,
680 em todos os tratamentos.

681 Foi identificada diferenças significativas nos dados de produtividade entre os
682 diferentes tratamentos ($p < 0,05$), identificando uma relação inversamente proporcional
683 entre o aumento da concentração de sulfato e produtividade do sistema. A baixa

684 produtividade dos tratamentos com menores concentrações de sulfato, podem ser
685 observados nos trabalhos descritos por Roy *et al.* (2010) e Saoud *et al.* (2003). Os
686 autores mostram que em fazendas onde as concentrações de sulfato são baixas ou
687 inexistentes na água de cultivo, é observada uma menor sobrevivência quando
688 comparado com cultivos onde se encontra concentrações adequadas de sulfato (Roy *et*
689 *al.*, 2010; Saoud *et al.*, 2003). De acordo com os resultados obtidos, foi observado que
690 com a diminuição das concentrações de sulfato na água de cultivo, houve um aumento
691 na presença de lesões nas brânquias do *L. vannamei*, prejudicando a produtividade do
692 sistema e possivelmente levar a mortalidade dos camarões ao longo de mais algumas
693 semanas de cultivo.

694 **5.3 Histologia das brânquias**

695 Ao final do experimento, foram identificados maiores índices de lesões nas
696 brânquias dos camarões, onde as concentrações de sulfato eram reduzidas (Figura 4 e
697 Tabela 10). Esse comportamento pode estar relacionado com o seu efeito antioxidante
698 do nas células dos animais aquáticos. Raguraman *et al.* (2019) indicaram a ação
699 protetora do sulfato a nível celular em embriões de zebrafish, avaliando a sobrevivência
700 e produção de espécies reativas de oxigênio (ERO). Para o experimento utilizou-se
701 diferentes concentrações de um composto sulfatado (0, 25, 50, 100 e 150 µg/ml), onde
702 os embriões foram expostos ao peróxido de hidrogênio. Os autores observaram que o
703 sulfato teve uma ação protetora nos embriões, posto que os tratamentos sem a adição do
704 composto sulfatado apresentaram os maiores índices de produção de ERO. A
705 sobrevivência também foi afetada positivamente, tendo os melhores resultados nos
706 tratamentos com concentrações de 150 µg/ml do composto sulfatado. Em alguns casos,
707 estudos relacionados ao efeito do sulfato em animais aquáticos utilizam esse composto
708 como diluente de metais pesado, e neles, apresentam danos em brânquias e redução o
709 crescimento dos animais (Frías-Espericueta *et al.*, 2008, Lodhi *et al.*, 2006, Murti &
710 Shuklas 1984, Nash *et al.*, 1988, Wang *et al.*, 2014). Entendendo isso, poderia-se dizer
711 que a utilização do sulfato, poderia ajudar na melhora da saúde animal, neste caso dos
712 camarões, devido ao fato de que os resultados histológicos apresentaram brânquias
713 saudáveis em concentrações maiores de sulfato.

714 **5.4 Composição iônica**

715 Durante os 78 dias de experimento foi possível observar mudanças na
716 composição iônica da água de cultivo entre os períodos de coleta, alterando as relações
717 de Na: K e Ca: Mg: K, essas alterações na relação entre os íons pode ter influenciado
718 no desempenho zootécnico dos camarões. Roy & Davis (2010) mostram que a correção
719 da água de cultivo com uso de fertilizantes é a melhor solução para corrigir a
720 composição iônica da água de cultivo. Os autores recomendam uma relação Na: K de
721 até 40: 1, mas essa proporção deve estar o mais próximo de 28:1 (relação encontrada na
722 água do mar), para alcançar o máximo do crescimento, sobrevivência e produtividade
723 dos camarões cultivados em baixa salinidade. Roy *et al.* (2007 b) mostram sobre a
724 importância do potássio e do magnésio no cultivo em baixa salinidade, mostrando que
725 relações diferentes da encontrada na água do mar pode causar efeitos negativos no
726 desempenho zootécnico dos camarões, com isso os autores recomendam uma relação
727 Mg: Ca mais próxima da água do mar (3,1 :1). Durante o presente estudo as relações
728 Na: K e Ca: Mg: K variaram entre uma coleta e outra, no geral as relações encontradas
729 ficaram abaixo das relações encontradas na água do mar. Tendo os resultados da coleta
730 de número 59 as menores relações de Na: K e Ca: Mg: K, que nos outros dias de coleta.
731 Isso pode ter afetado negativamente o desempenho zootécnico dos camarões utilizados
732 neste estudo.

733 **5.5 Custos da salinização artificial**

734 O tratamento SA 0,25 é um bom custo-benefício com o preço de R\$ 11,86 reais
735 quando considerado apenas o desempenho zootécnico semelhante ao tratamento SA 1,
736 cuja formulação dos sais utilizados foi similar aos encontrados na água do mar diluída
737 para salinidade 5. Isso resultou em uma redução de 7,15 R\$ reais no metro cúbico de
738 água salgada artificialmente para salinidade 5 sem afetar negativamente o desempenho
739 zootécnico de GPS, sobrevivência, peso médio final e biomassa dos camarões no
740 presente estudo. Porém, para produtividade foi observada diferença significativa
741 ($P < 0,05$). Levando em consideração o preço dos sais, o tempo de cultivo e as lesões nas
742 brânquias dos camarões. Resultando em uma redução de 50% na concentração de
743 sulfato. Porém os dados da histologia indicam que o tratamento SA 0,5 tem melhor
744 custo-benefício que o tratamento SA 0,25, devido às lesões observadas. Esta redução
745 em 50% na concentração de sulfato no tratamento SA 0,5 mostrou melhor custo-
746 benefício, quando levado em consideração, o tempo de cultivo, a análise histológica e o

747 custo da salinização artificial, com o preço de R\$ 12,35 reais o quilo e desempenho
748 zootécnico semelhante ao tratamento controle (AM5). Pois resultou em uma redução de
749 4,70 R\$ reais no metro cúbico de água salgada artificialmente para salinidade 5 quando
750 comparado com o tratamento SA1 e R\$ 15 se comparado com o tratamento SA2 sem
751 afetar negativamente o desempenho zootécnico dos camarões no presente estudo.
752 Sugerindo que os melhores resultados foram encontrados no tratamento com redução
753 em 50% (SA 0,5) na concentração de sulfato.

754 **6.0 Conclusão**

755 Durante o presente estudo as diferentes concentrações de sulfato e a salinização
756 artificial não afetou negativamente o desempenho zootécnico dos camarões cultivados
757 na fase de berçário em todos os tratamentos e na engorda nos tratamentos AM5, SA2,
758 SA1, SA0,5 e SA 0,25. Houve uma tendência de acréscimo aos danos branquiais nas
759 menores concentrações de sulfato utilizadas, indicando um possível efeito protetor do
760 sulfato. Com base nos resultados histológicos e de desempenho zootécnico o tratamento
761 com melhor custo benefício foi o SA 0,5, com preço de R\$ 12,35 por quilograma. Com
762 isso, pode-se concluir que é possível diminuir a concentração de sulfato em até 50%
763 sem afetar negativamente o desempenho zootécnico do *L. vannamei* cultivado em baixa
764 salinidade (salinidade 5) com tecnologia de bioflocos.

765 **7.0 Referências bibliográficas.**

- 766 Ahearn, G. A., Duerr, J. M., Zhuang, Z., Brown, R. J., Aslamkhan, A., & Killebrew, D.
767 A. (1999). Ion transport processes of crustacean epithelial cells. *Physiological*
768 *and biochemical zoology*, 72(1), 1-18.
- 769 Ahearn, G. A., Mandal, P. K., & Mandal, A. (2004). Mechanisms of heavy-metal
770 sequestration and detoxification in crustaceans: a review. *Journal of*
771 *Comparative Physiology B*, 174(6), 439-452.
- 772 Alves Neto, I., Brandão, H., Furtado, P. S., & Wasielesky Jr, W. (2019). Acute toxicity
773 of nitrate in *Litopenaeus vannamei* juveniles at low salinity levels. *Ciência*
774 *Rural*, 49(1).

- 775 Aminot, A. & Chaussepied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
776 CNEXO, França, 395p.
- 777 Antony, J., Vungurala, H., Saharan, N., Reddy, A. K., Chadha, N. K., Lakra, W. S., &
778 Roy, L. A. (2015). Effects of salinity and Na⁺/K⁺ ratio on osmoregulation and
779 growth performance of black tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius, 1798,
780 juveniles reared in inland saline water. *Journal of the World Aquaculture*
781 *Society*, 46(2), 171-182.
- 782 AOAC 1999. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical
783 Chemists. Arlington. v. 2, cap.35, 1-30.
- 784 Araneda, M., Pérez, E. P., & Gasca-Leyva, E. (2008). White shrimp *Penaeus vannamei*
785 culture in freshwater at three densities: condition state based on length and
786 weight. *Aquaculture*, 283(1-4), 13-18.
- 787 Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1988. NBR 10561: Águas - Determinação
788 de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) - Método do cone de Imhoff, 6.
- 789 Atwood, H. L., Young, S. P., Tomasso, J. R., & Browdy, C. L. (2003). Survival and
790 growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low-salinity
791 and mixed-salt environments. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(4),
792 518-523.
- 793 Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture
794 systems. *Aquaculture*, 176(3-4), 227-235.
- 795 Boyd, C. E., & Thunjai, T. (2003). Concentrations of major ions in waters of inland
796 shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. *Journal of the*
797 *World Aquaculture Society*, 34(4), 524-532.
- 798 Boyd, C. E., Thunjai, T., & Boonyaratpalin, M. (2002). Dissolved salts in waters for
799 inland, low-salinity shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate*, 5(3), 40-45.
- 800 Bray, W. A., Lawrence, A. L., & Leung-Trujillo, J. R. (1994). The effect of salinity on
801 growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction
802 of IHVN virus and salinity. *Aquaculture*, 122(2-3), 133-146.

- 803 Burford, M. A., Thompson, P. J., McIntosh, R. P., Bauman, R. H., & Pearson, D. C.
804 (2004). The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus*
805 *vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange
806 system. *Aquaculture*, 232(1-4), 525-537.
- 807 Burford, M. A., Thompson, P. J., McIntosh, R. P., Bauman, R. H., & Pearson, D. C.
808 (2003). Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange
809 shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219(1-4), 393-411.
- 810 Chen, S., Ling, J., & Blancheton, J. P. (2006). Nitrification kinetics of biofilm as
811 affected by water quality factors. *Aquacultural engineering*, 34(3), 179-197.
- 812 Chong-Robles, J., Charmantier, G., Boulo, V., Lizárraga-Valdéz, J., Enríquez-Paredes,
813 L. M., & Giffard-Mena, I. (2014). Osmoregulation pattern and salinity tolerance
814 of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) during post-
815 embryonic development. *Aquaculture*, 422, 261-267.
- 816 Dall, W., & Smith, D. M. (1981). Ionic regulation of four species of penaeid
817 prawn. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 55(2-3), 219-232.
- 818 Davis, D. A., Boyd, C. E., Rouse, D. B., & Saoud, I. P. (2005). Effects of potassium,
819 magnesium and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-
820 larvae reared in inland low salinity well waters in west Alabama. *Journal of the*
821 *World Aquaculture Society*, 36(3), 416-419.
- 822 Davis, D. A., Samocha, T. M., & Boyd, C. E. (2004). *Acclimating Pacific white shrimp,*
823 *Litopenaeus vannamei, to inland, low-salinity waters*. Stoneville, Mississippi:
824 Southern regional aquaculture center.
- 825 dos Santos, D. C. M., da Matta, S. L. P., de Oliveira, J. A., & dos Santos, J. A. D.
826 (2012). Histological alterations in gills of *Astyanax aff. bimaculatus* caused by
827 acute exposition to zinc. *Experimental and toxicologic pathology*, 64(7-8), 861-
828 866.
- 829 Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the
830 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of
831 ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346-358.

832 Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2018. The State of
833 World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development
834 goals. Rome. 210.

835 Frías-Espéricueta, M. G., Castro-Longoria, R., Barrón-Gallardo, G. J., Osuna-López, J.
836 I., Abad-Rosales, S. M., Páez-Osuna, F., & Voltolina, D. (2008). Histological
837 changes and survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles with different copper
838 concentrations. *Aquaculture*, 278(1-4), 97-100.

839 Frías-Espéricueta, M. G., Castro-Longoria, R., Barrón-Gallardo, G. J., Osuna-López, J.
840 I., Abad-Rosales, S. M., Páez-Osuna, F., & Voltolina, D. (2008). Histological
841 changes and survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles with different copper
842 concentrations. *Aquaculture*, 278(1-4), 97-100.

843 Furtado, P. S., Campos, B. R., Serra, F. P., Klosterhoff, M., Romano, L. A., &
844 Wasielesky, W. (2015). Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp,
845 *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture*
846 *international*, 23(1), 315-327.

847 Furtado, P. S., Fugimura, M. M., Monserrat, J. M., Souza, D. M., Garcia, L. D. O., &
848 Wasielesky, W. (2015). Acute effects of extreme pH and its influences on the
849 survival and biochemical biomarkers of juvenile White Shrimp, *Litopenaeus*
850 *vannamei*. *Marine and freshwater behaviour and physiology*, 48(6), 417-429.

851 Furtado, P. S., Gaona, C. A., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2014). Application of
852 different doses of calcium hydroxide in the farming shrimp *Litopenaeus*
853 *vannamei* with the biofloc technology (BFT). *Aquaculture international*, 22(3),
854 1009-1023.

855 Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr, W. (2011). Effect of calcium
856 hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical
857 performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology
858 (BFT) systems. *Aquaculture*, 321(1-2), 130-135.

859 Gaona, C. A. P., da Paz Serra, F., Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W.
860 (2016). Biofloc management with different flow rates for solids removal in the

861 *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. *Aquaculture international*, 24(5),
862 1263-1275.

863 Gaona, C. A. P., Poersch, L. H., Krummenauer, D., Foes, G. K., & Wasielesky, W. J.
864 (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of
865 *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International*
866 *Journal of Recirculating Aquaculture*, 12(1).

867 Gerencser, G. A., Ahearn, G. A., Zhang, J., & Cattey, M. A. (2001). Sulfate transport
868 mechanisms in epithelial systems. *Journal of Experimental Zoology*, 289(4),
869 245-253.

870 Gross, A., Abutbul, S., & Zilberg, D. (2004). Acute and chronic effects of nitrite on
871 white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultured in low-salinity brackish
872 water. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35(3), 315-321.

873 Hargreaves, J. A. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in
874 aquaculture. *Aquacultural engineering*, 34(3), 344-363.

875 Hargreaves, J. A. (2013). Biofloc production systems for aquaculture.

876 Jory, D., Cabrera, T., Dugger, D., Fegan, D., Berger, C., Orrantia, J., ... & Moya, M.
877 (2001). A global review of shrimp feed management: status and
878 perspectives. *Aquaculture 2001: Book of Abstracts*. 318, 2001.

879 Joseph, B. H. (2007). Growth and survival of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus*
880 *vannamei*, in sea salt and other ionic environments.

881 Kang, J. C. (1997). Acute toxicity of hydrogen sulfide to larvae and adults of blue crab
882 *Portunus trituberculatus* white shrimp *Metapenaeus monoceros* and prawn
883 *Macrobrachium nipponens*. *Journal of fish pathology*, 10(1), 65-72.

884 Kellogg, W. W., Cadle, R. D., Allen, E. R., Lazrus, A. L., & Martell, E. A. (1972). The
885 sulfur cycle. *Science*, 175(4022), 587-596.

886 Kester, D. R., Duedall, I. W., Connors, D. N., & Pytkowicz, R. M. (1967). Preparation
887 of artificial seawater 1. *Limnology and oceanography*, 12(1), 176-179.

- 888 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R. O., Poersch, L. H., & Wasielesky Jr, W.
889 (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a
890 biofloc technology system in southern Brazil at different stocking
891 densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(5), 726-733.
- 892 Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., & Wasielesky Jr, W. (2014). The
893 reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in
894 BFT system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1), 3-14.
- 895 Kuhn, D. D., Smith, S. A., Boardman, G. D., Angier, M. W., Marsh, L., & Flick Jr, G. J.
896 (2010). Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*:
897 impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture*, 309(1-
898 4), 109-114.
- 899 Lara, G., Furtado, P. S., Hostins, B., Poersch, L., & Wasielesky Jr, W. (2016). Addition
900 of sodium nitrite and biofilm in a *Litopenaeus vannamei* biofloc culture
901 system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 760-768.
- 902 Lara-espinoza, C.L., Espinosa-plascencia, A., Noris-rod ríguez, E. & Berm dez-almada,
903 M.C. 2015. Influencia de iones minerales en el desarrollo de camar n de cultivo
904 *Litopenaeus vannamei*. *AquaTIC*, n  43, pp. 1-13.
- 905 Lehninger, A. L., Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2005). *Lehninger principles of*
906 *biochemistry* New York.
- 907 Li, E., Chen, L., Zeng, C., Chen, X., Yu, N., Lai, Q., & Qin, J. G. (2007). Growth, body
908 composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile
909 white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*, 265(1-
910 4), 385-390.
- 911 Li, T., Li, E., Suo, Y., Xu, Z., Jia, Y., Qin, J. G., ... & Gu, Z. (2017). Energy metabolism
912 and metabolomics response of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to
913 sulfide toxicity. *Aquatic toxicology*, 183, 28-37.
- 914 Lin, S. C., Liou, C. H., & Cheng, J. H. (2000). The role of the antennal glands in ion
915 and body volume regulation of cannulated *Penaeus monodon* reared in various

- 916 salinity conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A:*
917 *Molecular & Integrative Physiology*, 127(2), 121-129.
- 918 Lin, Y. C., & Chen, J. C. (2001). Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei*
919 Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine*
920 *Biology and Ecology*, 259(1), 109-119.
- 921 Lin, Y. C., & Chen, J. C. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei*
922 (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1-4), 193-201.
- 923 Liu, H., Tan, B., Yang, J., Chi, S., Dong, X., & Yang, Q. (2016). Effects of aqueous
924 Na/K and dietary K on growth and physiological characters of the Pacific white
925 shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low-salt well water. *Aquaculture*
926 *research*, 47(2), 540-553.
- 927 Lodhi, H. S., Khan, M. A., Verma, R. S., & Sharma, U. D. (2006). Acute toxicity of
928 copper sulphate to fresh water prawns. *Journal of environmental biology*, 27(3),
929 585-588.
- 930 Maicá, P. F., de Borba, M. R., & Wasielesky Jr, W. (2012). Effect of low salinity on
931 microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone)
932 juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture*
933 *Research*, 43(3), 361-370.
- 934 McGraw, W. J., Davis, D. A., Teichert-Coddington, D., & Rouse, D. B. (2002).
935 Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: influence of
936 age, salinity endpoint, and rate of salinity reduction. *Journal of the World*
937 *Aquaculture Society*, 33(1), 78-84.
- 938 Merino, G. E., Piedrahita, R. H., & Conklin, D. E. (2007). Settling characteristics of
939 solids settled in a recirculating system for California halibut (*Paralichthys*
940 *californicus*) culture. *Aquacultural engineering*, 37(2), 79-88.
- 941 Moreno-Arias, A., López-Elías, J. A., Miranda-Baeza, A., Rivas-Vega, M. E., Martínez-
942 Córdova, L. R., & Ramírez-Suárez, J. C. (2017). Replacement of fishmeal by
943 vegetable meal mix in the diets of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity

- 944 biofloc system: effect on digestive enzymatic activity. *Aquaculture*
945 *Nutrition*, 23(2), 236-245.
- 946 Murti, R., & Shukla, G. S. (1984). Toxicity of copper sulphate and zinc sulphate to
947 *Macrobrachium lamarrei* (H. Milne Edwards) (Decapoda,
948 Palaemonidae). *Crustaceana*, 47(2), 168-173.
- 949 Nash, G., Anderson, I. G., & Shariff, M. (1988). Pathological changes in the tiger
950 prawn, *Penaeus monodon* Fabricius, associated with culture in brackishwater
951 ponds developed from potentially acid sulphate soils. *Journal of Fish*
952 *Diseases*, 11(2), 113-123.
- 953 Natori, M. M., Sussel, F. R., Santos, E. D., Previero, T. D. C., Viegas, E. M. M., &
954 Gameiro, A. H. (2011). Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e
955 no mundo: avanços tecnológicos e desafios. *Informações econômicas*, 41(2), 61-
956 73.
- 957 Nunes, A. J. P. (2001). O Cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas
958 oligohalinas. *Panorama da Aquicultura*, 11(66), 26-35.
- 959 Pan, L. Q., Zhang, L. J., & Liu, H. Y. (2007). Effects of salinity and pH on ion-transport
960 enzyme activities, survival and growth of *Litopenaeus vannamei*
961 postlarvae. *Aquaculture*, 273(4), 711-720.
- 962 Pillard, D. A., Dufresne, D. L., & Mickley, M. C. (2002). Development and validation
963 of models predicting the toxicity of major seawater ions to the mysid shrimp,
964 *Americamysis bahia*. *Environmental toxicology and chemistry*, 21(10), 2131-
965 2137.
- 966 Ponce-Palafox, J., Martinez-Palacios, C. A., & Ross, L. G. (1997). The effects of
967 salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white
968 shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157(1-2), 107-115.
- 969 Raguraman, V., Jyotsna, J., Palaniappan, S., Gopal, S., Thirugnanasambandam, R., &
970 Kirubakaran, R. (2019). Sulfated polysaccharide from *Sargassum tenerrimum*
971 attenuates oxidative stress induced reactive oxygen species production in in vitro
972 and in zebrafish model. *Carbohydrate polymers*, 203, 441-449.

- 973 Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2012). Standard methods for
974 the examination of water and wastewater. *Washington: APHA, AWWA,*
975 *WPCR, 1496.*
- 976 Roy, L. A., & Davis, D. A. (2010). Requirements for the culture of the Pacific white
977 shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters: water modification
978 and nutritional strategies for improving production. In *Avances en Nutrición*
979 *Acuicola X-Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola*(pp. 8-
980 10).
- 981 Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., & Henry, R. P. (2007) (a). Supplementation of
982 potassium, magnesium and sodium chloride in practical diets for the Pacific
983 white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*
984 *Nutrition, 13*(2), 104-113.
- 985 Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., & Henry, R. P. (2007). Effects of varying levels
986 of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the
987 Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity
988 waters. *Aquaculture, 262*(2-4), 461-469.
- 989 Roy, L. A., Davis, D. A., Saoud, I. P., Boyd, C. A., Pine, H. J., & Boyd, C. E. (2010).
990 Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture, 2*(4), 191-
991 208.
- 992 Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., ... &
993 Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge
994 nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural*
995 *Engineering, 36*(2), 184-191.
- 996 Samocha, T.M., Prangnell D.I., Hanson T.R., Treece G.D., Morris T.C., Castro, L.F. &
997 Staresinic, N. (2017). Design and operation of super intensive, biofloc-dominated
998 systems for indoor production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*
999 – The Texas A&M AgriLife Research Experience. *J. World Aquacult. Soc.*, 368.
- 1000 Saoud, I. P., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2003). Suitability studies of inland well
1001 waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture, 217*(1-4), 373-383.

- 1002 Schmidt-Nielsen, K. (2002). Fisiologia Animal- Adaptação e Meio Ambiente, Quarta re-
1003 edição, Livraria Editora Santos, São Paulo.
- 1004 Schuler, D. J., Boardman, G. D., Kuhn, D. D., & Flick, G. J. (2010). Acute toxicity of
1005 ammonia and nitrite to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at low
1006 salinities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(3), 438-446.
- 1007 Schweitzer, R., Arantes, R., Costódio, P. F. S., do Espírito Santo, C. M., Arana, L. V.,
1008 Seiffert, W. Q., & Andreatta, E. R. (2013). Effect of different biofloc levels on
1009 microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a
1010 tank system operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 56,
1011 59-70.
- 1012 Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1969). Biometry: The principles and practices of statistics in
1013 biological research. W. H. Freeman & Company, Estados Unidos da América,
1014 776p.
- 1015 Souza, D. M., Borges, V. D., Furtado, P., Romano, L. A., Wasielesky Jr, W., Monserrat,
1016 J. M., & de Oliveira Garcia, L. (2016). Antioxidant enzyme activities and
1017 immunological system analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc
1018 technology (BFT) at different water temperatures. *Aquaculture*, 451, 436-443.
- 1019 Sowers, A. D., Tomasso Jr, J. R., Browdy, C. L., & Atwood, H. L. (2006). Production
1020 characteristics of *Litopenaeus vannamei* in low-salinity water augmented with
1021 mixed salts. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(2), 214-217.
- 1022 Sowers, A. D., Young, S. P., Grosell, M., Browdy, C. L., & Tomasso, J. R. (2006).
1023 Hemolymph osmolality and cation concentrations in *Litopenaeus vannamei*
1024 during exposure to artificial sea salt or a mixed-ion solution: relationship to
1025 potassium flux. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular &*
1026 *Integrative Physiology*, 145(2), 176-180.
- 1027 Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis.
1028 Fisheries Research Board of Canada, Canada, 167p.

- 1029 UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). (1983).
1030 Chemical methods for use in marine environmental monitoring.
1031 Intergovernmental Oceanographic Commission manual and guides 12.
- 1032 Van Wyk, P. & Scarpa, J. (1999). Water quality and management. In: Van Wyk, P. et
1033 al. (Eds.). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida
1034 department of agriculture and consumer services, Tallahassee, Florida, 141-161.
- 1035 Villarreal, H., Hinojosa, P., & Naranjo, J. (1994). Effect of temperature and salinity on
1036 the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei*
1037 postlarvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 108(2-
1038 3), 331-336.
- 1039 Vinatea, L., Gálvez, A. O., Venero, J., Leffler, J., & Browdy, C. (2009). Oxygen
1040 consumption of *Litopenaeus vannamei* juveniles in heterotrophic medium with
1041 zero water exchange. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(5), 534-538.
- 1042 Wang, T., Long, X., Cheng, Y., Liu, Z., & Yan, S. (2014). The potential toxicity of
1043 copper nanoparticles and copper sulphate on juvenile *Epinephelus*
1044 *coioides*. *Aquatic Toxicology*, 152, 96-104.
- 1045 Wasielesky Jr, W., Atwood, H., Stokes, A., & Browdy, C. L. (2006). Effect of natural
1046 production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive
1047 culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258(1-4),
1048 396-403.
- 1049 Wudtisin, I., & Boyd, C. E. (2011). Possible Potassium and Magnesium Limitations for
1050 Shrimp Survival and Production in Low-Salinity, Pond Waters in
1051 Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(6), 766-777.
- 1052 Wyban, J., Walsh, W. A., & Godin, D. M. (1995). Temperature effects on growth,
1053 feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus*
1054 *vannamei*). *Aquaculture*, 138(1-4), 267-279.
- 1055 Zar, J.H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Estados Unidos da América, 662p.

1056 **8.0 anexos**

1057 **Tabela 14: comparação de preço do quilo do sal utilizado para salinização artificial**
1058 **do presente estudo com sais comerciais. P.E.= presente estudo.**

NOME	LOCAL	PREÇO/KG
TROPIC MARIN SEA SALT		48,60
RED SEA SALT		46,95
MAXXI		22,00
BLUE TREASURE SALT		16,41
SA 2	P.E.	15,34
VEROMAR		14,99
SA 1	P.E.	13,29
OCEAN TECH		13,05
SA 0,5	P.E.	12,35
SA 0,25	P.E.	11,86
SA 0,12	P.E.	11,61

1059