

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

DEYVID WILLAME SILVA OLIVEIRA

**CULTIVO MULTITRÓFICO DO CAMARÃO MARINHO (*Litopenaeus vannamei*)
EM SISTEMA BIOFLOCOS COM MACROALGA (*Gracilaria domingensis*) E
DUAS DIETAS COMERCIAIS**

RECIFE
2019

DEYVID WILLAME SILVA OLIVEIRA

**CULTIVO MULTITRÓFICO DO CAMARÃO MARINHO (*Litopenaeus vannamei*)
EM SISTEMA BIOFLOCOS COM MACROALGA (*Gracilaria domingensis*) E
DUAS DIETAS COMERCIAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. DSc. Alfredo Olivera Gálvez
Coorientador: MSc. Elizabeth Pereira dos Santos

RECIFE
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

O48c Oliveira, Deyvid Willame Silva
Cultivo multitrófico do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*)
em sistema bioflocos com macroalga (*Gracilaria domingensis*) e duas
dietas comerciais / Deyvid Willame Silva Oliveira. – 2019.
23 f. : il.

Orientador: Alfredo Olivera Gálvez.
Coorientadora: Elizabeth Pereira dos Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e
Aquicultura, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Camarão – Criação 2. Aqüicultura 3. Pesca 4. Algas marinhas
I. Gálvez, Alfredo Olivera, orient. II. Santos, Elizabeth Pereira dos,
coorient. III. Título

CDD 639

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA

**CULTIVO MULTITRÓFICO DO CAMARÃO MARINHO (*Litopenaeus vannamei*)
EM SISTEMA BIOFLOCOS COM MACROALGA (*Gracilaria domingensis*) E
DUAS DIETAS COMERCIAIS**

Deyvid Willame Silva Oliveira

Monografia julgada adequada para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Pesca. Defendido e
aprovado em 04/07/2019 pela seguinte
Banca Examinadora.

Prof. DSc. Alfredo Olivera Gálvez
Orientador
Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

MSc. Laenne Barbara Silva de Moraes
Membro Titular

MSc. Jéssika Lima de Abreu
Membro Titular

Débora Louise Barros Silva
Membro Suplente

Dedico este trabalho ao Cosmos por conspirar ao meu favor e permitir que toda esta matéria estelar milenar e energia tenham se organizado neste mesmo ponto do espaço-tempo e dimensão do universo com vista para Betelgeuse, e não em uma das luas frias de Jaglan Beta, sem uma toalha em mãos.

Agradecimentos

Inicialmente, à esta Universidade Federal por me oferecer uma formação de excelente qualidade e totalmente gratuita, com infraestrutura e excelentes profissionais em todos seus setores.

Ao Departamento de Pesca e Aquicultura e seus servidores, por todo o acolhimento e atenção durante o curso.

Aos meus orientadores durante todo esse caminho, que me ajudaram a manter o foco e alcançar as metas, em especial ao professor Alfredo Gálvez e Elizabeth Santos, por todo o tempo investido e esforços valiosos.

Aos meus amigos de sala, por todos os momentos e apoio, em especial a Andrine Fernandes, Ebenézer Silva, Francisco Dantas e Jussimara Coelho.

Aos meus amigos do Laboratório de Produção de Alimento Vivo, minha família acadêmica, aos quais atribuo grandes aprendizados e direcionamentos.

A todas pessoas com as quais me relacionei nos corredores e/ou durante as monitorias, pela troca de conhecimentos, ideias e novos aprendizados.

Aos meus pais, familiares e Ana Santos por todo apoio integralmente aplicado.

RESUMO

Diante da necessidade da remoção de compostos nitrogenados que se acumulam ao longo do cultivo no sistema de bioflocos, decorrentes da mínima troca de água e da contínua oferta de alimento, faz-se necessário a utilização de um organismo capaz de aproveitar esses nutrientes e assim, contribuir com a melhora na qualidade de água dos sistemas. As macroalgas são organismos fotossintéticos que apresentam altas taxas de remoção de amônia e nitrato, além disso, são consideradas uma fonte de alimento natural dos camarões, apresentando elevado valor nutricional para o *Litopenaeus vannamei*. Visando analisar o efeito da interação entre a utilização de dois níveis proteicos (32 e 40%) na ração e presença ou ausência de *Gracilaria domingensis* (biomassa úmida de 2,5 kg.m⁻³) foram estocados juvenis de 0,5g durante 42 dias a uma densidade de 500 camarões.m⁻³, os quais foram submetidos a quatro combinações (MG32, MG40, IG32, IG40) em triplicata, gerando 12 unidades experimentais. As macroalgas foram coletadas em um banco natural localizado na praia de Pau Amarelo, Paulista-PE (07°54'54.74" S, 034°49'12.07" W). Para análise da qualidade de água, foram mensurados temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, sólidos sedimentáveis, nitrogênio da amônia total, nitrogênio do nitrito, nitrogênio do nitrato, alcalinidade e fosfato, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos ao fim do cultivo, permanecendo dentro dos padrões recomendados para fase de berçário secundário em sistema de bioflocos. Não foi observada a influência de nenhum dos fatores nos dados referentes a sobrevivência. Sendo observado o efeito isolado dos fatores analisados nos dados correspondentes aos demais índices de desenvolvimento zootécnico, não apresentando diferenças significativas quanto a interação entre eles. Diante disso, a utilização do sistema de cultivo integrado do *L. vannamei* com a presença da *G. domingensis*, possibilita a utilização de rações com menor aporte proteico na fase de berçário secundário.

Palavras-chave: cultivo integrado, berçário secundário, alta proteína, baixa proteína.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água no cultivo integrado de <i>Litopenaeus vannamei</i> e <i>Gracilaria domingensis</i> em berçário secundário utilizando bioflocos.	14
Tabela 2 - Índices de desenvolvimento zootécnico do <i>Litopenaeus vannamei</i> cultivado em sistema integrado e monocultura na fase de berçário secundário utilizando sistema de bioflocos.	16

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Objetivos.....	11
3. Materiais e Métodos.....	11
4. Resultados e Discussão	14
5. Conclusão.....	19
6. Referências.....	20

1. Introdução

A pesca encontra-se com a maior parte de seus estoques sobreexplorados, no entanto a produção pesqueira mundial continua crescendo devido ao concomitante crescimento da aquicultura que hoje já representa mais de 46,8% da produção global (FAO, 2018, p. 18). Entre os diversos grupos de pescados, encontramos dentre os crustáceos, o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* que perfaz mais de 50% da produção de seu grupo, sendo altamente expressivo neste e reconhecido mundialmente como um importante promotor socioeconômico em vários países (FAO, 2018, p. 26). No Brasil a carcinicultura é predominantemente exercida na região Nordeste, onde são concentrados mais de 99% dos empreendimentos produtores de camarão marinho. A região sofreu com surtos de mancha branca (*White Spot Disease*) e esses comprometeram significativamente a rentabilidade da atividade (IBGE, 2016, p. 38).

A maior parte dos cultivos brasileiros utilizam o sistema tradicional de cultivo do camarão marinho e este possui entre seus principais manejos a troca parcial da água de cultivo, uma vez que organismos bentônicos necessitam de uma alta taxa de renovação da água para a correta manutenção da qualidade de água no ambiente de cultivo. Contudo esse manejo adotado gera desperdício do recurso hídrico e poderá tornar-se fonte de poluição ambiental (HOPKINS et al., 1993). Portanto a necessidade de se reduzir os impactos nos cultivos é crescente, para isso formas mais racionais de utilização dos recursos vêm sendo analisadas. Visando a diminuição de prejuízos financeiros e ambientais o mercado busca sistemas sustentáveis que tragam biossegurança aos cultivos e melhor manejo (MAIA et al., 2012).

Novos sistemas, como o BFT (*Biofloc Technology*), vêm sendo estudados por possuírem uma série de vantagens que solucionam vários problemas do sistema tradicional. A troca mínima da água durante o cultivo é elencada como o principal fator desse sistema, mas também é notável sua capacidade de reciclagem de nutrientes no meio, uma vez que, fezes, restos de ração, metabólitos dissolvidos e partículas sólidas são aproveitados como substrato pelos microrganismos presentes para síntese de proteína microbiana (AVNIMELECH, 2003, p. 10; PONCE-PALAFIX et al., 2017).

Muitos são os benefícios nutricionais do sistema de BFT, pois a proteína microbiana pode apresentar de 18% a 28% de proteína e de 1,6% a 3,2% de lipídeos,

podendo ser uma boa fonte de suplementação alimentar (SCHVEITZER et al., 2013). Com o controle das relações C:N podemos obter diferentes respostas alimentares dos organismos cultivados, uma vez que o crescimento bacteriano pode ser otimizado e mais carbono orgânico passa a ser assimilado (DE SCHRYVER et al., 2008).

Entretanto, a baixa troca de água e o aumento dos metabólitos e compostos dissolvidos, decorrentes da mesma, geram cenários pouco favoráveis aos camarões que podem apresentar deficiências de crescimento e diminuição das taxas de sobrevivência (CHEN; LIN, 1995; EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2016). Cerca de 60% dos compostos nitrogenados gerados no cultivo em sistemas BFT não são aproveitados pelos camarões e elevadas concentrações destes são nocivas à homeostase dos organismos aquáticos (RAY; DILLON; LOTZ, 2011).

De frente deste cenário de eutrofização por compostos nitrogenados e fosfatados, a biorremediação com macroalgas surge como uma alternativa visando melhor aproveitamento destes compostos disponíveis no meio de cultivo. Em sistemas tradicionais, as macroalgas já foram utilizadas para fins de controle dos nutrientes (MARINHO-SORIANO et al., 2007; TROELL et al., 2009; VAN KHOI; FOTEDAR, 2011; XU et al., 2010), assim como também já foram exploradas para alimentação de camarões peneídeos (CRUZ-SUÁREZ et al., 2010; NGOC ANH et al., 2018; PORTILLO-CLARK et al., 2012; TSUTSUI et al., 2015). A presença de macroalgas nos cultivos diminui o estresse e conseqüentemente a incidência de viroses oportunistas (GURGEL RODRIGUES et al., 2009; HUANG; ZHOU; ZHANG, 2006; KANJANA et al., 2011). Vários são os estudos que relatam as interações benéficas sobre a promoção de relações multitróficas com macroalgas, sendo sua escolha diretamente relacionada ao seu valor econômico e eficiência de absorção de nutrientes indesejados (ABREU et al., 2011).

As macroalgas do gênero *Gracilaria* são indicadas ao cultivo multitrófico, com camarões peneídeos, visto que a mesma reduz consideravelmente a concentração de compostos eutrofizantes do meio de cultivo, sendo uma alternativa para a diminuição da emissão de poluentes dos empreendimentos de carcinicultura (BRITO et al., 2014).

Em Sistemas Integrados Multitróficos são exploradas mais de uma espécie, onde cada uma pertença a um nível trófico distinto, havendo necessidade de que cada uma exerça um papel durante o cultivo e ambas possuam produção com retorno econômico (ABREU et al., 2011; VAN KHOI; FOTEDAR, 2011)

A *Gracilaria domingensis* (KÜTZING, 1874) é uma macroalga que influencia positivamente o cultivo de camarão marinho, uma vez que a mesma aumenta a taxa de crescimento em cultivos e diminui a eutrofização do meio (RAHARDJO et al., 2017). É uma espécie resistente a grandes gradientes de salinidade e pH, e possui ampla distribuição pelo litoral brasileiro (NUNES, 2005). Uma série de produtos podem ser extraídos desta macroalga, desde compostos bioativos até suplementos para ração animal, transformando-a em uma boa candidata ao uso em biorremediação (GUARATINI et al., 2012).

Diante disto a introdução de *Gracilaria* em sistemas de cultivo de camarões peneídeos torna-se importante objeto de estudo.

2. Objetivos

Geral

Determinar o efeito da presença da macroalga (*Gracilaria domingensis*) e da utilização de ração com dois níveis proteicos, 32% e 40%, no cultivo do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema de bioflocos na fase de berçário secundário.

Específicos

Avaliar o desempenho zootécnico dos juvenis de *L. vannamei* alimentados com diferentes aportes proteicos quando cultivados em sistema de monocultura ou sistema integrado à macroalga *G. domingensis*, utilizando tecnologia de bioflocos em berçário secundário;

Avaliar as variáveis de qualidade de água no cultivo de juvenis de *L. vannamei* alimentados com diferentes aportes proteicos cultivados em sistema de monocultura e sistema integrado à macroalga *G. domingensis*, utilizando tecnologia de bioflocos em berçário secundário.

3. Materiais e Métodos

O cultivo experimental na fase de berçário secundário foi realizado no Laboratório de Maricultura Sustentável do Departamento de Pesca e Aquicultura, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, com duração de 42 dias.

Desenho experimental

Os tratamentos foram determinados a partir da combinação de dois fatores, sendo o fator 1 os sistemas de monocultura e integrado, e o fator 2 o percentual de proteína bruta da ração comercial (32% PB e 40% PB), gerando assim 4 combinações: MG32 (Monocultura e utilização de ração com 32%PB), MG40 (Monocultura e utilização de ração com 40%PB), IG32 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 2,5 kg.m⁻³ e utilização de ração com 32%PB), IG40 (Adição de *G. domingensis* com biomassa úmida de 2,5 kg.m⁻³ e utilização de ração com 40%PB). realizados em triplicata perfazendo um total de 12 unidades experimentais.

Material Biológico

As macroalgas foram coletas em um banco natural localizado na praia de Pau Amarelo, Paulista-PE (07°54'54.74" S, 034°49'12.07" W). Sendo realizado o transporte úmido dos exemplares para o laboratório, onde foram removidos os sedimentos e os incrustantes com o auxílio de uma escova e água doce corrente. Foram aclimatados em um tanque de 300 litros, ao longo de 5 dias, através da realização de inoculação diária de 15L de bioflocos, proveniente de um tanque matriz previamente maturado. Após a aclimação as macroalgas foram pesadas, acondicionadas em sacos de tela de nylon e estocadas nos tanques de cultivo.

As pós-larvas de camarão marinho *L. vannamei* foram provenientes de uma larvicultura comercial (Aguasul, RN, Brasil), acondicionadas em caixas de 300L contendo 50% de inóculo do tanque matriz durante 3 dias, a um peso médio de 0,5 ± 0,05g, para a estocagem nos tanques de berçários secundários à uma densidade de 500 camarões.m⁻³.

Condições experimentais

O biofoco foi maturado durante 40 dias, através da utilização de ração comercial como fonte de nitrogênio e melaço da cana de açúcar como fonte de carbono orgânico (30%), mantendo-se a relação carboidrato:nitrogênio em 12:1, baseado em Samocha et al. (2007) e Avnimelech (2009). Ao final do tempo de maturação a água do tanque matriz de bioflocos apresentou as seguintes características: 0,20 mg L⁻¹ (Nitrogênio da amônia total), 0,40 mg L⁻¹ (N-nitrito), 0,98

mg L⁻¹ (Nitrato), 182 mg L⁻¹ (sólidos suspensos totais), 1,19 mg L⁻¹ (Ortofosfato), 30 g L⁻¹ (Salinidade) e 150 mg L⁻¹ de CaCO₃ (Alcalinidade).

O cultivo foi realizado em tanques retangulares de polietileno de cor preta com capacidade de 0,06 m³, dos quais foram utilizados 0,05m³, abastecidos com 50% de inóculo de biofoco advindo do tanque matriz e 50% de água do mar previamente tratada, através de filtração mecânica (30µm) e utilização de cloro ativo (30ppm) por aproximadamente 24h, sendo posteriormente realizada a decloração com tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃). As unidades experimentais foram cobertas com telas de nylon, mantidas sob aeração constante. Foi utilizado fotoperíodo natural, com uma intensidade luminosa de aproximadamente 1000 lux.

A alimentação foi realizada através da oferta de ração comercial com composição proteica de acordo com a estabelecida pelos tratamentos, sendo utilizadas as rações contendo 32% de proteína bruta, 8% extrato etéreo, 13% umidade, 4% fibra bruta e 12% material mineral, indicada para sistemas de cultivo semi-intensivo e a segunda ração contendo 40% de proteína bruta, 8% de extrato etéreo, 13% de umidade, 4% de fibra bruta e 12% de material mineral, indicada para sistemas intensivos e superintensivos. Os animais foram alimentados quatro vezes ao dia (8h, 11h, 14h e 17h) e os ajustes da quantidade de ração foram realizados semanalmente com base nos dados advindos das biometrias, seguindo a metodologia descrita por Van Wyk et al. (1999), a qual se baseia na estimativa de consumo, sobras e mortalidade. Diariamente foi utilizado em aplicação única (10h) o melaço de cana de açúcar para manutenção da relação Carboidrato:Nitrogênio (12:1).

As variáveis físico-químicas da água (oxigênio dissolvido, temperatura, pH e salinidade) foram verificadas diariamente pela manhã e à tarde (YSI MODEL 556 MPS, Yellow Springs, OHIO, EUA). Enquanto que, os sólidos sedimentáveis (mL.L⁻¹) foram analisados duas vezes na semana com auxílio de cone Imhoff após 20 minutos de sedimentação, como descrito por Avnimelech (2009). Os sólidos suspensos totais (SST) e os compostos nitrogenados: nitrogênio da amônia total (NAT), nitrogênio do nitrito (N-NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), alcalinidade (mg.L⁻¹ de CaCO₃) e ortofosfato (PO₄³⁻) foram mensurados semanalmente, seguindo os métodos descritos por Grasshoff e Almgreen (1976), Golterman et al. (1978); Gaudet (1979) e Felföldy (1987), respectivamente.

Desempenho zootécnico

Ao final do cultivo foram determinados os seguintes índices zootécnicos: Peso médio final (g); Fator de conversão alimentar (FCA = Alimentação ofertada (g) / Ganho de Biomassa (g)), Sobrevivência (S = População final / População inicial) x 100) e Produtividade (P =Biomassa final(kg) / Volume da unidade experimental (m³).

Análise de dados

Após a determinação da distribuição de homogeneidade e normalidade dos dados através dos testes de Cochran e Lilliefors, respectivamente, foram submetidos à análise de variância bi fatorial, seguido do teste de comparação de médias de Tukey (p <0,05). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Statistica 12.

4. Resultados e Discussão

Qualidade de água

Os valores médios e desvios-padrão das variáveis analisadas estão sintetizados na **Tabela 1**.

Não foram observadas diferenças significativas (p≥0,05) nos dados relacionados às variáveis da qualidade de água para os fatores avaliados isoladamente, assim como a interação entre estes.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água no cultivo integrado de *Litopenaeus vannamei* e *Gracilaria domingensis* em berçário secundário utilizando bioflocos.

Parâmetros	Tratamentos			
	MG32	MG40	IG32	IG40
Temperatura	30,5 ± 0,70	30,5 ± 0,70	30,6 ± 0,70	30,6 ± 0,90
O ₂	4,69 ± 0,56	4,59 ± 0,47	4,62 ± 0,13	4,81 ± 0,64
pH	8,3 ± 0,30	8,2 ± 0,10	8,2 ± 0,10	8,2 ± 0,10
Salinidade	35,1 ± 1,00	35,6 ± 1,00	35,2 ± 1,00	35,2 ± 1,00
SS	14 ± 5,50	15,2 ± 3,40	14,8 ± 3,00	13,5 ± 4,10
N-AT	0,32 ± 0,11	0,3 ± 0,13	0,23 ± 0,10	0,44 ± 0,36
N-NO ₂	1,16 ± 1,21	1,05 ± 0,90	1,03 ± 0,99	1,11 ± 1,18
N-NO ₃	3,36 ± 1,49	3,07 ± 2,03	3,43 ± 1,55	3,36 ± 1,34
Alcalinidade	113,28 ± 30,95	113,37 ± 27,34	119,25 ± 32,83	115,92 ± 31,73
PO ₄ ⁻³	1,84 ± 0,17	2,06 ± 0,34	2,16 ± 0,58	2,21 ± 0,49

A temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade apresentaram médias de 30,6°C, 4,81 mg.L⁻¹, 8,2 e 35,2 g.L⁻¹, sendo mantidos assim, dentro dos parâmetros recomendados para o cultivo do *Litopenaeus vannamei* (VAN WYK et al., 1999).

Ao longo dos cultivos as concentrações de sólidos sedimentáveis (SS), nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrogênio do nitrito (N-NO₂), nitrato (NO₃⁻), ortofosfato (PO₄⁻³) e alcalinidade não excederam 22 ml.L⁻¹, 0,8 mg.L⁻¹, 2,37 mg.L⁻¹, 5,1 mg.L⁻¹, 2,74 mg.L⁻¹ e 258 mg CaCO₃ .L⁻¹, respectivamente, permanecendo entre os valores sugeridos para utilização de sistema de bioflocos na fase de berçário secundário (MENDOZA-LÓPEZ et al., 2017; SAMOCHA et al., 2017).

Condições ambientais como: salinidade, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes podem afetar o desenvolvimento e sobrevivência das macroalgas (SUSILOWATI et al., 2018), além da competição por luz e nutrientes decorrente da utilização de altas densidades de estocagem (JIANG et al., 2019). Brito et al. (2018a) ao avaliarem o potencial biorremediador da *G. birdiae* (2,5 kg. m⁻³ de biomassa úmida) no tratamento de efluentes proveniente do cultivo de juvenis de *L. vannamei* em sistema de bioflocos, mantidas a uma intensidade luminosa de 587 lux em um fotoperíodo de 12h claro, 12h escuro, (BRITO et al., 2018a) não observaram diferenças significativas nas concentrações do nitrogênio da amônia, nitrogênio do nitrato e no ortofosfato. Por outro lado, Samocha et al. (2015), ao utilizar um sistema de recirculação integrado onde foram estocados 2,96 kg. m⁻³ de *Gracilaria* sp. com sedimentadores, observaram reduções significativas nas concentrações de nutrientes dissolvidos. De acordo com Susilowati et al. (2018), a intensidade luminosa ótima para o desenvolvimento de uma macroalga do gênero estudado é de 3500 lux, superior à utilizada no presente estudo. Além disso, o sistema de bioflocos apresenta elevados níveis de turbidez decorrentes do aumento da concentração de sólidos suspensos totais ou flocos característicos de sistemas maturados (AVNIMELECH, 2012), acarretando uma diminuição de luz ainda maior no sistema, comprometendo a realização da fotossíntese e resultando em menores coeficientes de remoção de nutrientes do sistema.

Desempenho zootécnico

O desempenho zootécnico dos camarões e o efeito dos fatores analisados encontram-se sumarizados na **Tabela 2**.

Dentre os dados referentes aos parâmetros zootécnicos, a sobrevivência não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$), com valores superiores a 86% entre os tratamentos no cultivo em berçário secundário.

Tabela 2 - Índices de desenvolvimento zootécnico do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema integrado e monocultura na fase de berçário secundário utilizando sistema de bioflocos.

Proteína da Ração (PB)	32%		40%		S	PB	S x PB
	Monocultura	Integrado	Monocultura	Integrado			
Sistemas (S)							
Sobrevivência (%)	85 ± 11	95 ± 2	90 ± 10	90 ± 10	ns	ns	ns
Peso médio final (g)	2,73 ± 0,21	2,87 ± 0,21	2,94 ± 0,03	3,80 ± 0,21	*	*	ns
FCA	1,5 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,18 ± 0,15	1,0 ± 0,0	*	*	ns
Produtividade (Kg.m ³)	1,20 ± 0,11	1,36 ± 0,12	1,5 ± 0,2	1,74 ± 0,07	*	*	ns

Médias e desvios padrão dos valores distribuídos por tratamento. Resultado da análise de variância fatorial (ANOVA- Fatorial) sendo representado o fator 1, Sistema de cultivo (S-monocultura e Integrado), o fator 2, percentual de proteína bruta da ração por PB e a interação entre os fatores por S x PB.

Apesar da interação dos fatores, sistema e proteína bruta, não terem influenciado significativamente nos dados referentes ao peso médio final dos animais, foi constatado a influência de forma isolada do percentual de proteína e do sistema de cultivo utilizado. Ao analisar o efeito dos sistemas testados, observou-se valores de peso médio final superiores nos tratamentos formados pelo sistema integrado entre a *Gracilaria domingensis* e o *L. vannamei*. Já para análise do fator proteína bruta isoladamente, os maiores valores encontrados para esse índice zootécnico corresponderam aos tratamentos alimentados com ração contendo 40% de proteína bruta.

Correia et al. (2014) ao avaliar o efeito da utilização de ração comercial com 30% e 40% de proteína bruta na alimentação do *L. vannamei* cultivado em sistema de bioflocos obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, demonstrando que apesar do bioflocos ser uma fonte de alimentação suplementar, dietas com 40% de proteína resultam em animais com maior peso médio final, já que a proteína é um nutriente limitante, afetando assim os fatores de crescimento.

Entretanto, com a integração das macroalgas em berçários secundários, Brito et al. (2018b) ao analisar o desenvolvimento zootécnico de juvenis do *L. vannamei*, alimentado com ração de alta (40%) e baixa (32%) concentração proteica, não observaram diferenças significativas entre o peso médio final dos animais, o qual

atribuiu tal efeito à utilização da macroalga como fonte de alimento suplementar e de substrato para colonização de microrganismos, que foram incluídos na alimentação dos camarões.

Ao final do período de cultivo do presente estudo, foi constatada uma redução na densidade de macroalgas presente em todas as unidades experimentais, indicando a possível utilização da macroalga como fonte de alimentação pelos camarões, principalmente devido a pastagem dos camarões nas estruturas de cultivos, assim como, foi observada a presença de pequenos fragmentos destas na coluna de água, possibilitando a sua agregação ao bioflocos e assim aumentando a possibilidade de seu consumo pelos animais, como relatado por Brito et al. (2014). O cisalhamento das macroalgas pode ser atribuído à elevada turbulência no sistema de cultivo devido ao alto requerimento de oxigênio dissolvido ao utilizar tecnologia de bioflocos.

Assim como para o peso médio final, foi observado o efeito isolado do sistema de cultivo e percentual de proteína bruta sobre o FCA, não sendo observada significância ao analisar a interação entre estes fatores. Os maiores valores de FCA foram atribuídos aos tratamentos utilizando 32% de proteína bruta, já que de acordo com Tantikitti et al. (2016) a qualidade e a quantidade da proteína utilizada na alimentação de juvenis de *L. vannamei* podem afetar o desempenho zootécnico destes. Brito et al. (2018b) ao comparar o efeito da utilização de rações de diferentes aportes de proteína, em sistema de água clara e bioflocos, obteve índices semelhantes ao presente estudo nos tratamentos utilizando bioflocos. Van Wyk et al. (1999) recomendam a utilização de rações com níveis de proteína de 45% a 50% para *L. vannamei* com peso médio entre 2mg e 1g. Segundo Jackson et al. (2003), a proteína é o nutriente mais caro na ração dos camarões e a redução da concentração desta no alimento poderá acarretar danos no desempenho zootécnico do animal, entretanto ao analisar os índices zootécnicos de juvenis de *L. vannamei* cultivados de forma integrada com macroalga do gênero *Gracilaria*, em sistema sem troca de água, Fouroughifard et al. (2018) atribuiu os melhores resultados de fator de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, crescimento semanal e sobrevivência, ao tratamento formado por menores densidades (25 camarões. m⁻²) e 400g de *G. corticata*.m². O mesmo foi observado por Brito et al. (2018), afirmando que a presença da *Gracilaria birdiae* no cultivo de juvenis de *L. vannamei* utilizando sistema de bioflocos é uma estratégia que possibilita a utilização de rações com menor aporte

proteico favorecendo os parâmetros de crescimento do animal. De acordo com Fourouoghifard et al. (2017), é possível minimizar os danos ao crescimento do *L. vannamei* resultantes das altas taxas de estocagem através da utilização de uma macroalga do gênero *Gracilaria*, podendo estas servir como substrato natural para os camarões, e serem utilizadas como fonte de alimentação suplementar ou abrigo para os animais.

A composição da biomassa das macroalgas pode variar de acordo com o ambiente de cultivo ao qual estão expostas (CRUZ-SUÁREZ et al., 2010). Brito et al. (2016) ao avaliar a composição centesimal do *L. vannamei* alimentado com ração de 40% de proteína, cultivado de forma integrada com diferentes densidades da macroalga *G. birdiae* em sistema de bioflocos, observaram que a concentração de proteína nos animais oriundos do sistema integrado apresentaram maiores taxas proteicas que os animais cultivados em monocultura. Além disso, ao comparar a composição da biomassa da *G. birdiae* ao final do cultivo, foi observado um incremento de até 16% na concentração de proteína, quando comparada a composição da biomassa algal inicial, com base em seu peso seco.

Diante disso, é possível que a *G. domingensis* tenha atuado assim como a *G. birdiae* e a *G. corticata* como uma fonte suplementar para a alimentação dos camarões, possibilitando a redução do percentual de proteína da ração, sem acarretar danos ao ganho de biomassa do animal na fase de berçário secundário.

Os dados de produtividade decorrente da fase de berçário secundário foram influenciados pelo percentual de proteína bruta e pelo sistema de cultivo de forma isolada, apesar disso, ao analisar a interação entre os tratamentos não foi constatada diferença significativa entre estes. As variáveis de desenvolvimento zootécnico como: ganho de peso, eficiência alimentar e fator de conversão alimentar, podem ser influenciadas por fatores atrelados a alimentação dos animais, como por exemplo, a taxa proteica do alimento e a qualidade da proteína utilizada na formulação da ração (KURESHY e DAVIS, 2002).

Ao analisar o efeito da combinação de diferentes densidades do *L. vannamei* e da macroalga *G. corticata* sob a biomassa final do camarão marinho alimentados com ração de 35% PB, Fourouoghifard et al. (2017) observaram que o aumento da densidade de estocagem da macroalga acarretava um incremento na biomassa final do *L. vannamei*, decorrente da utilização da macroalga como suplemento alimentar,

assim como Brito et al. (2018) que ao analisar o efeito da utilização de rações com diferentes níveis de proteína (32% e 40%) para a alimentação de juvenis de *L. vannamei* em cultivo integrado com a macroalga *G. birdiae* na densidade de 2,5kg.m⁻³ em sistema de bioflocos, observou efeito positivo da adição das macroalgas para utilização de rações com nível proteico mais baixo, assim como observado no presente estudo.

5. Conclusão

Mediante a interação entre os sistemas de cultivo utilizados e os diferentes níveis proteicos da ração, os índices de desempenho zootécnico: peso médio final, fator de conversão alimentar e produtividade dos animais apresentaram-se de forma semelhante. Portanto o efeito conjunto do sistema integrado e da proteína, possibilita a utilização de ração com concentração proteica de 32% em sistema de cultivo integrado à macroalga *Gracilaria domingensis*, sem afetar os parâmetros de desenvolvimento zootécnico do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema de bioflocos.

6. Referências

ABREU, M. H. et al. IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: Productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system. **Aquaculture**, v. 312, n. 1–4, p. 77–87, 25 fev. 2011.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **World Aquaculture**, v. 34, n. 4, p. 19–21, 2003.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology : a practical guide book**. Baton Rouge La.: World Aquaculture Society, 2009.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology : a practical guide book**. [s.l: s.n.].

BRITO, L. O. et al. Water quality, phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with *Gracilaria birdiae* (Greville) and *Gracilaria domingensis* (Kützing). **Aquaculture International**, v. 22, n. 5, p. 1649–1664, 28 out. 2014.

BRITO, L. O. et al. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, 2016.

BRITO, L. O. et al. Bioremediation of shrimp biofloc wastewater using clam, seaweed and fish. **Chemistry and Ecology**, 2018a.

BRITO, L. O. et al. Effects of two commercial feeds with high and low crude protein content on the performance of white shrimp *litopenaeus vannamei* raised in an integrated biofloc system with the seaweed *gracilaria birdiae*. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 2018b.

CHEN, J. C.; LIN, C. Y. Responses of oxygen consumption, Ammonia-N excretion and Urea-N excretion of *Penaeus chinensis* exposed to ambient ammonia at different salinity and pH levels. **Aquaculture**, 1995.

CORREIA, E. S. et al. 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**, v. 59, p. 48–54, 2014.

CRUZ-SUÁREZ, L. E. et al. Shrimp/*Ulva* co-culture: A sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. **Aquaculture**, v. 301, n. 1–4, p. 64–68, mar. 2010.

DE SCHRYVER, P. et al. **The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture** **Aquaculture**, 2008.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. An Engineering Analysis of the Stoichiometry of Autotrophic, Heterotrophic Bacterial Control of Ammonia-Nitrogen in Zero-Exchange Marine Shrimp Production Systems. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, 2016.

FAO, F. AND A. O. OF THE U. N. F. AND A. D. **The state of world fisheries and aquaculture 2018 : meeting the sustainable development goals**. Rome: [s.n.].

FELFÖLDY, L. **A biológiai vízminőség.** 4., bőv. kiad. ed. Budapest: Vízgazdálkodási Intézet, 1987.

FOUROOGHIFARD, H. et al. Growth parameters of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and red seaweed *Gracilaria corticata* in integrated culturing method under zero water exchange system. **Aquaculture Research**, 2017.

FOUROOGHIFARD, H. et al. Nitrogen and phosphorous budgets for integrated culture of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* with red seaweed *Gracilaria corticata* in zero water exchange system. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, 2018.

GAUDET, J. *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists*. F. J. H. Mackereth, J. Heron, J. F. Talling. **The Quarterly Review of Biology**, v. 54, n. 2, p. 203–203, jun. 1979.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. [s.l.] Blackwell Scientific, 1978.

GRASSHOFF, K.; ALMGREEN, T. **Methods of seawater analysis**. [s.l.] Verlag Chemie, 1976.

GUARATINI, T. et al. Antioxidant activity and chemical composition of the non polar fraction of *gracilaria domingensis* (Kützing) Sonder ex Dickie and *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, 2012.

GURGEL RODRIGUES, J. A. et al. Cultivation of shrimps treated with sulfated polysaccharides of *Halymenia pseudofloresia* rhodophyceae through a prophylactic strategy. **Cultivo de camarões tratados com polissacarídeos sulfatados da rodófitia *Halymenia pseudofloresia* mediante uma estratégia profilática**, 2009.

HOPKINS, J. S. et al. Effect of Water Exchange Rate on Production, Water Quality, Effluent Characteristics and Nitrogen Budgets of Intensive Shrimp Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 24, n. 3, p. 304–320, 1993.

HUANG, X.; ZHOU, H.; ZHANG, H. The effect of *Sargassum fusiforme* polysaccharide extracts on vibriosis resistance and immune activity of the shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 20, n. 5, p. 750–757, 1 maio 2006.

IBGE, I. B. DE G. E E. Produção da pecuária municipal 2016. **Produção da pecuária municipal**, v. 44, p. 51, 2016.

JACKSON, C. et al. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. **Aquaculture**, v. 218, n. 1–4, p. 397–411, mar. 2003.

JIANG, H. et al. Growth and photosynthesis by *Gracilariopsis lemaneiformis* (Gracilariales, Rhodophyta) in response to different stocking densities along Nan'ao Island coastal waters. **Aquaculture**, 2019.

KANJANA, K. et al. Solvent extracts of the red seaweed *Gracilaria fisheri* prevent *Vibrio harveyi* infections in the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 30, n. 1, p. 389–396, 1 jan. 2011.

KURESHY, N.; DAVIS, D. A. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 204,

n. 1–2, p. 125–143, jan. 2002.

MAIA, E. DE P. et al. Crescimento, sobrevivência e produção de *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 17, n. 1, p. 15–19, 2012.

MARINHO-SORIANO, E. et al. Preliminary evaluation of the seaweed *Gracilaria cervicornis* (Rhodophyta) as a partial substitute for the industrial feeds used in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming. **Aquaculture Research**, 2007.

MENDOZA-LÓPEZ, D. G. et al. The effect of biofloc technology (BFT) on water quality in white shrimp culture: A review. **Revista Bio Ciencias**, v. 4, n. 4, p. 15, maio 2017.

NGOC ANH, N. T. et al. Co-Culture of Red Seaweed (*Gracilaria tenuistipitata*) and Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) with Different Feeding Rations. **International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)**, v. 8, n. 9, set. 2018.

NUNES, J. M. D. C. **Rodófitas marinhas bentônicas do Estado da Bahia, Brasil**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2005.

PONCE-PALAFOX et al. REVISTA BIO CIENCIAS El efecto de la tecnología de biofloc (TBF) sobre la calidad del agua en el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*: Una revisión. **Revista Bio Ciencias**, 2017.

PORTILLO-CLARK, G. et al. Growth and survival of the juvenile yellowleg shrimp *Farfantepenaeus californiensis* cohabiting with the green feather alga *Caulerpa sertularioides* at different temperatures. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 1, p. 22–30, dez. 2012.

RAHARDJO, S. et al. Seaweed utilization for phytoremediation of *Litopenaeus vannamei* shrimp farming waste in recirculation systems (environmentally friendly design of sustainable shrimp culture). In: **Sustainable Future for Human Security: Environment and Resources**. [s.l.: s.n.].

RAY, A. J.; DILLON, K. S.; LOTZ, J. M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquacultural Engineering**, 2011.

SAMOCHA, T. M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184–191, mar. 2007.

SAMOCHA, T. M. et al. Growth and nutrient uptake of the macroalga *Gracilaria tikvahiae* cultured with the shrimp *Litopenaeus vannamei* in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) system. **Aquaculture**, v. 446, p. 263–271, 2015.

SAMOCHA, T. M. et al. **Design and Operation of Super-Intensive Biofloc-Dominated Systems for the Production of Pacific White**. [s.l.: s.n.].

SCHVEITZER, R. et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, 2013.

SUSILOWATI, T. et al. **The effects of season, aeration and light intensity on the**

performance of pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) polycultured with seaweed (*Gracilaria verrucosa*). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **Anais...**2018

TANTIKITTI, C.; CHOOKIRD, D.; PHONGDARA, A. Effects of fishmeal quality on growth performance, protein digestibility and trypsin gene expression in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 2016.

TROELL, M. et al. **Ecological engineering in aquaculture - Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems****Aquaculture**, 2009.

TSUTSUI, I. et al. Co-culture with *Chaetomorpha* sp. enhanced growth performance and reduced feed conversion ratio of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon*. **International Aquatic Research**, v. 7, n. 3, p. 193–199, set. 2015.

VAN KHOI, L.; FOTEDAR, R. Integration of western king prawn (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896) and green seaweed (*Ulva lactuca* Linnaeus, 1753) in a closed recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, 2011.

VAN, P. M. et al. **Farming Marine Shrimp in Recirculating Fresh Water Systems Recirculating Aquaculture Systems View project Developing Hatchery Technology for Pacific Black Snook View project.** [s.l: s.n.].

XU, H. et al. Temporal dynamics of phytoplankton communities in a semi-enclosed mariculture pond and their responses to environmental factors. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, 2010.