

Bruno Augusto Amato Borges

Cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e *Mugil liza* em sistema de cultivo com bioflocos na fase de berçário

Dissertação submetida ao Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do Grau de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Amato Borges, Bruno Augusto

Cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e
Mugil liza em sistema de cultivo com bioflocos na
fase de berçário / Bruno Augusto Amato Borges ;
orientador, Luis Alejandro Vinatea Arana, 2019.

74 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Bioflocos. 3. Camarão branco.
4. Tainha. 5. Sólidos. I. Vinatea Arana, Luis
Alejandro . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.
III. Título.

Cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e *Mugil liza* em sistema de cultivo com bioflocos na fase de berçário

Por

BRUNO AUGUSTO AMATO BORGES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

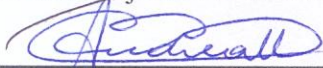


Prof. Leila Hayashi, Dra.
Coordenadora do PPG em Aquicultura

Banca Examinadora:



Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana – *Orientador*



Dr. Edemar Roberto Andreatta - UFSC



Dr. Sérgio Winckler da Costa - EPAGRI

Dedico a toda a minha família,
em especial aos meus pais,
Julio e Luciane

AGRADECIMENTOS

A meus pais Luciane e Julio, por tudo que me proporcionaram para que eu pudesse concretizar meus objetivos.

A minha irmã Juliana, pela grande amizade que compartilhamos desde sempre.

A minha mulher Ana Paula, por todos os momentos que passamos juntos, te amo.

A toda a minha família, por todo apoio, conselhos e conversas.

Ao meu orientador Luis Vinatea, pela amizade e orientação durante a realização da pesquisa.

A toda a equipe de trabalho (João, Paulo, Thiago e Ana Clara), pelo esforço, dedicação e comprometimento.

A todo o pessoal do Laboratório de Camarões Marinhos – LCM, pelos ensinamentos, dicas e conversas, que foram extremamente importantes no processo.

Ao Laboratório de Peixes Marinhos – LAPMAR, pela parceria e pela confiança que depositaram na realização da pesquisa.

Ao programa de pós graduação em aquíicultura e recursos pesqueiros (PPG – AQI), por todo trabalho e dedicação, que nos mantém em padrão de excelência.

A secretaria do programa, por todos os esclarecimentos durante a realização do mestrado.

A CAPES, pelo auxílio financeiro durante a realização do mestrado.

A todos os meus amigos, que tiveram contribuição fundamental nos momentos de descontração.

Agradeço a todos que de alguma forma estiveram envolvidos na realização dessa pesquisa.

“Enquanto o poço não seca,
não sabemos dar valor à água”

Thomas Fuller

RESUMO

O experimento foi composto por quatro tratamentos: monocultivo do camarão (MC), integração camarão e tainha, convivendo no mesmo tanque (ICT), integração camarão e tainha, em tanques separados (ICTS) e monocultivo de tainha (MT), e foi conduzido durante 41 dias. As unidades experimentais consistiram em um tanque matriz (caixa d'água circular com volume útil de 800 L), funcionando em recirculação com um tanque adicional (volume útil de 90 L). O tanque matriz foi povoado com 2000 camarões com peso médio de $0,18 \pm 0,02$ g. A tainha (peso médio inicial de $0,95 \pm 0,03$ g) foi povoada com uma densidade inicial correspondente a 10 % da biomassa inicial de camarão, ao final da primeira semana. Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (08h30min, 11h30min, 14h, 17h), com ração comercial (40 % de proteína bruta), e semanalmente foram realizadas biometrias para ajustar a quantidade de ração. Não foi oferecida dieta específica para as tainhas em ICT e ICTS. Em MT, as tainhas foram alimentadas com ração comercial para peixes (40 % de proteína bruta), com 2,5 % da biomassa. Os parâmetros de qualidade de água apresentaram diferenças na maioria das variáveis (T° C, OD, pH, salinidade, alcalinidade, nitrito e nitrato), principalmente relacionadas ao tratamento MT. A amônia total permaneceu semelhante entre os tratamentos ($0,75 \pm 0,04$ mg L⁻¹). Ao final do experimento, não foi verificada diferença entre o peso médio final do camarão ($1,43 \pm 0,05$ g), sobrevivência ($97 \pm 1,5$ %), conversão alimentar aparente ($1,5 \pm 0,05$) e taxa de crescimento específico ($5,05 \pm 0,09$ % dia⁻¹). Para as tainhas, obteve-se diferença significativa para ganho em peso, taxa de crescimento específico e biomassa final. Apenas a sobrevivência foi semelhante entre os tratamentos. O índice hepatossomático (IHS) apresentou diferença entre os tratamentos ICT e ICTS. A concentração de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, geração de lodo e lodo: biomassa foram diferentes entre os tratamentos. Além disso, nos tratamentos com tainha (ICT, ICTS e MT) a presença de bactérias do gênero *Vibrio* foi significativamente menor. Os resultados demonstram maior produtividade de camarão em monocultivo. A presença das tainhas prejudicou o desempenho zootécnico do camarão, porém houve redução significativa dos sólidos nos cultivos integrados, evidenciando o consumo do biofilme pela tainha. Não há necessidade de realizar a integração das espécies em tanques separados. Além disso, a presença das tainhas reduziu a quantidade de *Vibrio* no cultivo; e as tainhas em

ICTS obtiveram crescimento apenas com biofloco na dieta, embora reduzido em comparação a ICT e MT.

Palavras-chave: Aquicultura; Bioflocos; Camarão branco; Tainha; Sólidos.

ABSTRACT

The experiment was composed by four treatments: shrimp monoculture (SM), shrimp and mullet integrated into the same tank (SMI), shrimp and mullet integrated with separated tanks (SMIS), and mullet monoculture (MM). This work was conducted for 41 days. A matrix tank (800 L) recirculating with an additional tank (90 L) composed the experimental units. The matrix tank was stocked with 2000 shrimp (initial mean weight = 0.18 ± 0.02 g). Mullet (initial mean weight = 0.95 ± 0.03 g) was stocked with 10% of initial shrimp biomass, at the end of the first week. The shrimp was feed four times a day (35% crude protein), according to the feed table, and was not offered specific diet to mullet in SMI and SMIS. In MM, the fish was feed (40 % crude protein) with 2.5 % of fish biomass. Water quality parameters were evaluated and present significant differences in pH, salinity, alkalinity, nitrite and nitrate concentration, mainly related to MM treatment. Total ammonia was statistical similar ($p > 0.05$) between treatments (0.75 ± 0.04 mg L⁻¹). At the end of the experiment, final shrimp mean weight (1.43 ± 0.05 g), survival (97 ± 1.5 %), apparent feed conversion rate (1.5 ± 0.05), and specific growth rate (5.05 ± 0.09 % day⁻¹) was similar between treatments. For the mullet, weight gain, specific growth rate, and final biomass shows statistical difference ($p < 0.05$) between treatments. The final total biomass (shrimp plus mullet) was similar between SM, SMI and SMIS, and lower in MM. The hepatosomatic index presents significant difference between SMI and SMIS, and both was similar to other treatments. The condition factor was similar at the beginning and end of the experiment. The total suspended solids, settleable solids, sludge production and sludge: biomass were different ($p < 0.05$) between treatments. In addition, the *Vibrio* concentration was statistical lower ($p < 0.05$) on treatments with mullet. The results showed a higher yield of shrimp on traditional monoculture. The mullet significantly reduce the zootechnical performance of white shrimp; however, there was a significant reduction on solids by *M. liza*, demonstrating biofloc consumption by this fish. There is no need to use an additional tank to integrate both species. Furthermore, the mullet can significantly reduce the *Vibrio* concentration on culture, and growth only with biofloc on diet (SMIS), although reduced when compared with SMI and MM.

Key-words: Aquaculture; Biofloc; White shrimp; Mullet; Solid.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1:** Camarão-branco *Litopenaeus vannamei* 22
- Figura 2:** Tainha *Mugil liza*..... 23
- Figura 3:** Esquema básico do princípio do funcionamento dos cultivos multitróficos integrados 25

Capítulo 2

- Figura 1:** Vista lateral e superior das unidades experimentais, principais componentes e fluxo da água..... 38

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1: Parâmetros de qualidade da água de monocultivo de camarão, camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração e monocultivo de tainhas, cultivados durante 41 dias em sistema de bioflocos ...44

Tabela 2: Desempenho zootécnico de monocultivo de camarão (MC), camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração (ICT e ICTS) e monocultivo de tainhas (MT)45

Tabela 3: Concentração de sólidos sedimentáveis (SS), sólidos suspensos totais (SST), lodo gerado e lodo por biomassa em monocultivo de camarão (MC), camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração (ICT e ICTS) e monocultivo de tainhas (MT), cultivados durante 41 dias em sistema de bioflocos.....46

Tabela 4: Valores de índice hepatossômático (IHS) e fator de condição (K) das tainhas cultivadas em bioflocos em monocultivo e nos diferentes métodos de integração, por 35 dias47

Tabela 5: Quantidade de vibrios no início, e vibrios e bactérias heterotróficas totais (BHT) no início e final do experimento em monocultivo de camarão (MC), camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração (ICT e ICTS) e monocultivo de tainhas (MT) em sistema de bioflocos47

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
1.1 Aquicultura: situação atual	21
1.2 Cultivo em bioflocos (BFT – Biofloc Technology)	21
1.3 Cultivo de mugilídeos	23
1.4 Aquicultura Multitrófica Integrada - IMTA	24
1.5 Índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K) em peixes	26
1.6 Vibrioses em camarões	27
1.7 Considerações do autor	28
2. OBJETIVOS.....	29
2.1 Objetivo geral.....	29
2.2 Objetivos específicos.....	29
3. ARTIGO CIENTÍFICO	31
4. CAPÍTULO 2: ARTIGO: Cultivo integrado de <i>Litopenaeus vannamei</i> e <i>Mugil liza</i> em sistema de cultivo com bioflocos: desempenho zootécnico, geração de lodo e redução de <i>Vibrio</i> spp.	33
4.1 Introdução.....	34
4.2 Material e métodos	37
4.2.1 Local e objeto de estudo	37
4.2.2 Delineamento e unidades experimentais	37
4.2.3 Povoamento e alimentação	38
4.2.4 Parâmetros de qualidade de água.....	39
4.2.5 Remoção e quantificação do lodo.....	40
4.2.6 Desempenho zootécnico dos camarões e tainhas	41
4.2.7 Tainhas: índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K)	41
4.2.8 Contagem de <i>Vibrio</i> spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT).....	42
4.2.9 Análise estatística	42
4.3 Resultados	43
4.3.1 Parâmetros de qualidade da água.....	43

4.3.2	Desempenho zootécnico dos camarões e tainhas	44
4.3.3	Produção de sólidos e geração de lodo.....	45
4.3.4	Tainhas: índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K).	46
4.3.5	Contagem de <i>Vibrio</i> spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT).....	47
4.4	Discussão	48
4.4.1	Parâmetros qualidade da água	48
4.4.2	Desempenho zootécnico dos camarões e tainhas	48
4.4.3	Produção de sólidos e geração de lodo.....	49
4.4.4	Tainhas: índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K).	50
4.4.5	Contagem de <i>Vibrio</i> spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT).....	51
4.5	Conclusão.....	52
4.6	Agradecimentos	53
4.7	Referências bibliográficas.....	53
	REFERÊNCIAS DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	65

1. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Aquicultura: situação atual

Ao longo do tempo a aquicultura vem demonstrando ser uma atividade muito promissora com alto potencial de crescimento. Nos últimos dez anos, a atividade quase dobrou a produção total, incluindo todas as espécies cultivadas em nível mundial, alcançando cerca de 80 milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018).

No Brasil, a produção de camarão alcançou cerca de 60 mil toneladas em 2016, aumentando 7,4 % em relação ao ano anterior (IBGE, 2016). Porém, no ano seguinte a produção alcançou apenas 53 mil toneladas, reduzindo pouco mais que 25 % (FAO, 2018).

O principal fator que vem dificultando o crescimento da atividade ao longo dos últimos anos é presença de enfermidades, com destaque para ao vírus da síndrome da mancha branca – WSSV (White Spot Syndrome Vírus), que reduziu a quase zero a produção no sul do país e vem trazendo prejuízos para a região nordeste (LIGTHNER, 2011).

Para reverter essa situação e manter a atividade em pleno crescimento, continuam as buscas por alternativas e novas tecnologias de produção, de modo a garantir um sistema produtivo eficiente e biosseguro, com sustentabilidade (CRAB et al., 2012).

1.2 Cultivo em bioflocos (BFT – Biofloc Technology)

O sistema de cultivo em bioflocos (BFT – Biofloc Technology) consiste na manutenção de bactérias autotróficas e heterotróficas do meio através do controle da relação carbono-nitrogênio, para que os compostos nitrogenados presentes na água sejam convertidos, produzindo biomassa bacteriana (AVNIMELECH, 2007). É formado por um agregado heterogêneo de bactérias, microalgas e material particulado (SCHRYVER et al., 2008), podendo conter níveis de até 50 % de proteína bruta em sua composição (AZIM e LITTLE, 2008), servindo de alimento suplementar para os organismos cultivados. Ballester et al. (2010) demonstram que os bioflocos podem alcançar níveis próximos a 30 % de proteína bruta, sendo assim, acredita-se que pode funcionar como complemento alimentar para os organismos cultivados, tornando possível reduzir gastos com alimentação e/ou diminuir a quantidade de proteína bruta na dieta artificial (AVNIMELECH, 2007). Além disso, reduz a possibilidade de entrada de patógenos indesejáveis, uma vez que minimiza o uso e renovação da

água (EKASARI et al., 2015). Wasielesky et al.(2006) afirmam que a mínima renovação de água aumenta a biossegurança e controle nesse sistema de cultivo.

A espécie *Litopenaeus vannamei* merece destaque quando se trata de cultivo em bioflocos. Segundo Emerenciano et al. (2011) esse sistema de cultivo foi inicialmente desenvolvido, na década de 70, para diferentes espécies de camarões peneídeos, incluindo *L. vannamei*.

Figura 1: Camarão-branco *Litopenaeus vannamei*.



Fonte: o autor

Ao longo dos últimos anos, diversas pesquisas vêm sendo realizadas para buscar melhorias e desenvolver o cultivo do camarão branco em sistemas de bioflocos (RAY et al., 2010; KRUMMENAUER et al., 2011; DA SILVA et al., 2013; XU e PAN, 2013; GAONA et al., 2015). Além de minimizar o uso da água e geração de efluentes, o bioflocos é altamente aproveitado na dieta do camarão branco (BURFORD et al., 2004; WASIELESKY et al., 2006), e se encontra disponível no ambiente de cultivo vinte e quatro horas por dia (AVNIMELECH, 2007).

Dessa maneira, sabe-se que o cultivo em sistema de bioflocos é uma alternativa interessante, quando se pretende produzir em menor área, com mínimo uso da água e, conseqüentemente, menor geração de efluentes.

1.3 Cultivo de mugilídeos

A família dos mugilídeos, popularmente conhecidos por tainhas, vem sendo cultivada ao longo do último século por diversos países, de forma extensiva e semi-intensiva. Possui 66 espécies e 17 gêneros, localizados em zonas tropicais, subtropicais e temperadas (MONTEIRO-RIBAS e BONECKER, 2001). É amplamente cultivada no Egito (FAO, 2006-2018), além de ser produzido em mono e policultivo em países como Israel, Itália, China, Taiwan, entre outros (GODINHO et al., 1993). As tainhas possuem hábito alimentar iliófago, consumindo detritos vegetais e microorganismos associados ao substrato (VASCONCELOS FILHO et al., 2009), toleram ampla faixa de temperatura (euritérmicos) (OKAMOTO et al., 2006), e ampla faixa de salinidade (eurihalina) (SAMPAIO et al., 2002). Sendo assim, demonstram ser uma espécie com alto potencial para a aquicultura.

Figura 2: Tainha *Mugil liza*.



Fonte: o autor.

No Brasil, o consumo e produção de tainha estão relacionados principalmente a pesca artesanal em regiões costeiras (REIS e D'INCÃO, 2000), e é muito bem apreciada pela qualidade da carne e das gônadas, que possuem alto valor no mercado internacional (FERREIRA, 2006). Com o aumento da pressão pesqueira e conseqüente possível redução dos estoques naturais, faz-se necessário desenvolver alternativas para o cultivo desse grupo de organismos.

Nas últimas décadas, diversos estudos foram realizados a respeito das características de crescimento (SCORVO-FILHO et al., 1992),

reprodução e larvicultura das tainhas (ANDREATTA et al., 1981; ANDREATTA et al., 1983; ALVARÉS-LAJONCHÉRE et al., 1988; ALBIERI e ARAÚJO, 2010), incentivando o aumento da sua produção em nível mundial.

Além disso, foram reportados alguns trabalhos sobre a utilização das tainhas como espécie secundária (LUPATSCH et al., 2003; KATZ et al., 2002), onde os indivíduos que foram mantidos próximos a cultivos intensivos em tanque rede, obtiveram nutrição suficiente para o crescimento, além de melhorar as características do sedimento. Devido principalmente ao hábito alimentar deste grupo de peixes, tem se verificado a possibilidade do seu cultivo em sistema de bioflocos (ROCHA, 2012; EL-DAHAR et al., 2015; VINATEA, 2017), porém ainda existem diversos fatores a serem avaliados.

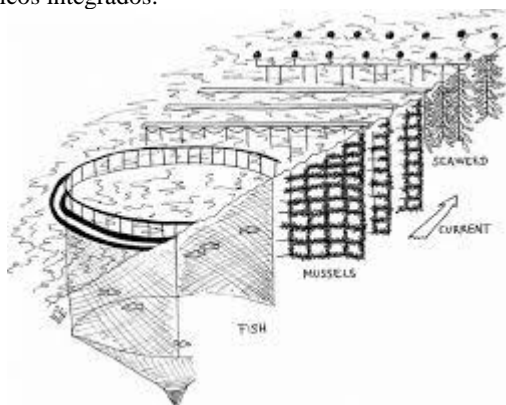
1.4 Aquicultura Multitrófica Integrada - IMTA

O cultivo tradicional do camarão, que utiliza renovação para manter a qualidade de água, possui como fator limitante a disponibilidade de água e a geração de efluentes (SAMOCHA et al., 2015).

O desenvolvimento de tecnologias que aumentem a produtividade com a redução dos impactos ambientais é fundamental para o crescimento sustentável da indústria do camarão (TACON et al., 2002). Atualmente, diversas tecnologias de cultivo são utilizadas com essas finalidades: reduzir o uso de água, produzir em menor área e diversificar a produção, através da integração de novas espécies.

A aquicultura multitrófica integrada (IMTA – Integrated Multi Trophic Aquaculture) vem sendo cada vez mais utilizada para reduzir a geração de efluentes, diversificar os produtos, melhorar a rentabilidade do negócio, aumentar a sustentabilidade e garantir maior biossegurança nas fazendas (CRAB et al., 2007; PIETRAK et al., 2012). O sistema é desenhado de modo que cada espécie cultivada ocupa um diferente nível trófico, sendo que o efluente do cultivo de uma espécie servirá de alimento para a outra (BUSCHMANN, 1996; CRUZ-SUÁREZ et al., 2010).

Figura 3: Esquema básico do princípio do funcionamento dos cultivos multitróficos integrados.



Fonte: msp-platform.eu

Alguns países asiáticos, responsáveis por uma parcela significativa da produção aquícola mundial, vem cultivando de maneira integrada através de tentativas e experimentações (LI, 1987; WEI, 1990; CHAN, 1993; QIAN et al., 1996).

Esse tipo de integração já foi reportado para a produção de macroalgas, confirmando que os nutrientes provenientes do cultivo de peixes (TROELL et al., 2003) e camarões (SAMOCHA et al., 2015) promovem o seu crescimento, sendo que fatores como a escolha da espécie, desenho da fazenda, manejo alimentar e particularidades do local podem contribuir ou não para o melhor desempenho e produtividade para ambas espécies (TROELL et al., 2009). Espécies filtradoras, como ostras e mexilhões, também já são utilizadas em cultivos integrados. A matéria orgânica proveniente dos resíduos de alimentação e excreção dos organismos cultivados foi adequada para o crescimento de moluscos bivalves localizados próximos a cultivo de peixes em tanques-rede (BUSCHMANN et al., 2000; LEFEBVRE et al., 2000; CHOPIN et al., 2008).

Na busca pelo desenvolvimento da atividade de maneira sustentável, fica evidente a importância de fomentar a produção de organismos aquáticos em cultivos integrados. Além das macroalgas e moluscos bivalves, algumas espécies de peixes já vêm sendo utilizadas em cultivos integrados, principalmente associados ao camarão branco *Litopenaeus vannamei*. Em trabalho recente, Poli et al. (2019) verificaram a integração do camarão branco com tilápia *Oreochromis niloticus* em bioflocos, e obtiveram resultados positivos com relação ao

aumento da produtividade, redução da geração de lodo por biomassa e aumento da remoção de nitrogênio e fósforo do sistema. Além disso, pesquisas apresentaram resultados interessantes em cultivo integrado da tainha com o camarão branco, em diferentes sistemas de cultivo (COSTA et al., 2013; AGHUZBENI et al., 2017; HOANG et al., 2018), como aumento da produtividade do camarão e melhores condições de qualidade da água.

Dessa maneira, pode-se afirmar que ainda há um vasto campo a ser explorado para buscar melhorias e novas técnicas de manejo que beneficiem a produção de organismos aquáticos. O cultivo integrado é um caminho interessante a se trilhar, à medida que aumenta a sustentabilidade da cadeia produtiva aproveitando ao máximo os recursos disponíveis, com mínimo desperdício (CHOPIN et al., 2001; TROELL et al., 2009).

1.5 Índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K) em peixes

Para avaliar as condições gerais de saúde e bem estar dos organismos cultivados, pode ser verificado o fator de condição (K) e/ou o índice hepatossomático (IHS).

IHS representa a porcentagem do peso do fígado em relação ao peso corporal. O fígado é o órgão no qual os peixes acumulam suas reservas energéticas e glicogênio (HOAR e RANDALL, 1971). A quantidade de gordura e/ou glicogênio nesse órgão influencia diretamente no seu peso, causando alterações no IHS. Diversos fatores podem alterar o IHS, dentre eles o ciclo reprodutivo (AGOSTINHO et al., 1990), o sexo (OLIVEIRA et al., 1997), aumento da densidade de estocagem (MONTERO et al., 1999) e presença de infecções (KUROVSKAYA e OSADCHAYA, 1993). Rafael e Braunbeck (1988) demonstraram que peixes alimentados com ração artificial obtiveram maior ganho em peso corporal e hepático que indivíduos que se alimentaram restritamente de alimentação natural.

O fator de condição é também um indicativo do bem estar dos peixes em relação a condições ambientais e fisiológicas (LE CREN, 1951). É amplamente utilizado para comparar a condição de indivíduos sob diferentes condições ambientais (COSTA e ARAÚJO, 2003) e/ou de sistemas de cultivo (VINATEA, 2017). É uma medida muito importante a se considerar em peixes em situação de cultivo, onde se busca sempre o bem estar dos organismos para que haja maior expressão do crescimento e produtividade.

1.6 Vibrioses em camarões

Os vibrios são bactérias existentes no meio aquático, com características de alta salinidade e temperatura entre 10 e 30 °C (MANJUSHA et al., 2005).

Na carcinicultura, as vibrioses são responsáveis por perdas na produção, em diversas proporções, podendo infectar cerca de 70 a 80% dos camarões (CHANDRAKALA e PRIYA, 2017). Além disso, pode causar infecções em todas as fases da vida em camarões peneídeos, podendo levar a 100% de mortalidade em alguns casos (AGUIRRE-GUZMÁN et al., 2010). Segundo BROCK e MAIN (1994), as principais espécies que trazem prejuízo aos produtores de camarão são: *Vibrio harveyi*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus* e *Vibrio alginolyticus*. Os principais sintomas encontrados em camarões infectados são inflamações nas brânquias, no hepatopâncreas e no tecido conjuntivo, além de necrose cuticular e alterações na coloração do exoesqueleto (CHANDRAKALA e PRIYA, 2017).

Sabendo do prejuízo que esse tipo de enfermidade leva ao cultivo de camarão, diversas alternativas vêm sendo utilizadas para reduzir tal problema, principalmente com o uso de probióticos (RENGPIPAT et al., 1998; MORIARTY, 1998; BALCÁZAR et al., 2007; LI et al., 2007; DE VITA, 2008; RAMÍRES et al., 2017; QUIROZ-GUSMÁN et al., 2018). Por outro lado, tem se observado a possibilidade de reduzir a presença de organismos patogênicos através da integração com peixes. A interface biológica entre o peixe e o meio aquático, formada por uma camada de muco, é composta por diversas secreções, que atuam como lubrificante (ROSEN e CORNFORD, 1971), proteção mecânica e osmorregulação (CAMERON e ENDEAN, 1973), além de apresentar potencial na prevenção de parasitas, bactérias e fungos (EBRAN et al., 2000). Em diversos estudos, foram verificados benefícios do muco de diversas espécies de peixes, devido a propriedades antibióticas (AUSTIN e MCINTOSH, 1988; MAGARIÑOS et al., 1995; EBRAN et al., 1999) e antifúngicas (HELLIO et al., 2002) presentes nas proteínas de sua epiderme. Tendencia et al. (2006) também demonstraram que em policultivo com tilápia e garoupa, os camarões obtiveram resultados positivos de sobrevivência, possivelmente devido a propriedades antibacterianas presentes no muco destes peixes.

Assim, é uma alternativa interessante continuar investigando o potencial de diferentes espécies de peixes para a inibição de patógenos ao cultivo, a partir das propriedades presentes no muco, entre outros fatores ainda desconhecidos.

1.7 Considerações do autor

No cenário atual de desenvolvimento da aquíicultura, é cada vez mais importante a busca pelo desenvolvimento de novas tecnologias e alternativas que tragam benefícios a produção. O sistema de cultivo em bioflocos (BFT – Biofloc Technology) é um método relativamente novo, que possui um vasto campo a ser explorado e desenvolvido. Dentre eles, o manejo e controle dos sólidos é um aspecto muito importante a ser considerado, devido à alta geração de sólidos proveniente desse sistema de cultivo. A busca pela sustentabilidade é fundamental principalmente relacionada à geração de resíduos e uso dos recursos.

O experimento proposto a seguir é parte fundamental para o desenvolvimento do cultivo integrado em sistema de bioflocos e tem como objetivo encontrar alternativas viáveis para o controle dos sólidos no sistema através da integração com a tainha, verificando o potencial e a condição de bem estar da espécie para essa finalidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a possibilidade de integração da tainha *Mugil liza* ao cultivo da camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei* utilizando tecnologia de cultivo em bioflocos - BFT.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho zootécnico do camarão branco em monocultivo e em cultivo integrado com tainha em sistema de bioflocos;
- Comparar duas metodologias distintas de integração do camarão com a tainha: convivendo no mesmo tanque e em tanques separados.

3. ARTIGO CIENTÍFICO

A presente dissertação está dividida em dois capítulos. O primeiro é a fundamentação teórica do tema apresentando uma introdução geral, e o segundo é um artigo científico na íntegra, formatado segundo as normas de submissão da revista *Aquaculture* (Elsevier), qualis A2 da CAPES e fator de impacto 2,710).

4. CAPÍTULO 2: ARTIGO: Cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e *Mugil liza* em sistema de cultivo com bioflocos: desempenho zootécnico, geração de lodo e redução de *Vibrio* spp.

Bruno Augusto Amato Borges¹, João Lucas Rocha¹, Paulo Henrique Oliveira Pinto¹, Thiago Zacheu¹, Ana Clara Chede¹, Caio Cesar Franca Magnotti², Vinicius Ronzani Cerqueira², Luis Alejandro Vinatea¹

¹ Laboratório de Camarões Marinhos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Rua dos Coroas, 503, CEP 88061-600, Barra da Lagoa, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

² Laboratório de Peixes Marinhos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Rua dos Coroas, 503, CEP 88061-600, Barra da Lagoa, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

RESUMO

O experimento foi composto por quatro tratamentos: monocultivo do camarão (MC), integração camarão e tainha, convivendo no mesmo tanque (ICT), integração camarão e tainha, em tanques separados (ICTS) e monocultivo de tainha (MT). Foi conduzido durante 41 dias. As unidades experimentais consistiram em um tanque matriz (800 L), funcionando em recirculação com um tanque adicional (90 L). O tanque matriz foi povoado com 2000 camarões com peso médio de $0,18 \pm 0,02$ g. A tainha (peso médio inicial $0,95 \pm 0,03$ g) foi povoada com uma densidade inicial correspondente a 10 % da biomassa inicial de camarão, ao final da primeira semana. Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia, com ração comercial (40 % de proteína bruta), e semanalmente foram realizadas biometrias para ajustar a quantidade de ração. Não foi oferecida dieta específica para as tainhas em ICT e ICTS. Em MT, as tainhas foram alimentadas com ração comercial para peixes (40 % de proteína bruta), com 2,5 % da biomassa. Ao final do experimento, não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) entre o peso médio final do camarão ($1,43 \pm 0,05$ g), sobrevivência ($97 \pm 1,5$ %), conversão alimentar aparente ($1,5 \pm 0,05$) e taxa de crescimento específico ($5,05 \pm 0,09$ % dia⁻¹). Para as tainhas, obteve-se diferença significativa ($p < 0,05$) para ganho em peso, taxa de crescimento específico e biomassa final, sendo maior em ICT. O índice hepatossomático (IHS) das tainhas apresentou diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos ICT e ICTS. A concentração de sólidos suspensos totais,

sólidos sedimentáveis, geração de lodo e lodo: biomassa foram diferentes entre os tratamentos ($p < 0,05$). Além disso, nos tratamentos com tainha (ICT, ICTS e MT) a presença de bactérias do gênero *Vibrio* foi significativamente menor ($p < 0,05$). Os resultados demonstram maior produtividade de camarão em monocultivo. As tainhas reduziram o desempenho zootécnico do camarão, porém houve redução significativa dos sólidos nos cultivos integrados, evidenciando o consumo do biofloco pela tainha. Não há necessidade de realizar a integração das espécies em tanques separados. A presença das tainhas reduziu a quantidade de *Vibrio* spp. no cultivo, e as tainhas em ICTS obtiveram crescimento e sobrevivência apenas com biofloco na dieta, demonstrando ser uma espécie bem adaptada ao cultivo em bioflocos.

Palavras-chave: Bioflocos, camarão branco, tainha, sólidos, *Vibrio*.

4.1 Introdução

Ao longo do tempo a aqüicultura vem demonstrando ser uma atividade muito promissora com alto potencial de crescimento. Nos últimos dez anos, a atividade quase dobrou a produção total, incluindo todas as espécies cultivadas em nível mundial, alcançando torno de 80 milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018).

Na busca pelo crescimento da atividade, ao longo dos últimos anos vem sendo desenvolvida e aprimorada uma nova tecnologia que possibilita aumento de produtividade em menor área, denominada tecnologia de bioflocos (BFT – Biofloc Technology), que torna possível produzir em altas densidades com mínima ou zero renovação de água, apenas para compensar a evaporação (BROWDY et al., 2001). Além disso, a mínima renovação de água aumenta a sua biossegurança, uma vez que reduzem as chances de entrada de patógenos externos (WASIELESKY et al., 2006). Porém, esse sistema é relativamente complexo, principalmente em relação à microbiologia e controle dos sólidos presentes, necessitando de constante aeração e movimentação da água para manter os sólidos suspensos na coluna d'água (AVNIMELECH, 2009).

Um dos principais problemas que ocorrem nesse sistema de cultivo é o grande acúmulo de sólidos e sua possível precipitação no fundo (HOPKINS et al., 1995; WASIELESKY et al., 2006; HARGREAVES, 2013; RAY et al., 2010), prejudicando a qualidade da água e o bem-estar dos organismos cultivados, devido principalmente ao aumento da concentração de compostos nitrogenados (THAKUR e LIN, 2003; EMERENCIANO, 2013). Além disso, o excesso de sólidos no

ambiente pode causar o entupimento das brânquias do camarão *L. vannamei* prejudicando de maneira significativa seu crescimento (SCHVEITZER et al., 2013; SAMOCHA et al., 2011; SPELTA, 2016).

Atualmente, os principais métodos utilizados para controle e remoção dos sólidos presentes no sistema de produção em bioflocos são o uso de decantadores e a renovação de água. Em trabalho realizado por Arantes et al. (2017), foi demonstrado que o uso de decantadores é significativamente melhor que a renovação de água para remover sólidos no sistema, melhorando como consequência alguns aspectos de qualidade de água. Porém, o uso destes decantadores exige um manejo relativamente grande (GAONA et al., 2011; HARGREAVES, 2013) e ainda gera lodo rico em compostos orgânicos que deve passar por tratamento ou ser reutilizado de alguma forma. Dessa maneira, esforços vêm sendo direcionados em busca de desenvolver meios de minimizar a geração de resíduos sem prejudicar a produtividade. A integração de diferentes espécies que ocupem níveis tróficos distintos no cultivo (IMTA – Integrated Multi Trophic Aquaculture) já é realizada, e demonstra ser um caminho interessante a se trilhar para o crescimento sustentável da atividade. Esse sistema de cultivo já é utilizado para produzir o camarão branco *Litopenaeus vannamei* integrado com tilápia do nilo *Oreochromis niloticus* (TENDENCIA et al., 2006; POLI et al., 2018), mas ainda há um vasto campo a ser explorado, principalmente com relação as novas espécies com potencial para uso e técnicas de manejo empregadas.

Surge a possibilidade de controlar os sólidos do cultivo através do cultivo integrado com tainha *Mugil liza*. Para isso, primeiramente devem ser considerados alguns aspectos importantes que definirão o sucesso ou não do sistema. É fundamental verificar previamente se haverá consumo dos sólidos pelas tainhas, acompanhando também suas condições de bem-estar e crescimento. Além disso, é necessário saber se a presença das tainhas no ambiente gera alguma competição por alimento, prejudicando o crescimento do camarão. Sabe-se que os organismos do gênero *Mugil* possuem hábito alimentar iliófago-detritívoro, consumindo principalmente zooplâncton, matéria orgânica e detritos associados ao substrato (FAO, 2006-2018; LUPATSCHE et al., 2003; VASCONCELOS FILHO et al., 2009), cuja composição é semelhante à do biofoco, que consiste em um agregado de algas (diatomáceas e dinoflagelados), bactérias, ciliados, rotíferos, nematóides e detritos (MANAN et al., 2017), podendo alcançar uma concentração de até 50 % de proteína bruta (AZIM e LITTLE, 2008). É um gênero com alto potencial para o policultivo, já que se alimentam do menor nível trófico,

pastoreando detritos da superfície de substratos como rochas ou plantas (MORIARTY, 1976; ODUM, 1970). Adaptou-se ao cultivo em bioflocos, tolerando concentrações de sólidos de até 700 mg L⁻¹ (ROCHA, 2012). Além disso, foram reportados alguns trabalhos sobre a utilização das tainhas como espécie secundária (LUPATSCH et al., 2003; KATZ et al., 2002), onde os indivíduos que foram mantidos próximos a cultivos intensivos em tanque rede, obtiveram nutrição suficiente para o crescimento, além de melhorar as características do sedimento. Sendo assim, acredita-se que a tainha consumirá significativamente os sólidos presentes no cultivo.

Trabalhos realizados com policultivo de camarão com tainha e/ou parati, vem obtendo sucesso do ponto de vista produtivo e de qualidade da água. Melo et al. (2016) demonstraram que a quantidade de sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais presentes em policultivo do camarão branco com parati *Mugil curema* foi significativamente menor que em monocultivo de camarão (dependendo da biomassa de parati), evidenciando o consumo dos sólidos por parte dos mugilídeos. Além disso, Aghuzbeni et al. (2017) demonstraram que em viveiro escavado, a presença de tainha *M. cephalus*, no cultivo do camarão *L. vannamei* melhorou as condições de qualidade da água e o desempenho zootécnico do camarão. O gênero *Mugil* possui alto potencial para o cultivo em sistemas integrados, portanto, deve-se buscar maior conhecimento sobre o cultivo dessa espécie.

Além disso, na carcinicultura em bioflocos, as vibrioses são responsáveis por altas perdas na produção, em diversas proporções, podendo infectar cerca de 70 a 80 % dos camarões (CHANDRAKALA e PRIYA, 2017), e causar infecções em todas as fases da vida em camarões peneídeos, levando a até 100 % de mortalidade em alguns casos (AGUIRRE-GUZMÁN et al., 2010). A interface biológica entre o peixe e o meio aquático, formada por uma camada de muco, é composta por diversas secreções, que atuam como lubrificante (ROSEN e CORNFORD, 1971), proteção mecânica e osmorregulação (CAMERON e ENDEAN, 1973), além de apresentar potencial na prevenção de parasitas, bactérias e fungos (EBRAN et al., 2000). Em diversos estudos, foram verificados benefícios do muco de diversas espécies de peixes, devido a propriedades antibióticas (AUSTIN e MCINTOSH, 1988; MAGARIÑOS et al., 1995; EBRAN et al., 1999) e antifúngicas (HELLIO et al., 2002) presentes nas proteínas de sua epiderme. Dessa maneira, buscou-se verificar também se a presença das tainhas reduz a presença de *Vibrio* spp. na água de cultivo.

O objetivo do trabalho foi avaliar a possibilidade de integração da tainha *Mugil liza* ao cultivo da camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei* em bioflocos – BFT, comparando dois métodos de integração camarão-tainha: convivendo no mesmo tanque ou em tanques separados.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local e objeto de estudo

O experimento foi conduzido durante 41 dias no Laboratório de Camarões Marinhos – LCM, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, localizado na Barra da lagoa, Florianópolis, Santa Catarina (27,57° S, 48,43° O).

O camarão branco *Litopenaeus vannamei* foi adquirido na empresa Aquatec LTDA, linhagem Speed Line. A tainha *Mugil liza* foi adquirida do Laboratório de Piscicultura Marinha – LAPMAR da UFSC, proveniente de desova realizada no próprio laboratório, seguindo protocolo de Cerqueira et al. (2017). Este trabalho foi previamente analisado e aprovado pelo Comitê de Ética e Uso de Animais – CEUA da UFSC (Protocolo 9181090418).

4.2.2 Delineamento e unidades experimentais

O experimento foi composto por quatro tratamentos em triplicata: monocultivo do camarão (MC), integração camarão e tainha, convivendo no mesmo tanque (ICT), integração camarão e tainha, em tanques separados (ICTS) e monocultivo de tainha (MT).

As unidades experimentais foram compostas por dois tanques funcionando em recirculação: o tanque matriz e o tanque de recirculação. A água foi recirculada com o uso de bomba (650 L h⁻¹), e retornada ao tanque matriz por gravidade, como ilustra a figura 1:

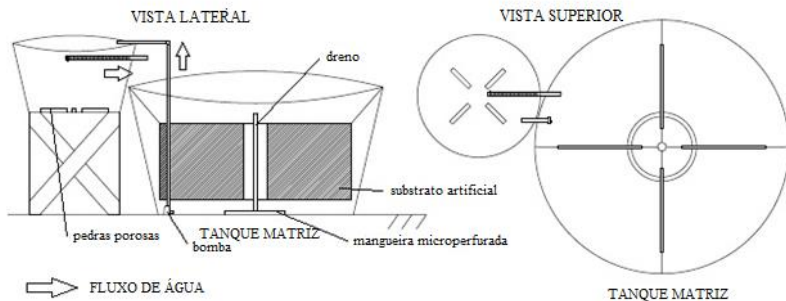


Figura 1: Vista lateral e superior das unidades experimentais, principais componentes e fluxo da água.

O tanque matriz consistiu em caixas d'água circulares com capacidade útil de 800 L, com anel central de aeração de modo a proporcionar agitação e oxigenação ($\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$) da coluna d'água e evitar a sedimentação dos sólidos. Foi controlada a temperatura ($28 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) e mantida na faixa desejada com o uso de aquecedores 800 W. Os tanques foram cobertos por rede e estavam alocados em uma estufa com fotoperíodo natural. Foi utilizado substrato artificial do tipo *needlona*®, composto por quatro placas retangulares (0,40 X 0,55 m), representando 80 % da área de superfície do tanque.

O tanque de recirculação consistiu em caixas d'água circulares com capacidade útil de 90 L, onde ficaram acondicionadas as tainhas do tratamento ICTS. Nos outros tratamentos, o tanque de recirculação adicional não teve nenhum organismo em seu interior. Esse tanque possuiu aeração própria, com quatro pedras porosas coladas no fundo, de modo a garantir que os sólidos não sedimentem no local.

4.2.3 Povoamento e alimentação

No primeiro dia de experimento foi realizado o povoamento do camarão, com uma densidade de 2500 camarões por m^3 , totalizando 2000 camarões (peso médio de $0,18 \pm 0,02 \text{ g}$) por unidade experimental (biomassa inicial de 360 g). O povoamento da tainha (peso médio de $0,95 \pm 0,09 \text{ g}$) foi realizado ao final da primeira semana, com biomassa relativa a 10 % da biomassa de camarão (HOANG et al., 2018) estimada ao final da primeira semana, totalizando $40,74 \pm 0,57 \text{ g}$ de biomassa inicial. Durante os sete dias prévios ao povoamento, as tainhas passaram por um processo de aclimação ao bioflocos, de modo que a cada dia

foi-se aumentando gradativamente a concentração de sólidos suspensos totais na água através da adição de ração e melação de cana, em uma relação carbono:nitrogênio de 15:1 (AVNIMELECH, 2015), evitando uma mudança abrupta das características do ambiente.

Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia (08h30min, 11h30min, 14h, 17h), com ração comercial para camarões *Guabi Potimar*® 40 PL (proteína bruta 40 %; umidade 10 %; extrato etéreo 7,5 %; fibra bruta 4 %; matéria mineral 14 %). No tratamento MT, as tainhas foram alimentadas com ração comercial para peixes *Nutripisces*® 0,8 – 1 mm (proteína bruta 45 %; umidade 13 %; extrato etéreo 9 %; fibra bruta 3,6 %; matéria mineral 16 %) quatro vezes ao dia (08h30min, 11h30min, 14h, 17h), com 2,5 % da biomassa total de peixes. Não foi ofertada ração adicional para as tainhas nos tratamentos ICT e ICTS.

4.2.4 Parâmetros de qualidade de água

Durante o experimento, a temperatura e o oxigênio dissolvido foram medidos diariamente, duas vezes ao dia (8h30min e 14h), com o oxímetro YSI pro20. Duas vezes por semana, foram verificados a salinidade (salinômetro digital Ecosense EC300A), pH (pHmetro Thermo Scientific Orion Star A211), alcalinidade (titulométrico) (APHA, 2005 - 2320B), sólidos suspensos totais (SST) (APHA, 2005 - 2540D) e sólidos sedimentáveis (SS) através do cone Imhoff. A amônia total (TAN) (indofenol com trione) (GRASSHOFF et al., 1983) e nitrito (NO_2) (diazotação) (STRICKLAND e PARSONS, 1972) foram mensurados duas vezes por semana. O nitrato (NO_3) foi mensurado no início, meio e final do experimento com kit colorimétrico, de acordo com método descrito por Strickland and Parsons (1972).

Para manter a relação C:N do cultivo em 15:1 (AVNIMELECH, 1999), foi adicionado melação de cana-de-açúcar como fonte de carbono, assumindo que o camarão assimila 25 % do nitrogênio presente na ração e o restante é excretado na forma de amônia. Além disso, adicionou-se 20g de melação para cada grama de amônia total presente na água, caso a quantidade ultrapassasse 1 mg L^{-1} (AVNIMELECH, 1999). A alcalinidade foi corrigida, de modo que se mantenha próximo a 150 mg L^{-1} de CaCO_3 , valores que não comprometem os índices zootécnicos do camarão durante o cultivo (EBELING et al., 2006; HARGREAVES, 2013; PIÉRRRI et al., 2015).

A água inicial do cultivo foi preparada utilizando 400 litros de água proveniente de um tanque de cultivo de camarão em bioflocos do

laboratório. O volume restante foi completado com água do mar, buscando uma concentração inicial de 300 a 400 mg L⁻¹ de SST, para que posteriormente fossem povoados os tanques. Parâmetros iniciais de qualidade da água: amônia total (TAN) = 0,75 ± 0,04 mg L⁻¹; nitrito (NO₂) = 0,27 ± 0,04 mg L⁻¹; nitrato (NO₃) = 22,56 ± 11,72 mg L⁻¹; sólidos suspensos totais (SST) = 266,7 ± 28,6 mg L⁻¹; pH = 8,40 ± 0,08; salinidade = 32,6 ± 0,15; alcalinidade = 152 ± 4 mg L⁻¹.

4.2.5 Remoção e quantificação do lodo

Para verificar a quantidade de lodo gerado entre os tratamentos, todo o lodo removido através do decantador foi quantificado. Caso a concentração de SST supere 600 mg L⁻¹ (SCHVEITZER, 2012; 2013; AVNIMELECH, 2015), foi feita a remoção dos sólidos pelo decantador, com volume útil de 60 L, funcionando a uma vazão de 33 L h⁻¹, adaptado de Arantes et al. (2017b). O lodo removido do decantador foi quantificado em balde graduado e a quantidade de sólidos suspensos totais (SST) presente nesse lodo foi quantificada através do método gravimétrico (APHA, 2005 - 2540D). Dessa maneira, os sólidos removidos (SR) do sistema foram quantificados, e ao final do experimento foi possível verificar o total de lodo produzido em cada tratamento durante o cultivo, segundo a equação:

$$\text{Lodo produzido (g)} = \frac{(\text{SST}_{\text{final}} \times V) - (\text{SST}_{\text{inicial}} \times V)}{1000} + (\text{SR})$$

Onde:

SST_{final} = sólidos suspensos totais no final do cultivo (mg. L⁻¹)

SST_{inicial} = sólidos suspensos totais no início do cultivo (mg. L⁻¹)

V = volume (L)

SR = quantidade de sólidos removidos durante o cultivo (g)

A relação da quantidade de lodo gerado pela biomassa produzida também foi quantificada, segundo a equação:

$$\text{Relação lodo: biomassa} = \frac{\text{Lodo produzido (kg)}}{\text{Biomassa total (kg)}}$$

4.2.6 Desempenho zootécnico dos camarões e tainhas

Para acompanhar o crescimento do camarão e ajustar a quantidade de ração fornecida, foram realizadas biometrias semanais, segundo a recomendação de Van Wik (1999).

Ao final do experimento foram verificados o peso médio dos camarões (g), sobrevivência (%), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar aparente (CAA), biomassa (kg) e produtividade (kg m⁻³), segundo as equações:

$$N = \frac{\text{biomassa final}}{\text{peso medio}}$$

$$TCE (\%dia^{-1}) = \left(\frac{(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{tempo}} \right) X 100$$

$$S (\%) = \frac{N_{\text{final}}}{N_{\text{inicial}}} X 100$$

$$CAA = \frac{\text{ração ofertada}}{\text{incremento na biomassa}}$$

$$PROD (kg.m^{-3}) = \frac{\text{biomassa final}}{\text{volume}}$$

Para as tainhas, foram realizadas duas biometrias (inicial e final) para mensurar o ganho em peso (g), taxa de crescimento específico (TCE), biomassa (g) e sobrevivência (%) durante o cultivo, segundo as equações:

$$GP (g) = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

$$TCE (\%dia^{-1}) = \left(\frac{(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{tempo}} \right) X 100$$

$$S (\%) = \left(\frac{N_{\text{final}}}{N_{\text{inicial}}} \right) X 100$$

4.2.7 Tainhas: índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K)

Para verificar as condições de bem estar das tainhas foram verificados o índice hepatossomático (IHS) e o fator de condição (K), no início e final do experimento.

Para avaliar o IHS no início, quinze tainhas foram selecionadas e eutanasiadas aleatoriamente, provenientes do tanque de aclimação inicial. No final, foram selecionadas cinco tainhas aleatoriamente de cada unidade experimental, totalizando quinze tainhas por tratamento. Em ambos os momentos foi retirado o fígado de cada indivíduo para pesagem, além do peso corporal, para aplicar na fórmula:

$$IHS = \left(\frac{\text{Peso corporal}}{\text{Peso fígado}} \right) \times 100$$

Para a realização do fator de condição (K), foram selecionados sete indivíduos aleatoriamente de cada tratamento no povoamento e na despesca, para a pesagem e medição do comprimento total, para aplicar na seguinte fórmula:

$$K = \left(\frac{\text{peso total}}{(\text{comprimento total})^3} \right) \times 100$$

Para os procedimentos, as tainhas foram eutanasiadas por aprofundamento anestésico através de imersão em solução com eugenol 75 mg L⁻¹.

4.2.8 Contagem de *Vibrio* spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT)

Para quantificar a presença de bactérias do gênero *Vibrio* nos diferentes sistemas, foram realizadas a contagem inicial (n=1) e final (n=3) de *Vibrio* spp., além da contagem final de bactérias heterotróficas totais (n=3) (BHT). Foram coletadas amostras de água de cada unidade experimental, homogeneizadas, diluídas serialmente (1/10) em solução salina estéril 3 % (SSE) e semeadas em meio de cultura Agar Marinho e TCBS para contagem de bactérias heterotróficas totais e *Vibrio* spp., respectivamente. Os meios de cultura foram incubados em estufa a 30 °C e após 24 horas, foi feita a contagem total de unidades formadoras de colônias (UFC).

4.2.9 Análise estatística

Os dados foram analisados através da análise de variância (ANOVA) unifatorial, seguida do teste de Tukey quando necessário (ZAR, 2010). Foram verificados previamente os pré-requisitos de

homocedasticidade e normalidade, através dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente (ZAR, 2010). Quando os pré-requisitos da ANOVA não foram cumpridos, os dados foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis seguido por intervalos de confiança, se necessário. Todos os testes foram realizados considerando um nível de significância $p < 0,05$.

4.3 Resultados

4.3.1 Parâmetros de qualidade da água

Durante o experimento, os valores de oxigênio dissolvido mantiveram-se em torno de $5,5 \text{ mg L}^{-1}$, sendo estatisticamente maiores em MT ($p < 0,05$). A temperatura manteve-se próxima a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ e a salinidade em torno de 32 g L^{-1} . O pH permaneceu estável ao longo do experimento, com valores em torno de 8,00 e a alcalinidade manteve-se na faixa de 160 mg L^{-1} , sendo constantemente corrigida ao longo do experimento, com a adição de cal hidratada. Não foi observada diferença para a concentração de amônia total ($p > 0,05$), porém houve diferença para concentração de nitrito e nitrato ($p < 0,05$). Foram observadas diferenças significativas na maioria das variáveis de qualidade da água (Tabela 1), principalmente relacionada ao tratamento MT. Durante o experimento, não foi necessária a adição de melão em MC, ICT e ICTS para o controle da relação C:N, que se manteve estável durante o experimento. Em MT, foi adicionado melão de cana diariamente para manter a relação C:N em 15:1.

Tabela 1: Parâmetros de qualidade da água de monocultivo de camarão, camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração e monocultivo de tainhas, cultivados durante 41 dias em sistema de bioflocos.

	MC	ICT	ICTS	MT	<i>p</i>
T (°C)	28,10 ± 0,82 ^{ab}	28,35 ± 0,71 ^b	28,31 ± 0,72 ^b	27,78 ± 0,83 ^a	0,0000
OD (mg L ⁻¹)	5,58 ± 0,29 ^b	5,58 ± 0,28 ^b	5,58 ± 0,3 ^b	6,06 ± 0,27 ^a	0,0000
pH	8,02 ± 0,17 ^b	8,05 ± 0,15 ^b	8,01 ± 0,16 ^b	8,24 ± 0,04 ^a	0,0001
Salinidade (g L ⁻¹)	31,67 ± 1,81 ^b	32,08 ± 1,21 ^{ab}	32,19 ± 1,24 ^{ab}	33,19 ± 0,71 ^a	0,0001
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	167 ± 22,95 ^b	158,11 ± 14,61 ^{ab}	154,61 ± 16,28 ^a	164,26 ± 14,05 ^{ab}	0,0491
Amônia total N-NH _{3,4} (mg L ⁻¹)	0,45 ± 0,43	0,39 ± 0,28	0,34 ± 0,23	0,25 ± 0,10	0,1011
Nitrito N-NO ₂ ' (mg L ⁻¹)	1,46 ± 2,00 ^b	1,41 ± 2,17 ^b	1,39 ± 2,08 ^b	0,32 ± 0,28 ^a	0,0436
Nitrato N-NO ₃ ' (mg L ⁻¹)	15,44 ± 11,17 ^b	15,85 ± 11,36 ^b	14,04 ± 11,99 ^b	3,1 ± 1,06 ^a	0,0021

Dados apresentados em média ± desvio padrão. Diferentes letras indicam diferença estatística pela análise de Kruskal-Wallis seguida de intervalos de confiança ($p < 0,05$).

4.3.2 Desempenho zootécnico dos camarões e tainhas

A produtividade do camarão branco em monocultivo foi maior ($p < 0,05$) que nos cultivos integrados (Tabela 2). O peso médio final entre os tratamentos foi de $1,43 \pm 0,05$ g, e a sobrevivência foi de $97\% \pm 1,5\%$. A taxa de crescimento específico (TCE) foi em média de $5,05 \pm 0,09\%$ dia⁻¹. Em média, a conversão alimentar aparente (CAA) foi de $1,5 \pm 0,05$.

Para as tainhas obteve-se diferença para as variáveis ganho em peso, taxa de crescimento específico e biomassa final ($p < 0,05$). As maiores diferenças foram observadas no tratamento ICTS, onde as tainhas consumiram apenas o bioflocos como fonte de alimento (Tabela 2).

A biomassa total final do sistema (camarão e tainha) foi semelhante ($p > 0,05$) entre os tratamentos MC, ICT e ICTS e estes se diferenciaram do tratamento MT ($p < 0,05$), devido à menor biomassa existente (Tabela 2).

Tabela 2: Desempenho zootécnico de monocultivo de camarão (MC), camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração (ICT e ICTS) e monocultivo de tainhas (MT).

	MC	ICT	ICTS	MT	<i>p</i>
Desempenho camarão					
Peso médio final (g)	1,50 ± 0,03	1,37 ± 0,05	1,42 ± 0,06	-	0,0762
Sobrevivência (%)	98,74 ± 1,23	97,23 ± 3,19	98 ± 2,70	-	0,7720
Conversão alimentar aparente	1,55 ± 0,08	1,61 ± 0,03	1,51 ± 0,08	-	0,2751
Taxa de crescimento específico (% dia ⁻¹)	5,17 ± 0,06	4,96 ± 0,10	5,04 ± 0,11	-	0,0685
Biomassa final (kg)	3,00 ± 0,17	2,67 ± 0,08	2,81 ± 0,03	-	0,0823
Produtividade (kg m ⁻¹)	3,75 ± 0,21 ^b	3,34 ± 0,1 ^a	3,51 ± 0,04 ^{ab}	-	0,0307
Desempenho tainha					
Ganho em peso (g)	-	6,26 ± 0,77 ^b	2,7 ± 0,17 ^a	5,41 ± 1,58 ^b	0,0128
Sobrevivência (%)	-	95,55 ± 4,19	95,6 ± 3,81	98,46 ± 1,33	0,5230
Taxa de crescimento específico (% dia ⁻¹)	-	5,73 ± 0,17 ^b	3,91 ± 0,25 ^a	5,09 ± 0,82 ^{ab}	0,0124
Biomassa final (g)	-	288,06 ± 24,14 ^b	152,38 ± 8,73 ^a	242,6 ± 32,21 ^b	0,0011
Camarão + tainha					
Biomassa total final (kg)	3,00 ± 0,17 ^b	2,96 ± 0,1 ^b	2,96 ± 0,03 ^b	0,24 ± 0,03 ^a	0,0001 #

Dados apresentados em média ± desvio padrão. Diferentes letras indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). # indica que foi realizado o teste de Kruskal-Wallis seguido por intervalos de confiança.

4.3.3 Produção de sólidos e geração de lodo

Não foram observadas diferenças para concentração de sólidos suspensos totais entre MC, ICT e ICTS ($p > 0,05$), porém estes se diferenciaram de MT ($p < 0,05$). O lodo gerado durante o experimento também foi diferente entre os tratamentos, sendo estatisticamente menor ($p < 0,05$) em MT, seguido de ICT, ICTS e MC. Já para a geração de lodo:biomassa, o valor para MT foi maior, devido a pouca biomassa

produzida e constante adição de fonte de carbono (melaço de cana) nesse tratamento (Tabela 3).

Tabela 3: Concentração de sólidos sedimentáveis (SS), sólidos suspensos totais (SST), lodo gerado e lodo por biomassa em monocultivo de camarão (MC), camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração (ICT e ICTS) e monocultivo de tainhas (MT), cultivados durante 41 dias em sistema de bioflocos.

	MC	ICT	ICTS	MT	<i>p</i>
SS (mL L ⁻¹)	7,69 ± 6,9	5,98 ± 5,14	5,68 ± 4,43	-	0,6621 #
SST (mg L ⁻¹)	709,97 ± 255,94 ^b	693,16 ± 215,33 ^b	706,52 ± 252,13 ^b	393,76 ± 71,43 ^a	0,0000 #
Lodo gerado (g)	1235,63 ± 130,70 ^c	861,20 ± 201,39 ^b	945,25 ± 48,02 ^{bc}	127,20 ± 17,54 ^a	0,0000
Lodo: biomassa	0,41 ± 0,05 ^{ab}	0,29 ± 0,07 ^a	0,31 ± 0,01 ^a	0,53 ± 0,11 ^b	0,0163

Dados apresentados em média ± desvio padrão. Diferentes letras indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). # indica que foi realizado o teste de Kruskal-Wallis seguido por intervalos de confiança.

4.3.4 Tainhas: índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K)

Para as tainhas, o índice hepatossomático (IHS) inicial foi semelhante aos valores finais obtidos em MT, ICT e ICTS. Porém, observou-se diferença ($p < 0,05$) entre os valores finais de ICT e ICTS (Tabela 4), sendo ICTS o menor valor de IHS obtido.

Já com ralação ao fator de condição (K), não houve diferença entre os fatores de condição iniciais e finais ($p > 0,05$), sendo que K aumentou no decorrer do experimento, apresentando valores numericamente maiores ao final (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de índice hepatossômático (IHS) e fator de condição (K) das tainhas cultivadas em bioflocos em monocultivo e nos diferentes métodos de integração, por 35 dias.

	INICIAL	MT	ICT	ICTS	<i>p</i>
IHS	2.12 ± 0.39 ^{ab}	2.26 ± 0.46 ^{ab}	2.34 ± 0.41 ^b	1,92 ± 0,34 ^a	0.0364
K inicial		1.13 ± 0.08	1.12 ± 0.09	1.11 ± 0.13	0.8640
K final		1.20 ± 0.1	1.20 ± 0.06	1.23 ± 0.13	0.5448

Dados apresentados em média ± desvio padrão. Diferentes letras indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.3.5 Contagem de *Vibrio* spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT)

Ao final do experimento, verificou-se que a quantidade final de *Vibrio* spp. foi significativamente menor ($p < 0,05$) nos tratamentos com a presença das tainhas (Tabela 5). No início do experimento, a contagem de *Vibrio* spp. foi numericamente diferente entre os tratamentos, apresentando maiores valores em MC e ICT. Ao final foi observada em MC uma maior quantidade ($p < 0,05$) de *Vibrios* spp. ($7,6 \times 10^4 \pm 4,71 \times 10^4$), seguido por ICT, ICTS e MT. A quantidade de bactérias heterotróficas totais (BHT) ao final foi semelhante estatisticamente ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5: Quantidade de *Vibrio* spp. no início, e *Vibrio* spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT) no início e final do experimento em monocultivo de camarão (MC), camarão integrado com tainha com diferentes métodos de integração (ICT e ICTS) e monocultivo de tainhas (MT) em sistema de bioflocos.

	MC	ICT	ICTS	MT	<i>p</i>
Início					
Vibrios ($10^2 \times$ UFC mL ⁻¹)	18	22	4	3	-
Final					
Vibrios ($10^2 \times$ UFC mL ⁻¹)	760 ± 471 ^c	76 ± 50,3 ^b	46,3 ± 29,7 ^b	2,33 ± 1,53 ^a	0,0224
BHT ($10^4 \times$ UFC mL ⁻¹)	53,3 ± 58,6	76,7 ± 47,3	66,7 ± 55,1	13,3 ± 5,7	0,1051

Dados apresentados em média ± desvio padrão. Diferentes letras indicam diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguido por intervalos de confiança.

4.4 Discussão

4.4.1 Parâmetros qualidade da água

Durante o experimento, a concentração de oxigênio dissolvido (acima de $5,5 \text{ mg L}^{-1}$) não foi fator limitante para o crescimento do camarão e da tainha. Temperatura, pH, salinidade e alcalinidade também foram mantidos dentro dos limites sugeridos para o cultivo do camarão branco e para a maioria dos peixes de água doce (BOYD, 1990; VAN WYK e SCARPA, 1999; TIMMONS et al., 2009). A salinidade apresentou maiores valores em MT, possivelmente devido à menor temperatura média nesse tratamento, que resultou em menor evaporação de água, e conseqüentemente menor reposição de água doce. A variável pH foi maior ($p < 0,05$) em MT, devido a valores mais estáveis de alcalinidade durante o experimento (VAN WYK e SCARPA, 1999). O pH diminui na medida que a alcalinidade (CaCO_3) é consumida, principalmente nos processo de nitrificação e atividades metabólicas das bactérias heterotróficas presentes (CHEN et al., 2006; EBELING et al., 2006). Além disso, nos tratamentos com camarão a alcalinidade também é consumida no processo de muda. Os compostos nitrogenados também se mantiveram adequados para o crescimento de *L. vannamei* e *Mugil* sp. (LIN e CHEN, 2001; SAMPAIO et al., 2002; COBO et al., 2014). A formação de nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3) foi menor ($p < 0,05$) em MT, possivelmente devido à menor biomassa e conseqüentemente menor fornecimento de ração nesse tratamento.

4.4.2 Desempenho zootécnico dos camarões e tainhas

Os resultados demonstram que a presença das tainhas afetou negativamente ($p < 0,05$) a produtividade do camarão, possivelmente devido a competição por espaço e alimento. A sobrevivência obtida foi maior do que encontrada em diversos trabalhos para as diferentes fases de crescimento do camarão (XU e PAN, 2012; SCHVEITZER et al., 2013; KIM et al., 2013; CORREIA et al., 2014), embora a concentração de sólidos tenha ultrapassado o recomendado por Avnimelech (2015). O desempenho zootécnico do camarão foi semelhante entre ICT e ICTS, e o desempenho das tainhas foi maior em ICT quando comparado a ICTS ($p < 0,05$), sugerindo que não há necessidade de um tanque adicional para a integração da tainha *M. liza* com *L. vannamei*.

O desempenho zootécnico das tainhas foi diferente entre os tratamentos, exceto para a sobrevivência. No tratamento ICTS, devido

ao consumo apenas de biofloco pelos peixes, o ganho em peso, a taxa de crescimento específico (TCE) e a biomassa final foram menores ($p < 0,05$) que em MT e ICT. Porém os valores de TCE obtidos em ICTS foram semelhantes a dados já obtidos em outros trabalhos para o gênero *Mugil* sp., em que a tainha foi alimentada com rações com alto nível protéico tanto em água clara quanto em bioflocos (CARVALHO et al., 2010; ROCHA, 2016). Os resultados demonstraram que a tainha cresceu alimentando-se apenas do biofloco presente no cultivo, sem a necessidade de ração comercial adicional, o que é fundamental em sistemas integrados em que se busca o melhor aproveitamento dos recursos. Em ICT, apesar de não ser oferecida dieta específica para as tainhas, há possibilidade de que tenham se alimentado da ração do camarão, promovendo uma competição por alimento.

Sabe-se que o biofloco pode conter diferentes concentrações de proteínas, dependendo da sua composição, formado por um agregado heterogêneo de bactérias, microalgas e material particulado (SCHRYVER et al., 2008). Já foram reportadas quantidades entre 30 e 50 % de proteína (AZIM e LITTLE, 2008; BALLESTER, 2010), servindo de alimento suplementar para os organismos cultivados, e possibilitando reduzir gastos com alimentação e/ou diminuir a quantidade de proteína bruta na dieta artificial (AVNIMELECH, 2007). As tainhas que se alimentaram restritamente do biofloco obtiveram taxa de crescimento específico (% dia⁻¹) maior do que obtido para *Mugil cephalus* em bioflocos e em sistema de recirculação, alimentados com ração com 54% de proteína bruta (VINATEA et al., 2018) e 24 % de proteína bruta em bioflocos (EL-DAHAR et al., 2015), e *Mugil liza* com 40 % de proteína bruta em água clara (RIBEIRO, 2017). No experimento realizado, foi possível retirar por completo a alimentação artificial da tainha, que confirmou ser uma excelente espécie para se utilizar como biorremediadora em cultivos integrados em sistema de bioflocos.

4.4.3 Produção de sólidos e geração de lodo

Devido à alta geração de sólidos e manejo excessivo dos decantadores, os sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis superaram um pouco a concentração recomendada por Avnimelech (2015) (Tabela 3), porém os valores de SST obtidos durante o experimento já foram reportados por outros autores (SCHVEITZER et al., 2013; SERRA et al., 2015; KRUMMENAUER et al., 2014; GAONA et al., 2016; KRUMMENAUER et al., 2016; XU et al., 2016), e no

presente trabalho não prejudicaram o desempenho zootécnico dos camarões.

Os resultados demonstram que houve consumo dos sólidos presentes no sistema pelas tainhas. A integração da tainha no cultivo do camarão demonstrou ser uma alternativa interessante para redução dos sólidos. Em MT a quantidade de sólidos gerados foi menor devido à menor biomassa presente, porém isso resultou em maiores valores de lodo:biomassa, devido também a constante adição de fonte de carbono nesse tratamento. Estatisticamente a relação lodo:biomassa não se diferenciou entre MC, ICT e ICTS, apesar de ser numericamente menor no tratamentos com tainha integrada (ICT e ICTS). Em trabalho realizado por Poli et al. (2018), onde foi realizada a integração do camarão branco com tilápia, verificou-se uma relação lodo:biomassa reduzida na medida em que se aumentou a densidade da tilápia, demonstrando também o consumo dos sólidos por esse peixe. Os resultados demonstram que a integração com tainha *M. liza* é uma alternativa interessante para a redução dos sólidos gerados em cultivo de camarão branco em bioflocos, porém ainda são necessários estudos para reduzir o efeito negativo das tainhas na produtividade final (kg m^{-3}) do camarão branco.

4.4.4 Tainhas: índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (K)

Além da capacidade de reduzir os sólidos presentes no cultivo, *M. liza* demonstrou ser adaptada as condições de qualidade da água estabelecidas para o camarão *L. vannamei* no cultivo em bioflocos. Embora as tainhas tenham obtido maior ganho em peso em MT e ICT, o fator de condição (K) inicial e final foi semelhante entre os tratamentos, demonstrando que indivíduos que se alimentaram apenas do bioflocos obtiveram boas condições de bem estar, em relação a condições ambientais e fisiológicas semelhantes aos que consumiram ração comercial com alto nível de proteína (40 e 45 % PB).

Sabe-se que diversos fatores podem alterar o fator de condição (K) e o índice hepatossomático (IHS) em peixes, dentre eles a idade e o ciclo reprodutivo (AGOSTINHO et al., 1990), o sexo (OLIVEIRA et al., 1997), a densidade de estocagem (MONTERO et al., 1999) e presença de infecções (KUROVSKAYA e OSADCHAYA, 1993), entre outros fatores fisiológicos e ambientais. Porém, são poucos os trabalhos realizados com *M. liza* em bioflocos na faixa de tamanho utilizada no presente trabalho.

Antes do início do experimento, as tainhas foram mantidas em sistema de recirculação (Laboratório de Peixes Marinhos – UFSC), alimentados com ração com 45 % PB e frequência alimentar de 6 vezes ao dia. Sendo assim, pode-se afirmar que a alteração do ambiente (água clara para bioflocos) melhorou o bem estar dos peixes, mesmo com alimentação restrita ao biofoco. Os resultados de fator de condição (K) obtidos no presente trabalho foram maiores do que os obtidos por Wassef et al. (2002) e Ribeiro (2017) para *Mugil cephalus* e *Mugil liza*, respectivamente, alimentadas com 40% PB na ração, e por Abbas (2000) para tainha *Liza carinata* capturadas no ambiente natural. Por outro lado, Hossain e Furuichi (2000) e Vinatea et al. (2018) relataram valores de K maiores, para *Liza haematocheila* e *Mugil cephalus*, alimentadas com 44 e 54 % de PB na ração, respectivamente.

De acordo com o índice hepatossomático (IHS), as tainhas permaneceram sob condições favoráveis do ponto de vista ambiental e fisiológico durante o experimento. Porém, para IHS foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos ICT ($2,34 \pm 0,41$) e ICTS ($1,92 \pm 0,34$). IHS representa a porcentagem do peso do fígado em relação ao peso corporal. O fígado é o órgão no qual os peixes acumulam suas reservas energéticas e glicogênio, e a quantidade de gordura e/ou glicogênio nesse órgão influencia diretamente no seu peso, causando alterações no IHS (HOAR e RANDALL, 1971). Dessa maneira, pode-se afirmar que em ICTS houve déficit de energia devido à restrição alimentar ao biofoco. Em trabalho realizado, Hossain e Furuichi (2000) obtiveram IHS maior para a tainha *Liza haematocheila*. Já Baker et al. (1998) obtiveram em seu trabalho valores de fator de condição semelhantes ($1,30 \pm 0,06$) e índice hepatossomático menores ($1,28 \pm 0,25$) do que obtidos na presente pesquisa, utilizando a tainha *Chelon labrosus* alimentada por saciedade aparente com ração 38 % PB.

Dessa maneira, pode-se afirmar que a tainha *Mugil liza* é uma espécie com alto potencial para cultivo integrado em sistema de bioflocos. Como espécie secundária, se adaptou muito bem a alimentação restrita ao biofoco, obtendo parâmetros de bem estar semelhantes, ou melhores do que encontrados em outros trabalhos realizados com mugilídeos.

4.4.5 Contagem de *Vibrio* spp. e bactérias heterotróficas totais (BHT)

Nos cultivos integrados houve redução na concentração de bactérias do gênero *Vibrio* spp. no sistema. Hoang et al. (2018) encontraram valores semelhantes à ICT e ICTS para bactérias

heterotróficas totais e *Vibrio* spp., porém no presente trabalho os valores foram significativamente maiores em MC quando comparado aos cultivos integrados ($p < 0,05$). Mesmo assim, essa diferença não prejudicou o desempenho zootécnico do camarão em monocultivo. Diversos trabalhos apresentam mortalidade para o camarão branco *L. vannamei* em concentrações de *Vibrio* spp. iguais ou superiores a 10^4 UFC mL⁻¹ (LIU et al., 2004; LIU e CHEN, 2004; TSENG e CHEN, 2004; CHENG et al., 2005; WANG e CHEN, 2005). No presente trabalho, apesar de as concentrações ultrapassarem esses valores em MC (média de $7,6 \cdot 10^4$ UFC mL⁻¹), não houve prejuízo ao cultivo do camarão, possivelmente devido a outros fatores como nutrição e qualidade da água.

Os resultados sugerem que a presença das tainhas integrada ao cultivo do camarão apresentou benefícios em reduzir a quantidade de *Vibrio* spp. no cultivo, possivelmente devido as propriedades inibidoras de patógenos presente no muco (GÓMEZ et al., 2013). Tendencia et al. (2006) demonstraram que em policultivo com tilápia e garoupa, *Penaeus monodon* obteve resultados positivos de sobrevivência, devido também a propriedades antibacterianas presentes no muco destes peixes. Diversas moléculas antimicrobianas já foram observadas no muco presente na epiderme de peixes, dentre elas glicoproteínas (EBRAN et al., 2000), enzimas (FUOCHI et al., 2017), proteínas (COLE et al., 1997; JURADO et al., 2015), e peptídeos antimicrobianos (MASSO-SILVA e DIAMOND, 2014), principais responsáveis no combate a patógenos (REVERTER et al., 2018).

O presente trabalho demonstrou que a tainha *M. liza* pode ter sido responsável pela redução de *Vibrio* spp. ao final do cultivo, porém, recomenda-se a continuidade de trabalhos a respeito das propriedades presentes no muco da tainha e dos benefícios que podem trazer para a produção do camarão branco *L. vannamei* em sistema de bioflocos.

4.5 Conclusão

Pode-se concluir que a presença da tainha *Mugil liza* prejudicou a produtividade do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. Comparando os dois sistemas de integração, não há necessidade de separar as espécies em diferentes tanques. A tainha foi capaz de reduzir a quantidade de sólidos gerados e de *Vibrio* spp. no sistema, além de obter crescimento consumindo apenas o biofloco como fonte de alimento. *M. liza* demonstrou ser uma espécie com potencial para cultivos integrados, como biorremediadora.

4.6 Agradecimentos

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo auxílio financeiro que tornou possível a realização da pesquisa. Ao meu orientador Luis Alejandro Vinatea Araña, pela orientação durante o trabalho. A todo o pessoal do Laboratório de Camarões Marinhos – LCM, pelos ensinamentos, dicas e conversas, que foram extremamente importantes no processo. Ao grupo do Laboratório de Peixes Marinhos – LAPMAR, pela parceria e pela confiança que depositaram na realização da pesquisa. Ao Programa de Pós graduação em Aqüicultura e Recursos Pesqueiros (PPG – AQI), por todo trabalho e dedicação, que nos mantém em padrão de excelência.

4.7 Referências bibliográficas

ABBAS, G. 2000. Length-Weight and condition factor relationship of the anchovy, *Coilia dussumieria* and mullet, *Liza carinata* from Bhanbhore Backwaters along Sindh Coast (Pakistan: Northern Arabian Sea). Pakistan J. Zool., v. 32 (3), pp. 223-228.

AGHUZBENI, S.H.H. et al. 2017. A preliminary study on polyculture of western white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with mullet (*Mugil cephalus*): an assessment of water quality, growth parameters, feed intake efficiency and survival. Journal of Applied Animal Research, v. 45, n.1, p. 247-25.

AGOSTINHO, A.A. et al. 1990. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e seus relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassis, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Paranapanema, Porecatu, Pr. Ciência e Cultura. 42 (9): 711-714.

AGUIRRE-GUSMÁN, G. 2010. Pathogenicity and infection route of *Vibrio parahaemolyticus* in American white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of World Aquaculture Society, n. 48, p. 464-470.

APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Em: (Ed.). American Water Works Association and Water Pollution Control Association 21. Washington, DC, USA.: American Public Health Association.

ARANTES, R. et al. 2017. A comparison between water exchange and settling tank as a method for suspended solids management in intensive biofloc technology systems: effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance, water quality and water use. *Aquaculture Research*, v.48, p. 1478-1490.

ARANTES, R. et al. 2017b. Nutrient discharge, sludge quantity and characteristics in biofloc shrimp culture using two methods of carbohydrate fertilization. *Aquacultural Engineering*, v. 76, p. 1-8.

AUSTIN, P. e MCINTOSH, D. 1988. Natural antibacterial compounds on the surface of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Dis.* 11, 275 – 277.

AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in Aquaculturesystems. *Aquaculture*, v. 176, p. 227-235.

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

AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, v. 182 pp.

AVNIMELECH, 2015. *Biofloc technology – A practical guide book*. A practical guide book. Vol. 258. The World Aquaculture.

AZIM, M.E. e LITTLE, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v. 283, p. 29-35.

BALLESTER, E.L.C. et al. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantopenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16: 163-172.

BAKER, R.T.M. et al. 1998. Chronic dietary exposure to cooper affects growth, tissue lipid peroxidation, and metal composition of the grey

- mullet, *Chelon labrosus*. Marine Environmental Research, v. 45, no. 4/5, pp. 357-365.
- BOYD, C. 1990. Water quality in ponds aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, pp. 442.
- BROWDY, C.L. et al. 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. C.L. Browdy, D.E. Jory (Eds.). The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, p. 20-30.
- CAMERON, A. e ENDEAN, R. 1973. Epidermal secretions and evolution of venom glands in fishes. Toxicon, v. 11, 401- 410.
- CARVALHO, C. et al. 2010. The effects of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity on juvenile Mullet *Mugil platanus* (Gunther). Aquaculture Research, v.41, p.511-518.
- CERQUEIRA, V.R. et al. 2017. Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira. Ver. Bras. Reprod. Anim., v. 41, n. 1, p. 94-102.
- CHANDRAKALA, N. e PRIYA, S. 2017. Vibriosis in shrimp aquaculture: a review. International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology, p. 27-33
- CHEN, S.L., LING, J., BLANCHETON, J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. Aquacultural Engineering, v. 34, p. 179-197.
- CHENG, W., WANG, L., CHEN, J. 2005. Effect of water temperature on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* to *Vibrio alginolyticus*. Aquaculture, v. 250, issues 3-4, pp. 592-60.
- COBO, J.M. et al. 2014. Ammonia tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) larvae. Aquac. Res., 45 (3), 470-475.
- COLE, A.M., WEIS, P., DIAMONG, G. 1997. Isolation and characterization of pleurocidin, an antimicrobial peptide in the skin secretions of olive flounder. Journal of Biological Chemistry, v. 272, pp. 12008-12013.

CORREIA, E.S. et al. 2014. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. *Aquacultural Engineering*, 59, p. 48-54.

EBELING, J.M., TIMMONS, M.B., M BISOGNI, J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 257, no. 1-4, p. 346-358.

EBRAN, N. et al. 1999. Pore-forming properties and antibacterial activity of proteins extracted from epidermal mucus of fish. *Comp. Biochem. Physiol., Part A Mol. Integr. Physiol.* 122 (2), 181 – 189.

EBRAN, N. et al. 2000. Isolation and characterization of novel glycoproteins from fish epidermal mucus: correlation between their pore forming properties and their antibacterial activities. *Biochim Biophys Acta*, v.1467, p.271- 80.

EL-DAHAR, A.A. et al. 2015. The use of biofloc technology in mullet fish (*Mugil cephalus*) production. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, v. 10, n. 1.

EMERENCIANO, M., GAXIOLA, G., CUZON, G. 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. *Biomass now – Cultivation and Utilization*. Chapter 12, 301 -328.

EKAZARI, J. 2015. Biofloc-based reproductive performance of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. *Aquaculture Research*, v. 46, n. 2, p. 509-512.

FAO. 2018. *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics*. 2016. Rome, Italy. 104 pp.

FAO. 2006-2018. *Cultured Aquatic Species Information Programme. Mugil cephalus. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Saleh, M.A. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 7 April 2006. [Cited 14 November 2018]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cepheus/en*

FUOCHI, V. et al. 2017. Antimicrobial and anti-proliferative effects of skin mucus derived from *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758). Mar. Drugs, v. 15, p.372.

GAONA, C.A.P. et al. 2011. The effects of solid removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. International Journal of Recirculating Aquaculture, v. 12.

GAONA, C.A.P. et al. 2016. Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. Aquaculture International, v. 24, pp. 1263-1275.

GOMÉZ, D., SUNYER, J.O., SALINAS, I. 2013. The mucosal immune system of fish: the evolution of tolerating commensals while fighting pathogens. Fish and Shellfish Immunology, v. 35, pp. 1729-1739.

GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. 1983. Methods of Sea Water Analysis, 2 ed. Verlag, Chemie (419pp).

HARGREAVES, J.A. 2013. Biofloc production systems for aquaculture. SRAC Publication n° 4503. Southern Regional Aquaculture Center, United States.

HELLIO, C. et al. 2002. Antibacterial, antifungal and cytotoxic activities of extracts from fish epidermis and epidermal mucus. Int. J. Antimicrob. Agents, v. 20 (3), p. 214 – 219.

HOANG et al. 2018. Effects of stocking density of gray mullet *Mugil cephalus* on water quality, growth performance, nutrient conversion rate, and microbial community structure in the white shrimp *Litopenaeus vannamei* integrated system. Aquaculture, v. 496, p. 123-133.

HOAR, W.S. e RANDALL, O.J. Fish physiology. New York, Academic Press Inc., 457p, 1971.

HOPKINS, J.S., SANDIFER, P.A., BROWDY, C.L. 1995. A review of water management regimes which abate the environmental impact of shrimp farming. In: C.L., Browdy, J.S., Hopkins (Eds.), Swimming Through Troubled Water. World Aquaculture Society, p. 13-22.

HOSSAIN, M.A. e FURUICHI, M. 2000. Essentiality of dietary calcium supplement in redlip mullet *Liza haematocheila*. Aquaculture Nutrition, v. 6, pp. 33-38.

JURADO, J. et al. 2015. Proteomic profile of the skin mucus of the farmed gilthead seabream (*Spaurus aurata*). J. Proteomics, v. 120, pp. 21-34.

KATZ, B.S.N. et al. 2002. Grey mullets ameliorate organically-enriched sediments bellow a fish farm in the oligotrophic Gulf of Aquaba (Red Sea), Marine Ecology Progress Series, v.234: 205-214.

KIM, S. et al. 2013. Effect of biofloc on growth and microbial activity of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae. Aquaculture Research, v. 45, Issue 2.

KRUMMENAUER, D. et al. 2014. The reuse of water on the culture of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. Journal of the World Aquaculture Society, v. 45, no. 1, pp. 3-14.

KRUMMENAUER, D. et al. 2016. Survival and growth of *Litopenaeus vannamei* reared in Bft system under different water depths. Aquaculture, v. 465, pp. 94-99.

KUROSVSKAYA, L.N. e OSADCHAYA, S.A. 1993. The influence of *Ichthyophthirius multifiliis* on underyearling carp, *Cyprinus carpio*. Jour. Ichthyol. 33 (4): 81-92.

LE CREN, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis* L.). Journal Animal Ecolog. v.20, p.201-219.

LIN, Y.C. e CHEN, J.C. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. v. 259, p. 109-119.

LIU, C. et al. 2004. The immune response of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility of *Vibrio* infection in relation with the moult cycle. Fish and Shellfish Immunology, v. 16, issue 2, pp. 151-161.

- LIU, C. e CHEN, J. 2004. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus*, v.16, Issue 3, pp. 321-334.
- LUPATSCH, I., KATZ, T., ANGEL, D.L. 2003. Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: a nutritional approach. *Aquaculture research*, v. 34, pp. 1367-1377.
- MAGARIÑOS, B. et al. 1995. Response of *Pasteurella piscicida* and *Flexibacter maritimus* to skin mucus of marine fish. *Dis. Aquat. Org.*, v. 21, pp. 103– 108.
- MANAN, H. et al. 2017. Identification of biofloc microscopic composition as the natural bioremediation in zero water exchange of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, culture in closed hatchery system. *Applied Water Science*, v. 7, pp. 2437.
- MASSO-SILVA, J., DIAMOND, G. 2014. Antimicrobial peptides from fish. *Pharmaceuticals*, v. 7, pp.- 265-310.
- MELO, E.P. et al. 2016. Monocultivo e policultivo do camarão *Litopenaeus schmitti* e do parati *Mugil curema* em sistema de bioflocos e água clara. *Boletm do Instituto de Pesca*, v. 42, n. 3, pp. 532-547.
- MONTERO, D. et al. 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20: 53.
- MORIARTY, D.J.W. 1976. Quantitative studies on bacteria and algae in the food of the mullet (*Mugil cephalus* L) and the prawn *Metapenaeus bennettiae* (Recek & Dall). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 22, pp. 131-143.
- ODUM, W. E. 1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet *Mugil cephalus*. In J. H. Steele (Ed.), *Marine food chains*, pp. 222-240. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- OLIVEIRA, E.G. et al. 1997. Concentração de glicogênio em diferentes tecidos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Holmberg, 1887. *Bol. Inst. Pesca* 24 (especial): 89-95.

PIÉRRRI, V. et al. 2015. Cultivation of marine shrimp in biofloc technology (BFT) system under different water alkalinities. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, pp. 558-564.

POLI, M.A. et al. 2019. Pacific White shrimp and Nile tilapia integrated in a biofloc system under different fish-stocking densities. *Aquaculture*, v. 498, pp. 83-89.

RAY, A.J., et al. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, v. 299, p. 89 – 98.

REVERTER, M. et al. 2018. Biological and ecological roles of external fish mucus: a review. *Fishes*, v.3, p. 41.

RIBEIRO, H.P. 2017. Frequência alimentar, nível de arraçoamento e perfil dos ácidos graxos poli-insaturados de juvenis de tainhas *Mugil liza*. 2017. 51p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.

ROCHA, A.F. 2012. Avaliação do potencial de criação de juvenis de tainhas *Mugil hospes* e *Mugil liza* em sistema de bioflocos. 2012. 114p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande.

ROSEN, M. e COMFORD, N. 1971. Fluid friction of fish slimes. *Nature*, v. 234, p.49/51.

SAMOCHA, T.M. et al. 2011. Avanços recentes na operação de raceways super-intensivos dominados por bioflocos e com renovação zero para a produção do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. *Revista ABCC*, p. 62- 67.

SAMPAIO, L.A., WASIELESKY, J.R., MIRANDA-FILHO, K.C. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bull. Environ. Contam. Toxic.*, 68: 668-674.

SCHRYVER, P. et al. 2008. The basics of bio-floc technology. The added value for aquaculture. *Aquaculture*, v. 277, p. 125-137.

SCHVEITZER, R. 2012. Efeito dos sólidos suspensos totais na água e dos substratos artificiais sobre o cultivo superintensivo de *Litopenaeus vannamei* com bioflocos. 2012. 134p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,.

SCHVEITZER, R. et al. 2013. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquaculture Engineering*, v. 56, p.59-70.

SERRA, F.P. et al. 2015. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International*, v.23, Issue 6, p. 1325-1339.

SPELTA, A.C.F. 2016. Caracterização e avaliação da qualidade da água de sistema intensivo de produção de camarão com bioflocos em diferentes salinidades. 2016. 61p.. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

STRICKLAND, J.D. e PARSONS, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Canada: Fish research board.

TENDENCIA, E.A. et al. 2006. Effect of *Epinephelus coioides*, *Chanos chanos*, and GIFT tilapia in polyculture with *Penaeus monodon* on the growth of the luminous bacteria *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, v. 253, p. 48-56.

THAKUR, D.P. e LIN, C.K. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering*, v. 27, p. 159–176.

TIMMONS, M., EBELING, J., PIEDRAHITA, R. 2009. Acuicultura en sistemas de recirculación. NRACE Publications n. 101-2009 Spanish. Cayuga Aqua Ventures, New York y Fundación Chile, Santiago, pp. 959.

TSENG, I. e CHEN, J. 2004. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* under

nitrite stress. *Fish and Shellfish Immunology*, v. 17, issue 4, pp. 325-333.

VAN WIK, P. e SCARPA, J., 1999. Water quality requirements and management. In: Van Wik, P. (Ed.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, Florida, pp. 128-138.

VAN WIK, P. 1999. Nutrition and Feeding of *Litopenaeus vannamei* in Intensive Culture Systems. In: (Ed.). *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*, 220. Florida: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, USA.

VASCONCELOS FILHO, A. et al. 2009. Hábitos alimentares de consumidores primários da ictiofauna do sistema estuarino de Itamaracá (Pernambuco - Brasil). *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v.4, p.21-31.

VINATEA, L. et al. 2018. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae). *Aquaculture*, v. 482, pp. 155-161.

WANG, L. e CHEN, J. 2005. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* at different salinity levels. *Fish and Shellfish Immunology*, v. 18, Issue 4, pp. 269-278.

WASSEF, E.A., EL MASRY, M.H., MIKHAIL, F.R. 2002. Growth enhancement and muscle structure of striped mullet, *Mugil cephalus* L., fingerlings by feeding algal meal-based diets. *Aquaculture Research*, v. 32, Issue 1.

WASIELESKY, W.J. et al. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, v. 258, p. 396-403.

XU, W. e PAN, L. 2012. Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus*

vannamei in zero-water exchange tanks manipulating C/N ration in feed. *Aquaculture*, v. 356-357, p. 147-152.

XU, W., MORRIS, T.C., SAMOCHA, T.M. 2016. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juvenile in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, v. 453, pp. 169-175.

ZAR, J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*, fifth ed. Prentice Hall, New Jersey.

REFERÊNCIAS DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

AGOSTINHO, A.A.; BARBIERI, G.; VERANI, L.R.; HAHN, N.S. Variação do fator de condição e do índice hepatossômico e suas relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Paranapanema, Porecatu, Pr. **Ciência e Cultura**. 42 (9): 711-714, 1990.

AGHUZBENI, S.H.H., HAJIREZAEI, S., MATINFAR, A., KHARA, H., GHOBADI, M. A preliminary study on polyculture of western white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with mullet (*Mugil cephalus*): an assessment of water quality, growth parameters, feed intake efficiency and survival. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n.1, p. 247-25, 2017.

AGUIRRE-GUSMÁN, G. Pathogenicity and infection route of *Vibrio parahaemolyticus* in American white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of World Aquaculture Society**, n. 48, p. 464-470, 2010.

ALBIERI, R.J., e ARAÚJO, F.G. Reproductive biology of the mullet *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in tropical Brazilian bay. **Zoologia**, v.27, n.3, p. 331-340, 2010.

ALVAREZ-LAJONCHÉRE, L.; ARRITOLA, J.A.; AVERHOFF, O.L.; BELLIDO, S.D. Positive results of induced spawning and larval rearing experiments with *Mugil liza*, a grey mullet from Cuba waters. **Aquaculture**, v. 73, p. 349-355, 1988.

ANDREATTA E.R.; ROCHA, I.P.; RODRIGUES, J.B. Ensaio sobre desova induzida de tainha, *Mugil brasiliensis* Spix et Agassiz (1931). In: **Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca**, 2, Recife pp. 463-468, 1981.

ANDREATTA, E.R.; SILVA, I.D.; BELTRAME, E. Consideração sobre a incubação de ovos e o cultivo de larvas de tainha, *Mugil liza*, em laboratório. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca**, 3, 1983, Manaus: AEP-AM, p. 163-174, 1983.

AUSTIN, P. e MCINTOSH, D. 1988. Natural antibacterial compounds on the surface of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. **J. Fish Dis.** 11, 275 – 277, 1988.

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

AZIM, M.E. e LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.

BALCÁZAR, J.L., ROJAS-LUNA, T., CUNNINGHAM, D.P. Effect of the addition of four potential probiotic strains on the survival of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) following immersion challenge with *Vibrio parahaemolyticus*. **J Invertbr Pathol.**, 96 (2), p. 147-150, 2007.

BALLESTER, E.L.C., ABREU, P.C., CAVALLI, R.O., EMERENCIANO, M., DE ABREU, L., WASIELESKI, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantopenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, 16: 163-172, 2010.

BROCK, J.A. e MAIN, K.L. **A guide to the common problem and diseases of cultures *Penaeus vannamei***. Louisiana, USA: World Aquaculture Society, 1994.

BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., McINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, issues 1-4, p. 525-537, 2004.

BUSCHMANN, A.H.. An introduction to integrated farming and the use of seaweeds as biofilters. **Hydrobiologia** 326 (327), 59–60, 1996.

BUSCHMANN, A.H., LÓPEZ, D., GONZÁLEZ, M. Cultivo integrado de moluscos y macroalgas en líneas flotantes y en estanques. In: Faranda, F.M., Albertini, R., Correa, J.A. (Eds.), **Manejo Sustentable de los Recursos Marinos Bentónicos en Chile Centro-Sur: Segundo Informe de Avance**. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, pp. 7–16, 2000.

CAMERON, A. e ENDEAN, R. Epidermal secretions and evolution of venom glands in fishes. **Toxicon**, v. 11, 401- 410, 1973.

COSTA, M.R. & ARAÚJO, F.G. Length-weight relationship and condition factor of *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v.20, p.685-690, 2003.

COSTA, L.C. de O., XAVIER, J.A.A., NEVES, L.F. de M., de AZAMBUJA, A.M.V., JUNIOR, W.W., FIGUEIREDO, M.R.C. Polyculture of *Litopenaeus vannamei* shrimp and *Mugil platanus* mullet in earthen ponds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 9, p. 605-611, 2013.

CHAN, G.L. Aquaculture, ecological engineering: lessons from China. **Ambio**, 22,491–494, 1993.

CHANDRAKALA, N. e PRIYA, S. Vibriosis in shrimp aquaculture: a review. **International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology**, p. 27-33, 2017.

CHOPIN, T., BUSCHMANN, A.H., HALLING, C., TROELL, M., KAUTSKY, N., NEORI, A., KRAEMER, G.P., ZERTUCHE-GONZALEZ, J.A., YARISH, C., NEEFUS, C. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. **Journal of Phycology**, v. 37, p. 975-986, 2001.

CHOPIN, T., ROBINSON, S.M.C., TROELL, M., NEORI, A., BUSCHMANN, A.H., FANG, J. Multitrophic integration for sustainable marine aquaculture. In: Jørgensen, S.E., Fath, B.D. (Eds.), **The Encyclopedia of Ecology**, Ecological Engineering, vol. 3.Elsevier, Oxford, pp. 2463–2475, 2008.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRD, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. **Aquaculture**, 270, 1–14, 2007.

CRAB, R.; DEFOIRD, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356, p. 351-356, 2012.

CRUZ-SUÁREZ, L.E.; LEÓN, A.; PEÑA, A.; RODRÍGUEZ-PEÑA, G.; MOLL, B.; RICQUE-MARIE, D. Shrimp/Ulva co-culture: a sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. **Aquaculture**, 301, 64–68, 2010.

DA SILVA, K.R., WASIELESKY Jr., W., ABREU, P.C. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, issue 1, 2013.

DE VITA, G.Q.L. **Utilização de probiótico no cultivo super-intensivo do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) em um sistema sem renovação de água**. 2008. 34p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Aquicultura. Fundação Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande. 2008.

EBRAN, N., JULIEN, S., ORANGE, N., LEMAITRE, C., MOLLE, G. Pore-forming properties and antibacterial activity of proteins extracted from epidermal mucus of fish. **Comp. Biochem. Physiol.**, Part A Mol. Integr. Physiol. 122 (2), 181 – 189, 1999.

EBRAN, N., JULIEN, S., ORANGE, N., AUPERIN, B., MOLLE, G. Isolation and characterization of novels glycoproteins from fish epidermal mucus: correlation between their pore forming properties and their antibacterial activities. **Biochim Biophys Acta**, v.1467, p.271- 80, 2000.

EL-DAHAR, A.A., SALAMA, M., ELEBIARY E.H., GHAZY, A.I. The use of biofloc technology in mullet fish (*Mugil cephalus*) production. **Journal of the Arabia Aquaculture Society**, v. 10, n. 1, 2015.

EMERENCIANO, M., CUZON, G., GOGUENHEIN, J., GAXIOLA, G., AQUACOP. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. **Aquaculture research**, v. 44, Issue 1, 2011.

EKAZARI, J. Biofloc-based reproductive performance of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. **Aquaculture Research**, v. 46, n. 2, p. 509-512, 2015.

FAO. FAO yearbook. **Fishery and Aquaculture Statistics**. 2016. Rome, Italy. 104pp. 2018.

FAO. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Mugil cephalus*. **Cultured Aquatic Species Information Programme**. Text by Saleh, M.A. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 7 April 2006. [Cited 14 November 2018]. 2006 – 2018. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/en

FERREIRA, F. de A. **Desenvolvimento de produto tipo caviar a base de ovos de tainha *Mugil platanus***. 2006. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande. 2006.

GAONA, C.A.P., DE ALMEIDA, M.S., VIAU, V., POERCH, L.H., WASIELESKY Jr., W. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**, v. 48, issue 3, 2015.

GODINHO, H.M.; KAVAMOTO, E.T.; ANDRADE-TALMELLI, E.F.; SERRALHEIRO, P.C.S.; PAIVE, P.; FERRAZ, E.M. Induced spawning of the mullet *Mugil platanus* GUNTHER, 1980, in Cananéia, São Paulo, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 20, p. 59-66, 1993.

HELLIO, C., PONS, A.M., BEAUPOIL, C., BOURGOUGNON, N., LE GAL, Y. Antibacterial, antifungal and cytotoxic activities of extracts from fish epidermis and epidermal mucus. **Int. J. Antimicrob. Agents**, v. 20 (3), p. 214 – 219, 2002.

HOANG, M.N., NGUYEN, P.N., LE, D.V.B., NGUYEN, D.V. BOSSIER, P. Effects of stocking density of Gray mullet *Mugil cephalus* on water quality, growth performance, nutrient conversion rate, and microbial community structure in the white shrimp *Litopenaeus vannamei* integrated system. **Aquaculture**, 496: 123-133, 2018.

HOAR, W.S. e OJ. RANDALL. **Fish physiology**. New York, Academic Press Inc., 457p, 1971.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, v. 43, 49p., Rio de Janeiro, 2016.

KATZ, B.S.N.; HERUT, B.; GENIN, A.; ANGEL, D.L. Grey mullets ameliorate organically-enriched sediments bellow a fish farm in the oligotrophic Gulf of Aquaba (Red Sea). **Marine Ecology Progress Series**, v.234: 205-214, 2002.

KRUMMENAUER, D., PEIXOTO, S., CAVALLI, R.O., POERCH, L.H., WASIELESKY Jr., W. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, issue 5, 2011.

KUROSVSKAYA, L.N. e OSADCHAYA, S.A. The influence of *Ichthyophthirius multifiliis* on underyearling carp, *Cyprinus carpio*. **Jour. Ichthyol.** 33 (4): 81-92, 1993.

LEFEVBRE, S., BARILLE, L., CLERC, M. Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. *Aquaculture* 187, 185–198, 2000.

LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis* L.). **Journal Animal Ecol.** v.20, p.201-219. 1951.

LI, K., ZHENG, T., TIAN, Y., XI, F., YUAN, J., ZHANG, G., HONG, H. Beneficial effects of *Bacillus licheniformis* on the intestinal microflora and immunity of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Biotechnol. Lett**, v. 29, p. 525-530, 2007.

LI, S. Energy structure and efficiency of a typical Chinese integrated fish farm. **Aquaculture**, 65, 105–118, 1987.

LIGHTNER, D.V. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): a review. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 106, n. 1, p. 110-130, 2011.

LUPATSCH, I., KATZ, T., ANGEL, D.L. Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: a nutritional approach. **Aquaculture research**, v. 34, p. 1367-1377. 2003.

MAGARIÑOS, B., PAZOS, F., SANTOS, Y., ROMALDE, J.L., TORANZO, E.E. Response of *Pasteurella piscicida* and *Flexibacter maritimus* to skin mucus of marine fish. **Dis. Aquat. Org.**, v. 21, p. 103–108, 1995.

MANJUSHA, S., SARITA, G.B., ELYAS, K.K., CHANDRASEKARAN, M. Multiple antibiotic resistances of *Vibrio* isolates from coastal and brackish water areas. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, p. 201-106, 2005.

MONTEIRO-RIBAS W.M. e BONECKER, A.C.T. Artificial fertilization and development in laboratory of *Mugil liza* (Valenciennes, 1836) (Osteichthyes, Mugilidae). **Bulletin of Marine Science**, v. 68, p.427-433, 2001.

MONTERO, D.; IZQUIERDO, M.S.; TORT, L.; ROBAINA, L.E.; VERGARA, J.M. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. **Fish Physiology and Biochemistry**, 20: 53, 1999.

MORIARTY, D.J.W. Controlo f luminous *Vibrio* species in penaid aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 164, 1-4, p. 351-358, 1998.

OLIVEIRA, E.G.; URDINATI, E.C.; SUOZA, V.L.; ROVIERO, D.P. Concentração de glicogênio em diferentes tecidos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Holmberg, 1887. **Bol. Inst. Pesca** 24 (especial): 89-95, 1997.

OKAMOTO, M.H.; SAMPAIO, L.A.N. de; MAÇADA, A. de P. Efeito da temperatura sobre o crescimento e a sobrevivência de juvenis de tainha *Mugil platanus* Günther, 1880. **Atlântica**, v.28, p.61-66, 2006.

PIETRAK, M.R.; MOLLOY, S.D.; BOUCHARD, D.A.; SINGER, J.T. Potential role of *Mytilus edulis* in modulating the infectious pressure of *Vibrio anguillarum* 02B on an integrated multi-trophic aquaculture farm. **Aquaculture**, 326–329, 36–39, 2012.

POLI, M.A., LEGARDA, E.C., de LORENZO, M.A., MARTINS, M.A., VIEIRA, F.N. Pacific White shrimp and Nile tilapia integrated in a biofloc system under different fish-stocking densities. **Aquaculture**, 498: 83-89, 2019.

QIAN, P.Y., WU, C.Y., WU, M., XIE, Y.K. Integrated cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* and the pearl oyster *Pinctada martensi*. **Aquaculture**, 147, 21–35, 1996.

QUIROZ-GUSMÁN, E., VÁZQUEZ-JUÁRES, R., LUNA-GONZÁLEZ, A., BALCÁZAR, J.L., BARAJAS-SANDOVAL, D.R., MARTÍNEZ-DÍAZ, S.F. Administration of probiotics improves the Brine shrimp production and prevents detrimental effects of pathogenic *Vibrio* species. **Marine Biotechnology**, v. 20, p. 512-519, 2018.

RAFAEL, L. e BRAUNBECK, T. Interacting effects of diet and environmental temperature on biochemical parameters in the liver of *Leuciscus idus melanolus* (Cyprinidae: Teleostei). **Fish Physiol. Biochem.** 5 (I): 9-19, 1988.

RAMÍREZ, N.C.B., RODRIGUES, M.S., GUIMARÃES, A.M., GUERTLER, C., ROSA, J.R., SEIFFERT, W.Q., ANDREATTA, E.R., VIEIRA, F.N. Effect of dietary supplementation with butyrate and probiotic on the survival of Pacific white shrimp after challenge with *Vibrio alginolyticus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 6, p. 471-477, 2007.

RAY, A.J. LEWIS, B.L., BROWDY, C.L., LEFFLER, J.W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, p. 89 – 98, 2010.

REIS, E.G. e D'INCÃO, F. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort to wards community-based management. **Ocean and coastal management**, v. 43, p. 585-595, 2000.

RENGPIPAT, S., PHIANPHAK, W., PIYATIRATITIVORAKUL, P., MENASVETA, P. Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth. **Aquaculture**, v. 167, 301-313, 1998.

ROCHA, A.F. 2012. **Avaliação do potencial de criação de juvenis de tainhas *Mugil hospes* e *Mugil liza* em sistema de bioflocos.** 2012. 114p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande.

ROSEN, M. e COMFORD, N. Fluid friction of fish slimes. **Nature**, v. 234, p.49/51, 1971.

SAMOCHA, T.M.; FRICKER, J.; ALI, A.M.; SHPIGEL, M.; NEORI, A. Growth and nutrient uptake of the macroalga *Gracilaria tikvahiae* cultured with the shrimp *Litopenaeus vannamei* in an Integrate Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) system. **Aquaculture**, v. 446, 263-271, 2015.

SAMPAIO, L.A.; WASIELESKY, W.B.; MIRANDA FILHO, K.C. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. **Bulletin of Environmental Contaminant and Toxicology**, v.68, p.668-674, 2002. DOI: 10.1007/s001280306

SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics of bio-floc technology. The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, p. 125-137, 2008.

SCORVO-FILHO, J.D.; ALMEIDA DIAS, E.R. de; AYROZA, L.M. da S.; COLHERINHAS NOVATO, P.F. Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alevinos de tainha listrada (*Mugil platanus*) em água doce. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19, p. 105-109, 1992.

TACON, A.G.J.; CODY, J.J.; CONQUEST, L.D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I.P.; DECAMP, O.E.. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquac. Nutr.** 8, 121–137, 2002.

TENDENCIA, E.A., FERMIN, A.C., PEÑA, M.R., CHORESCA JR., C.H. Effect of *Epinephelus coioides*, *Chanos chanos*, and GIFT tilapia in polyculture with *Penaeus monodon* on the growth of the luminous bacteria *Vibrio harveyi*. **Aquaculture**, v. 253, p. 48-56, 2006.

TROELL, M., HALLING, C., NEORI, A., BUSCHMANN, A.H., CHOPIN, T., YARISH, C., KAUTSKY, N. Integrated mariculture: asking the right questions. **Aquaculture**, 226, 69–90, 2003.

TROELL, M., JOYCE, A., CHOPIN, T., NEORI, A., BUSCHMANN, A.H., FANG, J. Ecological engineering in aquaculture – Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. **Aquaculture**, 297, 1-9, 2009.

VASCONCELOS FILHO, A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; ESKENAQZI-LESSA, E.; OLIVEIRA, A.M.S. de; PORTO-NETO, F.F. Hábitos alimentares de consumidores primários da ictiofauna do sistema estuarino de Itamaracá (Pernambuco - Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.4, p.21-31, 2009.

VINATEA, L. **Cultivo intensivo de tainha *Mugil cephalus*, tenca *Tinca tinca* e enguia européia *Anguilla anguilla* em sistema de bioflocos – BFT e de recirculação – RAS**. 2017. 113p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

WASIELESKY, W.J.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, p. 396-403, 2006.

WEI, S.Q. Study of mixed culture of *Gracilaria tenuistipitata*, *Penaeus penicillatus*, and *Scylla serrata*. **Acta Oceanologica Sinica** 12, 388–394, 1990.

XU, W., PAN, L. Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio on feed input. **Aquaculture**, v. 412-413, p. 117-124, 2013.