



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR- LABOMAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

JORDANA SAMPAIO LEITE

**SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA ATUAM COMO FONTE DE CARBONO E
ALIMENTO NO CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei***

FORTALEZA

2020

JORDANA SAMPAIO LEITE

SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA ATUAM COMO FONTE DE CARBONO E
ALIMENTO NO CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L553s Leite, Jordana Sampaio.
SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA ATUAM COMO FONTE DE CARBONO E ALIMENTO
NO CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenacus vannamei* / Jordana Sampaio Leite. – 2020.
122 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

1. Sistema heterotrófico. 2. Fertilização. 3. Fermentação. 4. Atividade enzimática. I. Título.

CDD 551.46

JORDANA SAMPAIO LEITE

SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA ATUAM COMO FONTE DE CARBONO E
ALIMENTO NO CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências Marinha Tropicais.

Aprovada em: 14/02/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Esaú Aguiar Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Alexandre Firmino Diógenes
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Dr. Luis Paulo Araújo Lage
Université de Pau et des Pays de L'Adour (UPPA)

Dr. Ricardo Camurça Correia Pinto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda a sua bondade e amor, por me conceder o dom da vida e me manter fiel e confiante mesmo nas maiores adversidades.

Ao meu companheiro de vida Pedro Vasconcelos, por todo apoio, amor, força, amizade e por continuar sempre me apoiando na realização dos meus sonhos.

Aos meus pais Paulo e Nádia Leite por toda a dedicação, amor e incentivo durante a vida, serei grata sempre.

Aos meus irmãos João Paulo e Fabiola Leite pela amizade, pelas ajudas nas atividades escolares e sempre celebraram as minhas vitórias.

Aos meus afilhados João Miguel e Ana Cecília que me ensinam sobre o amor puro e sincero.

Ao meu orientador, prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes, que desde o princípio colocou todo o seu conhecimento e disposição para me ajudar, obrigada pelas conversas e pelos valiosos ensinamentos que contribuíram na minha formação profissional e pessoal.

Aos membros da banca avaliadora, Professor Dr. Esaú Carvalho, Dr. Alexandre Firmino, Dr. Luis Paulo Araújo e Dr. Ricardo Camurça pela colaboração na correção da Tese.

Aos meus amigos da Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais César Barrios, Cyntia Rafaela, David Miranda e Ivo Orellana por todo apoio, pelas excelentes conversas e boas risadas.

Aos amigos do Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água: Professora Dra. Sandra Santaella, Professor Dr. Michael Viana, Clara Cabral, Juliana, Beatriz Leite e Caio Servulo.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia e qualidade do Pescado em especial a professora Dra. Oscarina Viana. Aos amigos do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos: Alann, Basílio, Daniel, Esaú, Hassan, Júnior, Lucas, Natália, Sandra, Severino, Simone e Wailer pela amizade e por contribuírem diretamente para o sucesso deste projeto.

À Sucesso Agroindústria na pessoa do Giovanni De Costa pelo apoio aos trabalhos.

Ao Instituto de Ciências do Mar-Labomar e todos os seus professores e funcionários pelo carinho e pela atenção em todos esses anos de pós-graduação. Aos amigos motoristas da UFC por todas as conversas e pela ajuda com o transporte para chegar até o CEAC.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de pesquisa concedida.

E a todos os cidadãos brasileiros que custearam meus estudos, me ajudaram a concluir duas graduações, um mestrado e um doutorado em universidades públicas de referência nacional.

“Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto não tem condições melhores, para
fazer melhor ainda.”

Mario Sergio Cortella

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a utilização de subprodutos de origem vegetal como fonte de carbono e alimento para o cultivo heterotrófico de juvenis do camarão *L. vannamei*. O primeiro capítulo avaliou o efeito de fertilizantes orgânicos preparados com subprodutos do beneficiamento de arroz sobre a qualidade da água e os parâmetros zootécnicos no cultivo de juvenis de *L. vannamei*. Foram utilizados 49 tanques de 1,5 m³ durante 77 dias com camarões de 0,98 ± 0,10 g na densidade de 127 animais/m². Farelo de arroz, quirera de arroz e casca de arroz foram misturados em cinco diferentes fertilizantes, variando o teor de fibras (F90, F110, F150, F200 e F250 g/Kg) e comparados com o melaço de cana-de-açúcar (MO) e tanques não fertilizados (UNF). Os sólidos sedimentáveis (SS) foram maiores nos tanques fertilizados com subprodutos do arroz (de 2,5 ± 1,0 a 3,1 ± 1,1 mL/L) e MO (3,4 ± 1,0 mL/L). O nitrogênio amoniacal total (0,19 ± 0,09 mg/L) e o nitrito (5,97 ± 2,04 mg/L) foram mantidos baixos, sem diferenças significativas entre os tratamentos. Todos os tanques tratados com subprodutos do arroz, exceto F90 g/kg de fibra, resultaram em maior peso final de camarão (de 9,04 ± 1,56 a 9,52 ± 1,89 g) em comparação com MO (8,75 ± 2,14 g) e UNF (7,74 ± 1,48 g). Foi concluído que uma mistura de subprodutos do arroz pode ser igual ou mais eficaz como fonte de carbono para o cultivo do camarão *L. vannamei* do que o MO. O segundo capítulo comparou a utilização de resíduos do beneficiamento de arroz não fermentados e resíduos fermentados, suplementados com a levedura *S. cerevisiae* (s) no cultivo do camarão *L. vannamei*. Camarões com 0,95 ± 0,10 g foram estocados em 49 tanques de 1,5 m³ com 127 animais/m² durante 70 dias. Os camarões dos tratamentos F90f e F110fs alcançaram o maior peso corporal final (11,65 ± 0,93 e 11,75 ± 1,33 g, respectivamente). A utilização de subprodutos do beneficiamento de arroz fermentado, suplementado com levedura, é mais vantajosa do que os mesmos insumos não fermentados no cultivo do *L. vannamei*. O terceiro capítulo verificou o efeito de diferentes porcentagens de substituição da ração convencional por *pellets* a base de grãos fermentados (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidos com os subprodutos da agroindústria. Camarões com 1,15 ± 0,12 g foram estocados em 35 tanques de 1,0 m³ com 133 animais/m². Após 77 dias, a sobrevivência final dos camarões alcançou 89,3 ± 5,7%, não sendo influenciada pelo percentual de substituição da ração ($P > 0,05$). O peso corporal final (12,64 ± 2,54 e 11,71 ± 1,86 g), crescimento semanal (1,06 ± 0,14 e 0,97 ± 0,06 g/semana), o ganho de produtividade (1.365 ± 148 e 1.290 ± 87 g/m²) e o FCA_t (1,32 ± 0,11 e 1,63 ± 0,07) não se diferenciaram entre 0 e 25%. O presente trabalho indicou que é possível substituir a ração em até 25% por *pellets* a base de grãos no cultivo em alta densidade de juvenis do *L. vannamei*.

Palavras-chave: Sistema heterotrófico, Fertilização, Fermentação.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the use of vegetable by-products as a source of carbon and food for the heterotrophic cultivation of juvenile shrimp *L. vannamei*. The first chapter evaluated the effect of fertilizers prepared with by-products from rice processing on water quality and zootechnical parameters in the cultivation of *L. vannamei* juveniles. Shrimp of 0.98 ± 0.10 g were reared in 49 tanks of 1.5 m^3 for 77 days under 127 animals/ m^2 . Rice bran, rice grits, and rice hulls were used to form five different fertilizers with varying fiber content (F90, F110, F150, F200 and F250 g/Kg). They were compared to sugarcane molasses (MO) and unfertilized tanks (UNF), and applied in water three times a week at a fixed rate of 4.5 g/m^3 . Settleable solids (SS) were higher in tanks fertilized with rice by-products (from 2.5 ± 1.0 to $3.1 \pm 1.1 \text{ mL/L}$) and MO ($3.4 \pm 1.0 \text{ mL/L}$). Total ammonia nitrogen ($0.19 \pm 0.09 \text{ mg/L}$) and nitrite ($5.97 \pm 2.04 \text{ mg/L}$) showed no differences between treatments. However, all tanks treated with rice by-products, except 90 g/kg of fiber, resulted in a higher final shrimp body weight (from 9.04 ± 1.56 to 9.52 ± 1.89 g) compared to MO (8.75 ± 2.14 g) and UNF (7.74 ± 1.48 g). It can be concluded that a mixture of rice by-products is equally or more effective as a carbon source for the culture of *L. vannamei* compared to MO. The second chapter compared the use of unfermented rice processing residues and fermented residues, supplemented with the yeast *S. cerevisiae* (s) in the cultivation of *L. vannamei* shrimp. Shrimp of 0.95 ± 0.10 g were stocked in 49 tanks of 1 m^3 under 127 animals/ m^2 and grown for 70 days. Shrimp grown under F90f and F110fs reached the highest final body weight (11.65 ± 0.93 and 11.75 ± 1.33 g, respectively). The use of fermented by-products from rice processing, supplemented with yeast, is more advantageous than the same unfermented residues in the intensive culture of *L. vannamei*. The third chapter evaluated the effect of different replacement levels of a practical feed for grain-based pellets (0, 25, 50, 75 and 100%) that underwent fermentation. Shrimp of 1.15 ± 0.12 g were stocked in 35 tanks of 1.0 m^3 under 133 animals/ m^2 . After 77 days, final shrimp survival reached $89.3 \pm 5.7\%$, unaffected by the percentage of feed replacement ($P > 0.05$). Final body weight (12.64 ± 2.54 and 11.71 ± 1.86 g), weekly growth (1.06 ± 0.14 and $0.97 \pm 0.06 \text{ g/week}$), yield ($1,365 \pm 148$ and $1,290 \pm 87 \text{ g/m}^2$) and the FCRt (1.32 ± 0.11 and 1.63 ± 0.07) did not differ between 0 and 25%, respectively. The present study indicated that it is possible to replace a proportion of up to 25% with grain pellets in the cultivation of *L. vannamei* in high youth density.

Keywords: Heterotrophic System. Fertilization. Fermentation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
Fertilização na aquicultura.....	12
Subprodutos da agroindústria utilizados como fertilizantes.....	14
Fertilização para a produção de bioflocos.....	17
Fermentação de fertilizantes de origem vegetal.....	24
Subprodutos da agroindústria como complemento alimentar.....	25
Fertilizantes na produção de alimento natural.....	25
HIPÓTESE CIENTÍFICA.....	28
OBJETIVOS.....	28
Geral.....	28
Específicos.....	28
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO 1.....	45
Utilização de subprodutos do arroz como fonte de carbono para o cultivo em alta densidade do camarão branco do Pacífico, <i>Litopenaeus vannamei</i>	45
1.1 INTRODUÇÃO.....	48
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
1.2.1 Preparação dos fertilizantes.....	49
1.2.2 Design experimental.....	51
1.2.3 Análises de água.....	53
1.2.4 Parâmetros zootécnicos e análises microbiológicas.....	53
1.2.5 Análises estatísticas.....	54
1.3 RESULTADOS.....	54
1.3.1 Desempenho zootécnico.....	54
1.3.2 Qualidade da água.....	57
1.3.3 Microbiologia dos fertilizantes.....	58
1.4 DISCUSSÃO.....	58
1.5 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
CAPÍTULO 2.....	67

Fermentação de resíduos do beneficiamento de arroz como fonte de carbono no cultivo intensivo do camarão branco do Pacífico, <i>Litopenaeus vannamei</i>	67
2.1 INTRODUÇÃO.....	70
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	71
2.2.1 Local do estudo e condições experimentais.....	71
2.2.2 Preparação dos fertilizantes e protocolo de fermentação.....	72
2.2.3 Parâmetros de água.....	74
2.2.4 Análise de clorofila- <i>a</i>	75
2.2.5 Parâmetro de desempenho zootécnico.....	75
2.2.6 Análise estatística.....	76
2.3 RESULTADOS.....	76
2.3.1 Análises da qualidade da água.....	76
2.3.2 Parâmetros zootécnicos.....	79
2.4 DISCUSSÃO.....	81
2.5 CONCLUSÃO.....	84
REFERÊNCIAS.....	85
CAPÍTULO 3.....	90
<i>Pellets</i> a base de grãos fermentados reduz a oferta de ração no cultivo intensivo de juvenis do <i>Litopenaeus vannamei</i>	90
3.1 INTRODUÇÃO.....	93
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	94
3.2.1 Composição da ração e dos <i>pellets</i> a base de grãos.....	94
3.2.2 Análise física e química da ração e <i>pellets</i> base de grãos fermentados.....	97
3.2.3 Desenho experimental.....	98
3.2.4 Análises de qualidade da água.....	99
3.2.5 Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões.....	100
3.2.6 Consumo alimentar aparente.....	100
3.2.7 Contagem de hemócitos.....	101
3.2.8 Análise da atividade enzimática.....	101
3.2.9 Avaliação química centesimal dos camarões e da borda orgânica acumulada.....	102
3.2.10 Análise estatística.....	102
3.3 RESULTADOS.....	102
3.3.1 Análises físicas e químicas dos <i>pellets</i> de grãos e da ração.....	102
3.3.2 Desempenho zootécnico.....	104

3.3.3 Qualidade da água de cultivo.....	107
3.3.4 Análises químicas dos camarões e da borda orgânica dos tanques.....	108
3.3.5 Consumo alimentar aparente.....	109
3.3.6 Contagem total de hemócitos.....	110
3.3.7 Atividade enzimática do hepatopâncreas.....	110
3.4 DISCUSSÃO.....	111
3.5 CONCLUSÃO.....	114
REFERÊNCIAS.....	115C
CONCLUSÕES.....	121
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122

INTRODUÇÃO

A atividade aquícola é a que mais cresce na produção de animais destinados para consumo humano no mundo, com uma estimativa de alcançar 195,9 milhões de toneladas em 2025 (FAO, 2018). Para manter a atividade com elevados níveis de produção é necessário o desenvolvimento de técnicas de manejo e de melhoramento dos sistemas de cultivo. A fertilização orgânica de origem vegetal disponibiliza nutrientes que são incorporados pela comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica (CAMPOS, 2005), proporcionando o desenvolvimento de uma cadeia alimentar (WASIELESKY *et al.*, 2006; BRITO, 2009) podendo servir também como fonte direta de alimento para os organismos cultivados (SERRA *et al.*, 2015). A intensificação dos cultivos e a alta pressão de produção gera a necessidade de utilização de fertilizantes orgânicos e inorgânicos na aquicultura, porém ainda é preciso desenvolver mais pesquisas para o conhecimento do uso de fertilizantes de origem vegetal (SURNAR *et al.*, 2019).

O princípio do cultivo com adição de fontes de carbono permite aumentar a relação C:N ajudando a converter os resíduos orgânicos nitrogenados em biomassa de proteína bacteriana (SCHNEIDER *et al.*, 2005). Os organismos heterotróficos utilizam o nitrogênio como substrato, desde que a relação C:N seja ideal, transformando a amônia e nitrito dissolvidos em nitrato, um composto menos tóxico (FRÓES *et al.*, 2012). Essas fontes também estimulam a formação de um meio aeróbio e heterotrófico, tornando necessário realizar a aeração intensa da água (SAMOCHA *et al.*, 2007). O cultivo de camarão em sistema heterotrófico apresenta diversas vantagens devido ao desenvolvimento de uma microbiota estável que realiza a ciclagem da matéria orgânica e auxilia nas reduções das trocas de água, reduzindo os riscos de introdução e disseminação de doenças em sistemas de cultivo, bem como possibilita o uso de dietas com menor conteúdo proteico (AVNIMELECH, 2006).

A adoção de técnicas de fertilização dos cultivos soluciona entraves para a expansão da produção aquícola, que se torna restrita devido às pressões exercidas no meio ambiente, causadas pelas descargas de efluentes nos corpos d'água e na dependência por óleo e farinha de peixe como ingredientes de rações para alimentação de organismos aquáticos cultivados (DE SCHRYVER *et al.*, 2008).

Diversos produtos foram testados com a finalidade de atuarem como fontes de carbono para a fertilização da água de viveiros de cultivo. Diferente do que acontecia no passado,

quando resíduos eram descartados ou dispostos em aterros sanitários, atualmente existe um incentivo ao aproveitamento de subprodutos e a bioconversão de resíduos (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROM, 2003) tais como o melaço de cana-de-açúcar, o glicerol e os farelos de trigo, milho, arroz e mandioca (KRUMMENAUER et al., 2011; HARI et al., 2004; CRAB et al., 2010, ASADUZZAMAN et al., 2008; WANG et al., 2016). Essas fontes de carbono são selecionadas tendo como critério o custo financeiro, a disponibilidade local, a biodegradabilidade e a eficiência de assimilação por bactérias (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013; FUGIMURA et al., 2015).

Os resíduos agroindustriais podem ser utilizados como fonte de carbono orgânico adicionados na água ou incorporados na composição de dietas com um maior teor de carbono orgânico (AVNIMELECH, 1999). Devido à elevada quantidade de carboidratos complexos na sua composição, os resíduos de origem vegetal possuem baixa solubilidade em água (ROMANO *et al.*, 2018). Uma alternativa para melhorar a solubilidade e biodegradabilidade são os processos fermentativos, que consistem na utilização de microrganismos para realizar transformações no substrato mediante atividade metabólica (DAUDA *et al.*, 2017).

A alta disponibilidade e baixo custo de aquisição dos resíduos de processos agrícolas eleva o potencial de utilização dessas fontes de carbono para o uso em cultivos (DE SCHRYVER *et al.*, 2008), pois após a geração, necessitam de destino adequado, podendo acarretar potenciais problemas ambientais, representando perda de matéria-prima e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para o seu descarte (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007). Se for empregada uma tecnologia adequada, este tipo de material pode ser convertido em matéria-prima para processos secundários (LAUFENBERG *et al.*, 2003).

Uma estratégia para a redução de custos nas dietas de organismos aquáticos é a utilização de ingredientes não convencionais, como exemplo, as proteínas de origem vegetal. Essas fontes de proteína são bastante viáveis devido sua ampla disponibilidade e por possuírem baixo valor comercial (SHARAWY *et al.*, 2016). Segundo Dossou *et al.* (2018) a utilização de ração representa entre 30 e 70% do custo total da produção de camarões. Desse modo, o uso de fontes alternativas de proteína poderia reduzir esses custos.

Os resíduos vegetais da agroindústria ainda são pouco utilizados na aquicultura principalmente nos cultivos tradicionais e se restringem muitas vezes a somente um tipo de fertilizante popularizado entre os produtores. Desse modo, o objetivo dessa pesquisa é avaliar

a utilização de resíduos da agroindústria como fonte de carbono para a fertilização da água e como alimento para o camarão *Litopenaeus vannamei*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fertilização na aquicultura

A fertilização em viveiros de aquicultura se caracteriza pela adição de nutrientes inorgânicos e/ou orgânicos com a finalidade de promover o crescimento do fito e do zooplâncton (BRITO *et al.*, 2009), desenvolver uma biota microbiana aeróbia e heterotrófica (EMERECIANO *et al.*, 2007) e regular os níveis de compostos nitrogenados no ambiente de cultivo através da relação Carbono e Nitrogênio (C:N) (AVNIMELECH, 1999).

A fertilização orgânica de origem vegetal (farelos de alfafa, de trigo, algodão, arroz, soja, etc.), disponibiliza nutrientes que são incorporados pela comunidade fitoplanctônica via assimilação de dióxido de carbono gerado (CAMPOS, 2005) e zooplanctônica, proporcionando o desenvolvimento de uma cadeia alimentar (WASIELESKY *et al.*, 2006; BRITO, 2009). Os fertilizantes orgânicos também podem servir como fonte direta de alimento para os organismos cultivados (SERRA *et al.*, 2015).

O alimento natural, em sistemas de cultivos semi-intensivos, auxilia na melhoria do desempenho zootécnico dos organismos cultivados (NUNES *et al.*, 1997). Neste contexto, estimular o desenvolvimento da comunidade planctônica no ambiente de cultivo é tão importante quanto o uso de uma ração nutricionalmente completa e balanceada (NUNES, 2001).

Existe uma tendência mundial de intensificação dos cultivos promovidos por um maior adensamento dos animais e menor troca de água do sistema (HASLUN *et al.*, 2012; WASIELESKY *et al.*, 2013). Em cultivos superintensivos com elevada densidade de estocagem e mínima renovação de água, a manutenção da qualidade do meio de cultivo pode ser alcançada pela presença de uma biota bacteriana heterotrófica, a qual é estimulada via controle da relação C:N da água do viveiro (FRÓES *et al.*, 2012).

Informações sobre as melhores relações entre carbono e nitrogênio para a criação de organismos aquáticos são de fundamental importância para o entendimento da dinâmica limnológica do meio de cultivo e o desenvolvimento de protocolos eficazes de fertilização (SILVA *et al.*, 2017). A alta relação C:N ajudará a converter os resíduos orgânicos

nitrogenados em biomassa de proteína bacteriana (SCHNEIDER *et al.*, 2005). Para melhorar a produção dos bioflocos e a retenção de uma biomassa microbiana heterotrófica, Avnimelech (1999) sugeriu a relação C:N ideal de 15:1, sendo confirmada por estudos de Burford *et al.* (2003), Schneider *et al.* (2005) e Wasielesky *et al.* (2006). Essa relação depende do nível de proteína da ração, pois rações comerciais contêm níveis de proteína bruta superiores a 30% diminuindo a relação C:N para menor que 11:1. Desse modo, a fertilização orgânica é necessária para manter a relação C:N a um nível ideal.

A utilização dos fertilizantes orgânicos de origem vegetal pode ser feita com o uso desses na ração ou com a diluição diretamente na água de cultivo, podendo o fertilizante receber um tratamento prévio de fermentação para melhorar a solubilidade e a disponibilidade de nutrientes no meio (AVNIMELECH, 1999; DAUDA *et al.*, 2017).

A adição de fertilizantes em viveiros de cultivo é uma prática comum na aquicultura. Diferentes protocolos de fertilização existem para suprir a demanda de carbono orgânico no sistema, contudo, doses adequadas dos fertilizantes e as respostas obtidas desse método são específicas para cada tipo de cultivo, e podem variar até mesmo em diferentes viveiros em uma mesma propriedade (BOYD, 1990).

Subprodutos da agroindústria utilizados como fertilizantes

Diferente do que acontecia no passado, quando resíduos eram descartados ou dispostos em aterros sanitários, atualmente existe um incentivo ao aproveitamento de subprodutos e a bioconversão de resíduos (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROM, 2003). A alta disponibilidade e o baixo custo de aquisição dos resíduos de processos agrícolas elevam o potencial de utilização dessas fontes de carbono para o uso em cultivos (DE SCHRYVER *et al.*, 2008). Os resíduos da agricultura depois de gerados necessitam de destino adequado, pois acarretam potenciais problemas ambientais, representam perda de matéria-prima e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para o seu correto descarte (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007).

Dentre os subprodutos vegetais, os oriundos da indústria de alimentos se destacam por apresentar um elevado valor de reutilização (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007). Se for empregada uma tecnologia adequada, este tipo de material pode ser convertido em matéria-prima para processos secundários (LAUFENBERG *et al.*, 2003).

O uso de resíduos de processos industriais e agrícolas como fontes alternativas de carbono para o cultivo de organismos aquáticos foi avaliado por Fugimura *et al.* (2015). Os autores compararam o uso de um subproduto gerado pela indústria cervejeira, o melaço da cana-de-açúcar e a farinha de trigo para o cultivo de camarão (*Litopenaeus schmitti*). Os autores observaram um melhor desempenho zootécnico dos animais cultivados com fertilizante a base de resíduos de cervejaria, demonstrando a superioridade dos resíduos para a geração de bioflocos. O resultado positivo desse estudo foi atribuído à concentração de carbono, pois os resíduos de cervejaria possuem uma porcentagem de 45,78% de carbono comparado a apenas 31,6% do melaço e 39,59% da farinha de trigo (FUGIMURA *et al.*, 2015).

Farelo de arroz

O farelo de arroz é um resíduo que contém em média 40% a 60% de carboidratos (DAUDA *et al.*, 2017; ROMANO *et al.*, 2018). O arroz, após o descascamento, é lixado por brunidores, máquinas compostas por pedras abrasivas que retiram o farelo de arroz e separam o arroz branco. Amplamente produzido o arroz é um dos grãos tradicionalmente consumidos no Brasil e estima-se que a cada 1 kg de arroz beneficiado 8% desse total é farelo de arroz (CONAB, 2018).

Esse resíduo foi testado como fertilizante para o cultivo de *Litopenaeus vannamei* (VILANI *et al.*, 2016), *Penaeus monodon* (KUMAR *et al.*, 2017) e para cultivo de peixe da espécie *Clarias gariepinus* (DAUDA *et al.*, 2017; ROMANO *et al.*, 2018). Romano *et al.* (2018) reportaram a baixa solubilidade em água do farelo de arroz (12%) sendo necessário o processo de fermentação com *Bacillus spp.* para o aumento da solubilidade para 21%.

Os estudos realizados com o uso de farelo de arroz como fertilizante reportaram a estabilidade nos parâmetros de qualidade da água e elevadas porcentagens de sobrevivência e ganho de peso dos animais, demonstrando que o farelo de arroz pode ser usado como fonte de carbono em sistemas heterotróficos, reduzindo a taxa de conversão alimentar (LANI *et al.*, 2016; KUMAR *et al.*, 2017; DAUDA *et al.*, 2017; ROMANO *et al.*, 2018).

Farelo de soja

O farelo de soja é a fonte de proteína vegetal mais importante utilizada na aquicultura (FAO, 2007), sendo o principal produto do processamento da soja, utilizado como fonte de proteína não convencional de baixo custo na substituição da farinha de peixe na aquicultura

(BAUER *et al.*, 2012). No entanto, fatores antinutricionais, baixa palatabilidade e deficiências de ácidos graxos essenciais e alguns aminoácidos como a lisina e a metionina, podem limitar sua utilização (GATLIN *et al.*, 2007). O farelo de soja, devido à baixa solubilidade e elevada quantidade de fatores antinutricionais, é fermentado para ser utilizado como fertilizante (CHAKRAVARTY; KUMAR; PRAKASH, 2018).

Xu *et al.* (2012) utilizaram em seu estudo com bioflocos o farelo de soja como fonte de carbono, revelando a melhoria da digestão e retenção de proteínas no camarão que se alimentavam dos flocos, além de estimular a atividade proteolítica dos animais.

Melaço de cana-de-açúcar

O melaço de cana-de-açúcar é um dos fertilizantes mais usados como fonte de carbono orgânico para ajustar a relação C:N da água de cultivo (SILVA *et al.*, 2009). Este subproduto é obtido do refinamento do açúcar da categoria C durante a centrifugação dos cristais de açúcar. O rendimento de melaço por tonelada de cana está na faixa de 4 a 4,5% (SURNAR *et al.*, 2019). O melaço possui teor médio de carbono orgânico variando de 45 a 50% (NAJAFPOUR; SHAN, 2003) podendo ser encontrado como pó ou líquido. Além de possuir menor custo, do que a glicose, glicerol, açúcar refinado, por exemplo, o melaço contém minerais e vitaminas que podem potencializar o crescimento das bactérias heterotróficas no meio aquático (DE SCHYVER *et al.*, 2008).

Farelo de trigo

O farelo de trigo é um subproduto do trigo, obtido após a moagem do grão para a produção da farinha, apresentando elevado teor de potássio e fósforo, nutrientes importantes para a fertilização (NICODEMOS, 1999). Estudos utilizam o farelo de trigo como fonte de carbono para a fertilização do meio obtendo resultados de redução da concentração de amônia e controle de sólidos em sistemas com reduzida troca de água (EMERENCIANO *et al.*, 2012; EMERENCIANO *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2016). Os fertilizantes também contribuem para a eficiência da desova em reprodutores de camarões da espécie *Farfantepenaeus duorarum*. O sistema de cultivo fertilizado com farelo de trigo e melaço possibilitou uma maior produção de ovos e também tiveram maior atividade de desova em um período mais curto do que as fêmeas criadas no sistema convencional de águas claras (EMERENCIANO *et al.*, 2013).

O teste da fonte de carbono em trabalhos científicos influencia a seleção dos subprodutos da agroindústria, pois os fertilizantes mais testados com bons resultados de

desempenho zootécnico são os que têm mais chances de serem utilizados nas fazendas de cultivo. Em uma visão geral, os estudos com o objetivo de analisar a utilização de uma nova fonte de carbono para os cultivos, realizam inicialmente uma análise da composição bromatológica dos fertilizantes, com a finalidade de descrever os efeitos desses compostos na água. Outras análises realizadas por esses estudos são as físicas e químicas de qualidade da água de cultivo, tais como a concentração de amônia, nitrito e nitrato, a geração de alimento natural nos viveiros e a avaliação de dados relacionados ao desempenho zootécnico da espécie cultivada.

Os custos para a utilização de determinada fonte de carbono orgânico também são avaliados. Por exemplo, a farinha de mandioca possui custo mais elevado, em média R\$8,00/Kg, comparada a outras fontes de carbono como o farelo de arroz que custa R\$4,00/Kg (RAJKUMAR *et al.*, 2016). A biodisponibilidade do fertilizante influencia no seu potencial de ação, pois enquanto a farinha de trigo é facilmente digerível e disponível para o crescimento dos microrganismos heterotróficos (RAJKUMAR *et al.*, 2016), outros subprodutos de origem vegetal como o farelo de arroz, necessitam de manejos fermentativos para aumentar sua disponibilidade (DAUDA *et al.*, 2017).

Fertilização para a produção de bioflocos

A tecnologia de biofoco (TBF) foi criada e desenvolvida com o objetivo de gerar benefícios econômicos e ambientais na aquicultura (EMERENCIANO *et al.*, 2012). Com a utilização da TBF é possível produzir mais na aquicultura sem aumentar significativamente o uso dos recursos naturais básicos (AVNIMELECH, 2009), desenvolver sistemas aquícolas sustentáveis que minimizem os danos ao meio ambiente (NAYLOR *et al.*, 2000) e construir sistemas que forneçam uma relação custo benefício equitativa para apoiar a sustentabilidade econômica e social (AVNIMELECH, 2009).

Esse tipo de sistema de cultivo pode ser classificado como um sistema fechado, com a realização de pouca ou nenhuma renovação de água, e com isso garantir uma maior biossegurança e redução no descarte de efluentes (AVNIMELECH, 2012; HARGREAVES, 2013). Os agregados microbianos chamados de bioflocos são compostos por bactérias, algas filamentosas, material em decomposição, protozoários, entre outros (DE SCHRYVER *et al.*, 2008).

A adição de carbono a água de cultivo estimula o crescimento bacteriano heterotrófico, nitrificante e fitoplanctônico que promovem a absorção de nitrogênio diminuindo a

concentração de amônia (HARGREAVES, 2006). As bactérias heterotróficas em sistemas de biofoco podem agir sobre a matéria orgânica rapidamente impedindo a sua acumulação no sistema (HARGREAVES, 2013).

As fontes de carbono são primordiais para o funcionamento desse tipo de sistema, pois servem como substratos na produção de células microbianas que funcionam como fontes de proteína para os animais (AVNIMELECH, 1999). Essas fontes são frequentemente derivadas da indústria de produção de alimentos para humanos e/ou animais (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013). Fontes baratas de carboidratos como melão e os farelos de plantas (trigo, milho, arroz, mandioca, etc.) são aplicadas antes do povoamento de pós-larvas/alevinos e durante a fase de crescimento, visando manter uma alta relação C:N. Isto objetiva controlar potenciais picos na concentração de compostos nitrogenados (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013).

A escolha da fonte de carbono orgânico a ser utilizada na fertilização do sistema de cultivo é importante, pois influencia a composição nutricional e a estabilidade dos biofocos (OEHMEN *et al.*, 2004). Estudos agrupados no quadro 1 foram realizados com diferentes espécies cultivadas na aquicultura utilizando fontes variadas de carbono de origem vegetal para o desenvolvimento de biofocos.

Quadro 1. Diferentes fontes de carbono de origem vegetal aplicada à tecnologia de biofloco na aquicultura.

Fontes de carbono de origem vegetal	Espécie (s) cultivada (s)	Referências
Amido de milho	Tilápia (<i>O. mossambicus</i>)	Avnimelech, 2007
Amido de milho	Tilápia híbrida	Crab <i>et al.</i> , 2009
Amido de milho	Peixe Scat manchado (<i>S. argus</i>); Camarão (<i>L. vannamei</i>); Ipomoea aquática (<i>Ipomoea aquatic</i>).	Liu <i>et al.</i> , 2014
Amido de milho	Carpa (<i>C. carpio</i> ; <i>H. molitrix</i> ; <i>A. nobilis</i>)	Zhao <i>et al.</i> , 2014
Cana-de-açúcar	Tilápia (<i>O. niloticus</i>)	Long <i>et al.</i> , 2015
Cana-de-açúcar	Camarão e Peixe (<i>L. vanammei</i> e <i>O. niloticus</i>)	Poli <i>et al.</i> , 2019; Martins <i>et al.</i> , 2020
Farelo de arroz	Bagre africano (<i>C. gariepinus</i>)	Romano <i>et al.</i> , 2018
Farinha de mandioca	Camarão (<i>P. monodon</i>)	Hari <i>et al.</i> , 2004
Farinha de milho	Tilapia (<i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>); Robalo (<i>M. saxatilis</i> x <i>M. chrysops</i>)	Milstein <i>et al.</i> , 2001
Farinha de trigo	Tilápia (<i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>)	Avnimelech <i>et al.</i> , 1992
Farinha de trigo	Tilápia (<i>O. niloticus</i>)	Azim; Little, 2008

Goma de mandioca	Tilápia (<i>O. niloticus</i>)	Nootong; Pavasant, 2011
Melaço de cana-de-açúcar	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Samocha <i>et al.</i> , 2007; Krummenauer <i>et al.</i> , 2011; Fróes <i>et al.</i> , 2012; Schweitze <i>et al.</i> , 2013; Arantes <i>et al.</i> , 2017; Espírito Santo <i>et al.</i> , 2017; Panigrahi <i>et al.</i> , 2019a; Martinez-Porchas <i>et al.</i> , 2020, Hoang <i>et al.</i> , 2020
Melaço de cana-de-açúcar	Camarão (<i>F. brasiliensis</i>)	Souza <i>et al.</i> , 2014
Melaço de cana-de-açúcar	Tilápia vermelha (<i>Oreochromis</i> sp.)	Widanarni <i>et al.</i> , 2012
Melaço de cana-de-açúcar	Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Souza <i>et al.</i> , 2019
Sacarose	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Ray; Dillon; Lotz, 2011
Sacarose	Camarão (<i>M. japonicus</i>)	Zhao <i>et al.</i> , 2012
Açúcar, Farinha de mandioca	Camarão (<i>P. monodon</i>)	Avnimelech, 1999
Açúcar, Farelo de arroz	Camarão (<i>P. vannamei</i>)	Sajali <i>et al.</i> , 2019
Farinha de trigo, Grão de sorgo	Tilápia (<i>O. aureus</i>)	Avnimelech; Mokadi; Schroeder, 1989
Farinha de trigo, Grão de sorgo	Tilápia (<i>O. niloticus x O. aureus</i>)	Avnimelech; Kochva; Diab, 1994
Farelo de soja, Farinha de trigo	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Xu <i>et al.</i> , 2012
Melaço de cana-de-açúcar, Farelo de trigo	Camarão (<i>F. brasiliensis</i> ; <i>F. duorarum</i>)	Emerenciano <i>et al.</i> , 2012; 2013
Melaço de cana-de-açúcar, Farelo de arroz	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Vilani <i>et al.</i> , 2016
Melaço de cana-de-açúcar, Farelo de arroz	Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020
Melaço de cana de açúcar, Farinha de	Camarão	Lobato <i>et al.</i> , 2019

mandioca	<i>(L. vannamei)</i>	
Melaço de cana-de-açúcar, Farinha de arroz	Camarão (<i>P. monodon</i>)	Kumar <i>et al.</i> , 2017
Melaço de cana-de-açúcar, Farinha de mandioca, Subprodutos da mandioca, Farelo de arroz	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Ekasari <i>et al.</i> , 2014
Melaço de cana-de-açúcar, Farinha de cevada, Farinha de mandioca, Farinha de trigo	Camarão (<i>L. schmitti</i>)	Fugimura <i>et al.</i> , 2015
Melaço de cana-de-açúcar; Dextrose e Farelo de arroz	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Serra <i>et al.</i> , 2015
Melaço de cana-de-açúcar, Farinha de mandioca, Farinha de trigo	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Rajkumar <i>et al.</i> , 2016
Melaço de cana-de-açúcar; Farinha de milho; Farelo de trigo	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Wang <i>et al.</i> , 2016
Melaço de cana-de-açúcar; Amido de milho; Farinha de trigo	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Khanjani <i>et al.</i> , 2017
Melaço de cana-de-açúcar, Glicose, Amido de milho, Farelo de trigo, Celulose	Tilápia (<i>O. niloticos</i>)	El-Husseiny <i>et al.</i> , 2018
Farinha de mandioca; Farinha de trigo; Farinha de milho; Bagaço de cana-de-açúcar	Carpa (<i>L. rohita</i>)	Ahmad <i>et al.</i> , 2016

Farelo de arroz; Sacarose; Glicerol	Bagre africano (<i>C. gariepinus</i>)	Dauda <i>et al.</i> , 2017
Melaço de beterraba; Açúcar; Amido de milho	Carpa comum (<i>C. carpio L.</i>)	Bakhshi <i>et al.</i> , 2018
Farinha de milho; Farinha de trigo; Açúcar refinado	Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Ríos <i>et al.</i> , 2019
Melaço de cana-de- açúcar Farinha de grão de bico; Farinha de trigo; Farinha Maida; Farinha de painço; Farelo de arroz; Farinha de milho; Farinha multigrãos	Camarão (<i>L. vannamei</i>)	Panigrahi <i>et al.</i> , 2019b

De acordo com a análise do quadro 1, é possível afirmar que a fonte de carbono de origem vegetal mais utilizada nos estudos foi o melaço de cana-de-açúcar e as espécies mais estudadas foram a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

O melaço foi eficaz na imobilização de compostos nitrogenados reduzindo o nitrogênio amoniacal total de 14 para 1,2 mg/L e contribuiu para o aumento de agregados microbianos (SAMOCHA *et al.*, 2007). Em relação ao desempenho zootécnico dos animais cultivados no estudo de Souza *et al.* (2014) a taxa de sobrevivência ($88,87 \% \pm 6,36$), o peso corporal final ($1,22 \text{ g} \pm 0,38$) e a taxa de crescimento específico ($0,0309 \pm 1,06$) de camarões cultivados em sistema fertilizado com melaço foi significativamente maior do que o grupo controle não fertilizado ($80,5 \% \pm 2,42$; $1,03 \text{ g} \pm 0,13$; $0,0256 \pm 0,97$, respectivamente). O tratamento controle negativo, desse estudo, apresentou uma variação instável de *Vibrio* spp., atingindo concentrações de 80×10^2 UFC/mL, enquanto o maior resultado de melaço foi 20×10^2 UFC/mL (SOUZA *et al.*, 2014).

Estudos com biofilme em sistemas de cultivo demonstram que os animais cultivados podem consumir os microrganismos gerados no meio de cultivo (WASIELESKY *et al.*, 2006; PANIGRAHI *et al.*, 2014), além da possibilidade de substituir parcialmente fontes de proteína caras por fontes baratas de carbono e nitrogênio (AVNIMELECH; MOKADI; SCHROEDER, 1989). Um dos estudos mais importantes para a utilização de fontes de carbono de baixo custo de modo controlado em sistemas aquícolas foi o de Avnimelech (1999). Nesse estudo foi identificado a importância do ajuste da relação C:N, pois influencia no crescimento microbiano, sendo uma estratégia prática e barata de controlar a qualidade da água e reduzir o acúmulo de nitrogênio inorgânico.

Resultados de desempenho zootécnico para o crescimento de *L. vannamei* e *Penaeus monodon* comprovaram a eficiência da utilização de carboidratos complexos em comparação a carboidratos simples para o crescimento do animal (KUMAR *et al.*, 2017; SERRA *et al.*, 2015). Por outro lado, os carboidratos simples, são mais eficientes na remoção da amônia quando comparados a carboidratos mais complexos (DAUDA *et al.*, 2017; KHANJANI *et al.*, 2017; SERRA *et al.*, 2015). Em um cultivo com o bagre *Clarias gariepinus*, a utilização de uma fonte de carbono complexa como o farelo de arroz, resultou em um acúmulo de amônia no meio, pois necessitou de um tempo maior para as bactérias metabolizarem a fonte de carbono que foi consumida lentamente (DAUDA *et al.*, 2017).

Fermentação de fertilizantes de origem vegetal

A fermentação consiste no uso de microrganismos que podem exibir seu papel benéfico se mantidos em condições específicas (SUGIHARTO; RANJITKAR, 2019). Existem dois métodos fermentativos mais utilizados, um classificado como fermentação em estado sólido, que consiste na mistura das fontes de carbono sem elevado fluxo de líquido para produzir ingredientes secos fermentados, que pode ser realizada como o grão inteiro ou em pó (SUBRAMANIYAM; VIMALA, 2012). O outro tipo de método fermentativo é a fermentação submersa que consiste no crescimento dos microrganismos em meio totalmente aquoso (DAWOOD; KOSHIO, 2019; SHIM *et al.*, 2010).

O processo fermentativo auxilia na melhoria da solubilidade de proteínas e padrões de aminoácidos, aumenta a palatabilidade dos alimentos, a digestibilidade da matéria orgânica, nitrogênio, aminoácidos, fibras e cálcio e pode ser utilizada na eliminação ou redução de fatores antinutricionais (SUN *et al.*, 2015; DAWOOD; KOSHIO, 2018; HASSAAN *et al.*, 2018).

A limitação do uso de ingredientes alimentares não convencionais, como os subprodutos da agroindústria como fontes de carbono na água ou na dieta dos organismos aquáticos, são o alto teor de fibras e o baixo teor de proteínas, além da presença de fatores antinutricionais que podem gerar consequências negativas como mortalidade e redução de crescimento dos animais cultivados (JANNATHULLA *et al.*, 2017). Com isso, surge a necessidade da realização dos processos fermentativos para melhorar os efeitos do uso de subprodutos de origem vegetal.

Para que a atividade fermentativa ocorra de modo eficiente é necessário conhecer as condições metabólicas ideais dos microrganismos que serão utilizados. Isto porque para a realização do processo fermentativo os microrganismos liberam enzimas, que atuam em temperatura ideal e modificam o substrato e o pH do meio (SUGIHARTO; RANJITKAR, 2019).

Diferentes tipos de microrganismos já foram utilizados em estudos para a fermentação entre eles bactérias de diferentes gêneros (*Bacillus* sp.; *Enterococcus* sp. e *Lactobacillus* sp.) e fungos (*Aspergillus* sp. e *Saccharomyces* sp.) (SUN *et al.*, 2016; DING *et al.*, 2015; LIN; MUI, 2017, JANNATHULLA *et al.*, 2019; HASSAAN *et al.*, 2015).

Subprodutos da agroindústria como complemento alimentar

A tendência do aumento da densidade de estocagem nos viveiros de cultivo e a necessidade de melhores resultados de desempenho zootécnico impulsionam a busca por fontes de alimentação alternativas que tenham a função de complementar à boa nutrição e o bem-estar animal.

Os fertilizantes de origem vegetal funcionam como complementos nutricionais para o cultivo de organismos aquáticos. Serra *et al.* (2015), utilizando farelo de arroz e melaço de cana-de-açúcar como fertilizantes orgânicos, apresentaram um peso final de 1,23 g e uma sobrevivência média de 98,5%, na fase de berçário, de camarões da espécie *L. vannamei*. Neste estudo, os autores observaram os camarões comendo farelo de arroz em bandejas, relacionando a função do farelo como suplemento alimentar e refletindo no melhor desempenho.

Ekasari *et al.* (2014) utilizaram quatro fontes de carbono (melaço de cana-de-açúcar, farinha de mandioca, subprodutos da mandioca e farelo de arroz) como fertilizantes para o cultivo de *L. vannamei*. Eles demonstraram que a assimilação de proteína foi significativamente maior nos tratamentos com farinha de mandioca e farelo de arroz em relação ao melaço, enquanto a assimilação lipídica foi significativamente maior para os tratamentos fertilizados com melaço e farinha de mandioca. A adição de fonte de carbono orgânico resultou em camarões significativamente maiores ($7,75 \pm 0,54$ g) e com uma taxa de conversão alimentar menor ($1,41 \pm 0,13$) para os tratamentos com farinha de mandioca e subprodutos da mandioca, em comparação ao tratamento não fertilizado ($7,14 \pm 0,53$ g, $1,67 \pm 0,10$, respectivamente). Além disso, o ganho em biomassa indicou a eficácia da fonte de carbono orgânico como complemento nutricional.

Os fertilizantes fermentados também são excelentes fontes de nutrição para os organismos cultivados. Romano *et al.* (2018) afirmaram que o uso de farelo de arroz fermentado como fertilizante melhorou significativamente a eficiência de crescimento e a eficiência alimentar de juvenis de peixes da espécie *Clarias gariepinus*. Além disso, os animais cultivados com farelo de arroz fermentado também tiveram um maior armazenamento de proteína bruta e glicogênio hepático comparado aos demais tratamentos.

Fertilizantes na produção de alimento natural

O uso de ração na criação de peixes e camarões não é apenas o principal custo operacional da atividade, mas também a principal causa de alterações ambientais (PIEDRAHITA, 2003). Estima-se que para cada tonelada de camarão produzido no sistema semi-intensivo, um total de 56 a 117 kg de nitrogênio são lançados nos efluentes (MARTÍNEZ-PORCHAS; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, 2012). A principal fonte de nitrogênio nos viveiros de cultivo de organismos aquáticos é a amônia excretada pelos organismos cultivados e lixiviada de rações e fezes (BURFORD; WILLIAMS, 2001).

Para o desenvolvimento de uma aquicultura mais sustentável, é necessário otimizar a utilização das rações e também melhorar a produtividade natural, incluindo os microrganismos gerados no sistema (PORCHAS-CORNEJO *et al.*, 2011).

Os regimes de fertilização e a influência sobre a disponibilidade de alimento natural vêm sendo amplamente estudados em cultivos de camarões e peixes (HANSEN *et al.* 2003, MISCHKE; ZIMBA, 2004). O incremento de alimento natural pode ser estimulado através do uso de fertilizantes inorgânicos e/ou orgânicos.

Os fertilizantes orgânicos de origem vegetal suplementam as fontes de carbono, beneficiando o crescimento de microrganismos, de organismos bentônicos e do fitoplâncton (WASIELESKY *et al.*, 2006). Junto com o nitrogênio e o fósforo, o carbono orgânico e a sílica aportada pelos subprodutos de origem vegetal são requeridos pelas bactérias e algas na constituição de membranas, organelas, parede celular e como fonte de energia, principalmente no processo de fotossíntese (TALAVERA; SÁNCHEZ; VARGAS, 1998).

As tentativas de avançar e melhorar ainda mais a produtividade natural dos viveiros foram realizadas principalmente em escala experimental com fertilizantes de origem vegetal. A utilização de melão e o farelo de trigo foi realizada para verificar a abundância dos principais componentes do macro e meio bentos no cultivo do camarão *L. vannamei* (SILVA; CAMPOS; CORREIA, 2008). O uso do melão de cana-de-açúcar, farinha de mandioca e farinha de trigo foram testadas no desenvolvimento de alimento natural para o cultivo de *L. vannamei*. Foi observado que o zooplâncton foi abundante durante todo o estudo em todos os tipos de fertilizantes e que nemátodos, ciliados e copépodos tornaram-se menos abundante no cultivo devido ao consumo pelos camarões (RAJKUMAR *et al.*, 2016). Portanto, a fertilização para a geração de alimento natural tem o potencial de otimizar a nutrição e a alimentação de camarões marinhos e de peixes (SILVA; CAMPOS; CORREIA, 2008).

Fertilizantes de origem vegetal foram fermentados para a promoção do zooplâncton. A fermentação é utilizada com o objetivo de disponibilizar carboidratos complexos, tornando-os mais acessíveis para a metabolização, reduzindo a fibra bruta e aumentando a concentração de proteína (SUPRIYATI, *et al.*, 2015). O uso de substratos orgânicos fermentados, como a alfafa e o melaço para a geração de alimento natural no cultivo de camarão foram estudados por Martinez-Cordova *et al.* (2002) e Porchas-Cornejo *et al.* (2013). No estudo de Martinez-Cordova *et al.* (2002) o alimento natural melhorou significativamente o peso final de 13,89g no tratamento sem fertilizar e 15,16 g no tratamento fertilizado com geração de alimento natural e FCA de 2,02 sem alimento natural e 1,79 com a geração de alimento natural, contribuindo para a viabilidade econômica dos cultivos. Além disso, no estudo de Porchas-Cornejo *et al.* (2013), a análise do conteúdo estomacal revelou que o consumo de alimentos naturais foi maior nos cultivos com fertilizantes orgânicos.

Outra fonte de alimento natural para os organismos cultivados são os bioflocos e o perifíton desenvolvidos nos cultivos. Dependendo da fonte de carbono utilizada para a fertilização dos viveiros, os flocos terão uma composição nutricional diferente, sendo a escolha da fonte de carbono a ser utilizada de primordial importância (WEI; LIAO; WANG, 2016).

O perifíton, caracteriza-se como uma comunidade complexa de organismos aquáticos aderidos a substratos submersos (AZIM *et al.*, 2002). O sistema de cultivo de bioflocos, combinado com a utilização de substratos submersos para desenvolvimento de perifíton, fertilizado com amido de mandioca, beneficiou o crescimento de camarões (*Macrobrachium rosenbergii*), aumentando o número de bactérias heterotróficas totais, com maior quantidade de proteína disponível aos camarões, além da melhoria na produtividade do cultivo (ASADUZZAMAN *et al.*, 2008).

A avaliação de fontes de carbono de origem vegetal como glicose, amido e glicerol demonstraram que a utilização da glicose como fonte de carbono gerou bioflocos com maior teor de proteína, quando comparado com as duas outras fontes testadas. O maior teor de lipídeos foi observado quando se utilizou o amido como fonte de carbono (WEI; LIAO; WANG, 2016). O uso de diferentes fontes de carbono para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de bioflocos gerou flocos com elevadas concentrações de proteína, utilizando amido de milho como fertilizante, e elevado teor de gordura no tratamento fertilizado com farelo de trigo (EL-HUSSEINY *et al.*, 2018).

Os flocos bacterianos estão presentes no sistema como fonte alimentar 24 horas por dia (AVNIMELECH, 2007). Em sistemas de bioflocos com baixa densidade é possível uma redução de 30% no fornecimento de ração, sendo comprovado que não acarreta prejuízo ao crescimento dos organismos cultivados (AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE; BRON, 2008).

Xu *et al.* (2012) usando farinha de soja e farinha de trigo como fertilizantes para o cultivo de camarões (*L. vannamei*) verificaram que os bioflocos contribuem para um maior crescimento dos organismos. Além do aumento da proteína disponível para os animais cultivados, que garante boas taxas de crescimento, os bioflocos têm uma alta taxa de digestibilidade (LIU *et al.*, 2016). A digestibilidade dos flocos por tilápias (*O. niloticus*) foi maior que 60% (coeficiente de digestibilidade), demonstrando que a biomassa dos flocos é um alimento com alta capacidade de aproveitamento pelos animais (LIU *et al.*, 2016).

HIPÓTESE CIENTÍFICA

Os subprodutos da agroindústria utilizados como fonte de carbono e alimento melhoram o desempenho zootécnico e mantém a qualidade da água dos sistemas de cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* com elevadas densidades de estocagem e mínima troca de água.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar a utilização de subprodutos de origem vegetal como fonte de carbono e alimento para o cultivo de juvenis do camarão *L. vannamei*.

Específicos

Avaliar o efeito do uso de todos os subprodutos do beneficiamento de arroz como fonte de carbono sobre a qualidade da água e desempenho zootécnico do camarão branco, *L. vannamei*, com mínima troca de água.

Avaliar e comparar os efeitos dos resíduos do beneficiamento de arroz não fermentados e fermentados com levedura *S. cerevisiae* sobre o cultivo em alta densidade de estocagem de juvenis do camarão branco com mínima troca de água.

Verificar o efeito de diferentes porcentagens de substituição da ração convencional por *pellets* de grãos fermentados no cultivo em alta densidade de estocagem e sem troca de água de juvenis de *L. vannamei*.

REFERÊNCIAS

AHMAD, H. I.; VERMA, A. K.; RANI, A. M.B.; RATHORE, G.; SAHARAN, N.; GORA, A. H. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. **Aquaculture**, v. 457, p. 61–67, 2016.

ARANTES, R.; SCHVEITZER, R.; SEIFFERT, W. Q.; LAPA, K. R.; VINATEA, L. Nutrient discharge, sludge quantity and characteristics in biofloc shrimp culture using two methods of carbohydrate fertilization. **Aquacultural engineering**, v. 76, p. 1-8, 2017.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; HU QUE, S.; SALAM, M. A.; AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, p. 117-123, 2008.

AVNIMELECH, Y.; MOKADY, S.; SCHROEDER, G. L. Circulated ponds as efficient bioreactors for single-cell protein production. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v. 41, n. 2, p.58–66, 1989.

AVNIMELECH, Y.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. **Israeli Journal of Aquaculture**, v. 46, n. 3, p. 119–131, 1994.

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

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. **Aquacultural engineering**, v. 34, n. 3, p.172–178, 2006.

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

AVNIMELECH, Y. *Biofloc Technology: a practical guide book*. 2. ed. Baton Rouge, US: **The World Aquaculture Society**, 2009. 182 p.

AVNIMELECH Y. *Biofloc technology a practical guide book*. 2. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA, p.48, 189, 2012.

AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J.; KHATOON, H.; WAHAB, M.A.; AVAN DAM, A.; BEVERIDGE, M.C. A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. **Aquaculture**, v.212, p.227-243, 2002.

AZIM, M. 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.

BAUER, W.; PRENTICE-HERNANDEZ, C.; TESSER, M. B.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L. H. S. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 342, p.112–116, 2012.

BAKHSIA, F.; NAJDEGERAMIB, E. H.; MANAFFARC, R.; TUKMECHID, A.; FARAHE, K. R. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fingerlings. **Aquaculture**, v. 484, p. 259–267, 2018.

BOYD, C.E. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. 2nd Edn., Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, AL., USA., Pages: 482, 1990.

BRITO, L. O.; PIMENTEL, L. F.; MARCELINO, S. C.; MELO, V. F.; COSTA, W. M.; GÁLVEZ, A. O. Efeito de duas estratégias de fertilização na composição do zooplâncton no cultivo de *Litopenaeus vannamei*. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 57-66, 2009.

BURFORD, M.A.; WILLIAMS, K.C. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. *Aquaculture*, v.198, p. 79-93, 2001.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; McINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, v. 219, n. 1-4, p. 393-411, 2003.

CAMPOS, S. S. Influência do farelo de trigo na disponibilidade do alimento natural e no crescimento do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). 2005. Recife. 101p. (Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Departamento de Pesca - UFRPE).

CHAKRAVARTY, S.; KUMAR, S.; PRAKASH, S. Biomimicry in Shrimp Farming. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 7, n. 5, p. 2172-2184, 2018.

CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bioflocs technology application in over-wintering of tilápia. *Aquacultural Engineering*, v. 40, p. 105–112, 2009.

CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, v. 41, p.559-567, 2010.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária.** v. 6. 2018-2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 02 set. 2019.

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; KARIM, M.; NATRAH, I.; KAMARUDIN, M. S.; EKASARI, J. Different carbon sources affected biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African Catfish *Clarias gariepinus* fingerlings reared in intensive biofloc technology system. *Fisheries Science*, v. 83, p.1037–1048, 2017.

DE SCHRYVER, P. D.; CARB, R.; DEIFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The

basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, p.125-137, 2008.

DOSSOU S.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; YOKOYAMA, S.; DAWOOD, M. A. O.; EL BASUINI, M. F.; EL HAIS, A.M.; OLIVIER, A. Effect of partial replacement of fish meal by fermented rapeseed meal on growth, immune response and oxidative condition of red sea bream juvenile, *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 490, p. 228–235, 2018.

DAWOOD, M. A. O.; KOSHIO S. Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v.1, n.16, p. 1-16, 2019.

DAWOOD, M.A.O.; KOSHIO, S. Vitamin C supplementation to optimize growth, health and stress resistance in aquatic animals. **Reviews in Aquaculture**, v.10, n. 2, p. 334–350, 2018.

DING, Z.; ZHANG, Y.; YE, J.; DU, Z.; KONG, Y. An evaluation of replacing fish meal with fermented soybean meal in the diet of *Macrobrachium nipponense*: growth, nonspecific immunity, and resistance to *Aeromonas hydrophila*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 44, n. 1, p. 295–301, 2015.

EBRAHIMI, A.; AKRAMI, R.; NAJDEGERAMI, E. H.; GHIASVAND, Z.; KOOHSARI, H. Effects of different protein levels and carbon sources on water quality, antioxidant status and performance of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles raised in biofloc based system. **Aquaculture**, v. 516, n. 1, 2020.

EKASARI, J.; AZHAR, M. H.; SURAWIDJAJA, E. H.; NURYATI, S.; DE SCHRYVER, P.; BOSSIER, P. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 41, p. 332-339, 2014.

EL-HUSSEINY, O. M.; GODA, A. M. A. S.; MABROKE, R. S., SOAUDY, M. Complexity of carbon sources and the impact on biofloc integrity and quality in tilapia (*Oreochromis niloticus*) tanks. **AAFL Bioflux**, v. 11, n. 3, 2018.

EMERENCIANO, M. G. C.; WASIELESKY, W.; SOARES, R. B.; BALLESTER, E. C.;

IZEPPI, E. M.; CAVALLI, R. O. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, v. 43, p. 447–457, 2011.

EMERENCIANO, M. G. C; GAXIOLA, G.; CUZON, G. **Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry**. In M. D. Matovic (Ed.), *Biomass now – cultivation and utilization*. p. 301-328, 2013.

EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; AREVALO, M.; GAXIOLA, G. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. **Aquaculture Research**, v. 45, p. 1713–1726, 2013.

ESPÍRITO SANTO, C. M.; PINHEIRO, I. C.; JESUS, G. F. A.; MOURIÑO, J. L. P.; VIEIRA, F. N. AND SEIFFERT, W. Q. Soybean molasses as an organic carbon source in the farming of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 1827–1835, 2017.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. **Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development**. Roma, 2007. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso: 24 jan. 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of world fisheries and aquaculture*. 2018. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso: 24 jan. 2018.

FRÓES, C. N.; FRÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; BALLESTER, E.; POERSH, L. H.; JUNIOR, W. W. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Atlântica**, v. 34, n. 1, p. 31-

39, 2012.

FUGIMURA, M. M. S.; FLOR, H. R.; DE MELO, E. P.; COSTA, T. V.; WASIELESKY JR, W.; OSHIRO, L. M. Y. Brewery residues as a source of organic carbon in *Litopenaeus schmitti* white shrimp farms with BFT systems. **Aquaculture International**, v. 23, n. 2, p. 509-522, 2015.

GATLIN, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P. K.; DABROWSKI, G.; GAYLORD, T. G.; HARDY, R. W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, Å.; NELSON, R.; OVERTURE, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBER, D. G.; SOUZA, E. J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.

HASSAAN, M.S.; SOLTAN, M.A.; MOHAMMADY, E.Y.; ELASHRY, M.A.; EL-HAROON, E. R.; DAVIES, S. J. Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. **Aquaculture**, v. 495, p. 592–601, 2018.

HASSAAN, M.S.; SOLTAN, M.A.; ABDEL-MOEZ, A.M. Nutritive value of soybean meal after solid state fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Animal Feed Science and Technology**, v.20, p. 89–98, 2015.

HANSEN, C. F. K., K. D. HOPKINS & H. GUTTMAN. A comparative analysis of the fixed-input, computer modeling and algal bioassay approaches for identifying pond fertilization requirements for semi-intensive aquaculture. *Aquaculture*, v. 228, p.189-214, 2003.

HARI, B.; KURUP B. M.; VARGHESE J. T.; SCHRAMA J. W.; VERDEGEM M. C. J. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 241, p.179-194, 2004.

HASLUN, J. A.; CORREIA, E.; STRICHAR, K.; MORRIS, T.; SAMOCHA, T. Characterization of bioflocs in a no water exchange super-intensive system for the production of food size pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **International Journal of**

Aquaculture, v. 2, n. 6, p. 29-39, 2012.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 344–363, 2006.

HARGREAVES, J.A. **Biofloc production systems for aquaculture**. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC), Publication N°. 4503.

HOANG, M. N.; NGUYEN, P. N.; BOSSIER, P. Water quality, animal performance, nutrient budgets and microbial community in the biofloc-based polyculture system of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* and gray mullet, *Mugil cephalus*. **Aquaculture**, v. 514, n. 1, 2020.

JANNATHULLA, R.; DAYAL, J.S.; VASANTHAKUMAR, D.; AMBASANKAR, K.; MURALIDHAR, M. Effect of fermentation methods on amino acids, fiber fractions and anti-nutritional factors in different plant protein sources and essential amino acid index for *Penaeus vannamei* Boone, 1931. **Indian Journal of Fisheries**, v. 64, p. 40–47, 2017.

KHANJANI, M. H.; SAJJADI, M. M.; ALIZADEH, M.; SOURINEJAD, I. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. **Aquaculture Research**, v. 48, p.1491–1501, 2017.

KUMAR, S.; ANAND, P. S.S.; DEO, A. D.; GHOSHAL, T. K.; SUNDARAY, J. K.; PONNIAH, A. G.; JITHENDRAN, K. P.; RAJA, R. A.; BISWAS, G.; LALITHA, N. Effects of biofloc under different carbon sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1978). **Aquaculture Research**, v. 48, n. 3, p. 1168-1182, 2017.

KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, 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, n. 5, p. 726-733, 2011.

LAUFENBERG, G., Transformation of vegetable waste into added products. **Bioresource Technology**, v. 87, p.167-198, 2003.

LIMA, J. P. V. **Utilização de melão como fonte de carbono em cultivo do camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone,1931) sem renovação de água e sob diferentes relações carbono/nitrogênio.** 2007. 77 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

JANNATHULLA, R.; DAYAL, J.S.; VASANTHAKUMAR, D.; AMBASANKAR, K.,; PANIGRAHI, A.; MURALIDHAR, M. Apparent digestibility coefficients of fungal fermented plant proteins in two different penaeid shrimp a comparative study. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 5, p.1491–500, 2019.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) The upgrading concept; (B) Practical implementations. **Bioresource Technology**, v.87, n.2, p.167-198, 2003.

LIN, Y.H.; MUI, J.J. Comparison of dietary inclusion of commercial and fermented soybean meal on oxidative status and non-specific immune responses in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 63, p. 208–212, 2017.

LIU, L.; HU, Z.; DAI, X.; AVNIMELECH, Y. Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. **Aquaculture**, v. 418–419, p. 79–86, 2014.

LIU, J.; WANG, F.; LIU, W.; TANG, C.; WU, C.; WU, Y. Nutrient removal by up-scaling a hybrid floating treatment bed (HFTB) using plant and periphyton: From laboratory tank to polluted river. **Bioresource Technology**, v. 207, p. 142-149, 2016.

LOBATO, O. S. C.; RIBEIRO, F. A. S.; MIRANDA-BAEZA, A.; EMERENCIANO, M. G. C. Production performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) fed with different dietary

levels of tilapia processing waste silage reared in biofloc system using two carbon sources. **Aquaculture**, v. 501, n. 25, p. 515-518, 2019.

LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 448, p. 135–141, 2015.

MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; CAMPAÑA-TORRES, A.; PORCHAS-CORNEJO, M.A. Promotion and contribution of biota in low water exchange ponds farming blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). **Aquaculture Research**, v. 33, p. 27-32, 2002.

MARTINEZ-PORCHAS, M. M.; MARTINEZ-CÓRDOVA, L. R. World Aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. **Science World Journal**, 389623, p.1-9, 2012.

MARTINEZ-PORCHAS, M.; EZQUERRA-BRAUER, M.; MENDOZA-CANO, F.; CHAN-HIGUERA, J. E.; VARGAS-ALBORES, F.; MARTINEZ-CORDOVA, L. R. Effect of supplementing heterotrophic and photoautotrophic biofloc, on the production response, physiological condition and post-harvest quality of the whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Reports**, v. 16, p.1-4, 2020.

MARTINS, M. A.; POLI, M. A.; LEGARDA, E. C.; PINHEIRO, I. C.; CARNEIRO, R. F. S.; PEREIRA, S. A.; MARTINS, M. L.; GONÇALVES, P.; SCHLEDER, D. D.; VIEIRA, F. N. Heterotrophic and mature biofloc systems in the integrated culture of Pacific white shrimp and Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 514, n. 1, 2020.

MISCHKE, C. C.; ZIMBA, P. V. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery ponds under various fertilization regimes. **Aquaculture**, v. 233, p. 219-235, 2004.

MILSTEIN, A.; AVNIMELECH, Y.; ZORAN, M.; JOSEPH, D. Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v. 53, n. 3-4, p. 147-157, 2001.

MUZINIC, L.A.; THOMPSON, K.R.; METTS, L.S.; DASGUPTA, S.; WEBSTER, C.D. Use of turkey meal as partial and total replacement of fish meal in practical diets for sunshine bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) grown in tanks. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 71–81, 2006.

NAJAFPOUR, G. D.; SHAN, C. P. Enzymatic hydrolysis of molasses. **Bioresource Technology**, v. 86, n. 1, p. 91-94, 2003.

NICODEMO, M. L. F. **Fósforo suplementar para bovinos de corte**. Embrapa: Comunicado Técnico, n. 57, novembro 1999. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/cot/COT57.htm>>. Acesso em 15 mar. 2019.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M. C.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p.1017–1024, 2000.

NOOTONG, K.; PAVASANT, P. Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. **Journal of the world aquaculture society**, v. 42, n.3, 2011.

NUNES, A. J. P.; GESTEIRA, T. C. V.; GODDARD, S. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. **Aquaculture**, v. 149, n. 1, p. 121-136, 1997.

NUNES, A. J. P. Alimentação para camarões marinhos–Parte II. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 63, p. 13-23, 2001.

OEHMEN, A., YUAN, Z., BLACKALL, L.L., KELLER, J. Short-term effects of carbon source on the competition of polyphosphate accumulating organisms and glycogen accumulating organisms. **Water Science Technology**, v. 50, n. 10, p. 139–144, 2004.

PANIGRAHI, A.; SUNDARAM, M.; RAVICHANDRAN, P.; GOPAL, C. Microbial soup- Eco based approach for shrimp culture and management. CIBA (**Indian Council of**

Agricultural Research) ENVIS Centre Newsletter, v. 12, p. 2, 2014.

PANIGRAHI, A.; SUNDARAM, M.; CHAKRAPANI, S.; RAJASEKAR, S.; DAYAL, J. S.; CHAVALI, G. Effect of carbon and nitrogen ratio (C:N) manipulation on the production performance and immunity of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc based rearing system. **Aquaculture Research**, v.41, p. 50:29, 2019a.

PANIGRAHI, A.; SUNDARAM, M.; SARANYA, C.; SWAIN, S.; DASH, R.R.; DAYAL, J. S. Carbohydrate sources differentially influence growth performances, microbial dynamics and immunomodulation in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under biofloc system. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 86, p. 1207-1216, 2019b.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 1, 2007.

PIEDRAHITA, R. H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**, v. 226, p. 35-44, 2003.

PORCHAS-CORNEJO, M. A.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; RAMOS-TRUJILLO, R.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; MARTÍNEZ-PORCHA, M. AND MENDONZA-CANO, F. Effect of promoted natural feed on the production, nutritional, and immunological parameters of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) semi-intensively farmed. **Aquaculture nutritional**, v. 17, p. 622-628, 2011.

PORCHAS-CORNEJO, M. A.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHA, M.; BARRAZA- GUARDADO, R. Study of zooplankton communities in shrimp earthen ponds, with and without organic nutrient-enriched substrates. **Aquaculture International**, v. 21, n. 1, p. 65-73, 2013.

POLI, M. A.; LEGARDA, E. C.; 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**, v. 498, p. 83–89, 2019.

RAJKUMAR, M.; PANDEY, P. K.; ARAVIND, R.; VENNILA, A.; BHART, V.; PURUSHOTHAMAN, C. S. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 11, p. 3432-3444, 2016.

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**, v. 45, p. 127– 136, 2011.

ROMANO, N.; DAUDA, A. B.; IKHSAN, N.; KARIM, M.; KAMARUDIN, M. S. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, p.1–11, 2018.

RÍOS, L. G.; MIRANDA, A. B.; EMERENCIANO, M. G. C.; RÁBAGO, J. A. H.; AMARILLAS, P. O. Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. **Aquaculture**, v. 502, p.26-31, 2019.

SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. J. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 32, p. 379–401, 2005.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROOK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vanammei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, p. 184-191, 2007.

SAJALI, U. S. B. A.; ATKINSON, N. L.; DESBOIS, A. P.; LITTLE, D. C.; MURRAY, F. J.; SHINN, A. P. Prophylactic properties of biofloc or Nile tilapia-conditioned water against *Vibrio parahaemolyticus* infection of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 498, n. 1, p. 496-502, 2019.

SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. J. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. **Aquaculture Engineering**, v. 32, n. 3/4, p. 379-401, 2005.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; ARANA, L. V.; SEIFFERT W, Q.; ANDREATTA, E. R. 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, 2013.

SERRA, F. P.; GAONA, C. A. P.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H. AND WASIELESKY, W. J. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, p. 1325–1339, 2015.

SHARAWY, Z.; GODA, M. A. S.; HASSAAN, M. S. Partial or total replacement of fish meal by solid state fermented soybean meal with *Saccharomyces cerevisiae* in diets for Indian prawn shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Postlarvae. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 90–99, 2016.

SILVA, U. L.; CAMPOS, S. S.; CORREIA, E. S. Efeitos de fertilizantes orgânicos e inorgânicos na abundância de macro e meiobentos e na qualidade da água do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Atlântica**, v. 30, n.1, p. 23-33, 2008.

SILVA, U. L.; MELO, F. P.; SOARES, R. B.; SPANGHERO, D. B. N; CORREIA, E. S. Efeito da adição do melaço na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.

SILVA, U. L.; FALCON, D. R.; PESSOA, M. N. C.; CORREIA, E. S. Carbon sources and C: N ratios on water quality for Nile tilapia farming in biofloc system. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1017-1027, 2017.

SOUZA, D. M.; SUITA, S. M.; ROMANO, L. A.; WASIELESKY JR, W.; BALLESTER, E. L. C. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a biofloc technology system. **Aquaculture Research**, v. 45, p. 270–277, 2014.

SOUZA, R. L.; LIMA, E. C. R.; MELO, F. P.; FERREIRA, M. G. P.; CORREIA, E. S. The culture of Nile tilapia at different salinities using a biofloc system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50 n. 2, p.267-275, 2019.

SUPRIYATI, T. H.; SUSANTI, T.; SUSANA, I. W. R. Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 231, 2015.

SUN, H.; TANG, J.W.; YAO, X.H.; WU, Y.F.; WANG, X.; LIU, Y.; LOU, B. Partial substitution of fish meal with fermented cottonseed meal in juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) diets. **Aquaculture**, v. 446, p. 30–36, 2015.

SUN, H.; TANG, J.W.; YAO, X.H.; WU, Y.F.; WANG, X.; LIU, Y. Effects of replacement of fish meal with fermented cottonseed meal on growth performance, body composition and haemolymph indexes of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931. **Aquaculture Research**, v. 47, p. 2623–2632, 2016.

SURNAR, S.R.; OJHA, M.L.; SAINI, V.P.; SINGH, E.; YADAV, R. An overview on the potential of agro-industrial wastes as fertilizer in aquaculture. **International Journal of Farm Sciences**, v.9, n.3, p.101-107, 2019.

SUGIHARTO, S.; RANJITKAR, S. Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: a review. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2019.

SUBRAMANIYAM, R.; VIMALA, R. Solid state and submerged fermentation for the production of bioactive substances: a comparative study. **International Journal of Science**

and *Nature*, v.3, n. 3, p. 480–486, 2012.

SHIM, Y. H.; SHINDE, P.L.; CHOI, J.Y.; KIM, J.S.; SEO, D.K.; PAK, J.I.; CHAE, B. J.; KWON, I. K. Evaluation of multi-microbial probiotics produced by submerged liquid and solid substrate fermentation methods in broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 23, n. 4, p. 521–529, 2010.

TALAVERA, V.; SÁNCHEZ, D.; VARGAS, L. M. Z. Utilización de melaza em estanques de cultivo de camarón. *Boletín Nicovita*, v.3, n.3, P. 1-3, 1998.

VILANI, F. G.; SCHVEITZER, R.; ARANTES, R. F.; VIEIRA, F. N.; SANTO, C. M. E.; SEIFERT, W.Q. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. *Aquacultural engineering*, v. 74, p. 70-75, 2016.

WANG, C.; PAN, L.; ZHANG, K.; XU, W.; ZHAO, D.; MEI, L. Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks. *Aquaculture research*, v. 47, p. 3307–3318, 2016.

WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. L.; BROWDY C. 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.

WASIELESKY JR, W.; FROES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; LARA, G.; POERSH, L. Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth. *Journal of Shellfish Research*, v. 32, n. 3, p. 799-806, 2013.

WEI, Y. F.; LIAO, S. A.; WANG, A. L. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. *Aquaculture*, v. 465, p. 88–93, 2016.

WIDANARNI.; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. **Hayati Journal of Biosciences**, v. 19, n. 2, p 73-80, 2012.

XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v. 350-353, n. 20, p.147-15, 2012.

ZHAO, P., HUANG, J., WANG, X., SONG, X., YANG, C., ZHANG, X., WANG, G. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, v. 354–355, p.97–106, 2012.

ZHAO, Z.; XU, Q.; LUO, L.; WANG, C.; LI, J.; WANG, L. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. **Aquaculture**, v. 434, p. 442-448, 2014.

CAPÍTULO 1

Utilização de subprodutos do arroz como fonte de carbono para o cultivo em alta densidade do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*

Utilization of rice by-products as carbon sources in high-density culture of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*

Jordana Sampaio Leite ¹, Caio Servulo Batista Melo¹, Alberto Jorge Pinto Nunes¹

¹LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Avenida da Abolição, 3207 – Meireles, Fortaleza, Ceará, 60.165-081, Brasil.

RESUMO

Este estudo foi conduzido para avaliar o efeito de subprodutos do arroz na qualidade da água, na comunidade microbiana e no desempenho de crescimento de juvenis de *L. vannamei*. Camarões de $0,98 \pm 0,10$ g de peso corporal (PC) foram criados em 49 tanques de $1,5 \text{ m}^3$ sob 127 animais/m^2 por 77 dias. Farelo de arroz, grão de arroz e casca de arroz foram misturados em cinco diferentes fertilizantes, variando o teor de fibras (90, 110, 150, 200 e 250 g/kg) e comparados com o melaço de cana-de-açúcar (MO) e tanques não fertilizados (UNF). Os Subprodutos do arroz e o melaço de cana foram aplicados na água três vezes por semana a uma taxa fixa de $4,5 \text{ g/m}^3$. A salinidade da água, pH, temperatura e oxigênio dissolvido atingiram uma média (\pm desvio padrão) de $43 \pm 2 \text{ g/L}$, $8,03 \pm 0,32$, $30,2 \pm 0,90 \text{ }^\circ\text{C}$ e $5,03 \pm 0,53 \text{ mg/L}$, respectivamente. Os sólidos sedimentáveis (SS) foram maiores nos tanques fertilizados com subprodutos do arroz (de $2,5 \pm 1,0$ a $3,1 \pm 1,1 \text{ mL/L}$) e MO ($3,4 \pm 1,0 \text{ mL/L}$). O nitrogênio amoniacal total ($0,19 \pm 0,09 \text{ mg/L}$), nitrito ($5,97 \pm 2,04 \text{ mg/L}$) e nitrato ($1,29 \pm 0,48 \text{ mg/L}$) foram mantidos baixos, sem diferenças significativas entre os tratamentos. A concentração de bactérias heterotróficas (BH) e fungos foram significativamente maiores nos subprodutos do arroz em comparação ao MO. A concentração de *Vibrio* spp. estava abaixo dos níveis relatados durante os surtos de vibriose ($1 \times 10^4 \text{ UFC/ mL}$). A fertilização da água não teve efeito na sobrevivência final do camarão ($85,5 \pm 9,5\%$), crescimento semanal do camarão ($0,72 \pm 0,11 \text{ g}$) e FCA ($1,59 \pm 0,10$). No entanto, todos os tanques tratados com subprodutos do arroz, exceto 90 g/kg de fibra, resultaram em maior peso final de camarão (de $9,04 \pm 1,56$ a $9,52 \pm 1,89 \text{ g}$) em comparação com MO ($8,75 \pm 2,14 \text{ g}$) e UNF ($7,74 \pm 1,48 \text{ g}$). A produtividade e o consumo de ração foram significativamente maiores nos tanques tratados com subprodutos do arroz do que os UNF. No entanto, não houve diferença no ganho de produtividade entre tanques fertilizados com MO e subprodutos do arroz. Assim, pode-se concluir que uma mistura de subprodutos do arroz pode ser igual ou mais eficaz como fonte de carbono para o cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* do que o MO.

Palavras-chave: Comunidade microbiana, Fertilização orgânica, Performance de crescimento de camarão.

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of rice by-products on water quality, microbial community and growth performance of juvenile *L. vannamei*. Shrimp of 0.98 ± 0.90 g body weight (BW) were reared in 49 tanks of 1.5 m^3 under 127 animals/ m^2 for 77 days. Rice bran, rice grit and rice hull were mixed into five different fertilizers varying their fiber content (90, 110, 150, 200, and 250 g/kg) and compared against sugarcane molasses (MO) and unfertilized tanks (UNF). Rice by-products and MO were applied in water three times a week at a fixed rate of 4.5 g/m^3 . Water salinity, pH, temperature and dissolved oxygen reached a mean (\pm standard deviation) of $43 \pm 2 \text{ g/L}$, 8.03 ± 0.32 , $30.2 \pm 0.90^\circ\text{C}$, and $5.03 \pm 0.53 \text{ mg/L}$, respectively. Settleable solids (SS) were higher in tanks fertilized with rice by-products (from 2.5 ± 1.0 to $3.1 \pm 1.1 \text{ mL/L}$) and MO ($3.4 \pm 1.0 \text{ mL/L}$). Total ammonia nitrogen ($0.19 \pm 0.09 \text{ mg/L}$), nitrite ($5.97 \pm 2.04 \text{ mg/L}$) and nitrate ($1.29 \pm 0.48 \text{ mg/L}$) were kept low without any significant differences among treatments. The concentration of Heterotrophic Bacteria (HB) and fungi was significantly higher in rice by-products compared to MO. The concentration of *Vibrio* spp. was below levels reported during vibriose outbreaks, ($1 \times 10^{-4} \text{ CFU/mL}$). Water fertilization had no effect on final shrimp survival ($85.5 \pm 9.5\%$), weekly shrimp growth ($0.72 \pm 0.11 \text{ g}$) and FCR (1.59 ± 0.10). However, all tanks treated with rice by-products, except with 90 g/kg fiber, resulted in a higher final shrimp BW (from 9.04 ± 1.56 to $9.52 \pm 1.89 \text{ g}$) compared to MO ($8.75 \pm 2.14 \text{ g}$) and UNF ($7.74 \pm 1.48 \text{ g}$). Gained yield and feed intake was significantly higher for tanks treated with rice by-products than those UNF. However, there was no difference in gained yield between tanks fertilized with MO and rice by-products. It can be concluded that a mix of rice by-products can be equally or more effective as carbon sources to shrimp *Litopenaeus vannamei* culture than MO.

Keywords: microbial community, organic fertilization, shrimp growth performance.

1.1 INTRODUÇÃO

A aquicultura marinha de camarão requer novas tecnologias para eliminar e controlar as trocas de água, descargas de efluentes, surtos de doenças e uso excessivo de alimentos (LARA *et al.*, 2012). Nos últimos anos, a criação de camarões de alta densidade sob troca limitada de água tem sido possível através da manipulação de comunidades microbianas na água (AZIM; LITTLE, 2008; SAMOCHA *et al.*, 2010, KRUMMENAUER *et al.*, 2011, AUDELO-NARANJO *et al.*, 2012). O princípio dos cultivos com mínima troca de água é baseado na adição de fontes de carbono para equilibrar a proporção C:N na água. Isso promove o crescimento de microrganismos que consomem matéria orgânica, melhora a utilização de nutrientes e converte compostos nitrogenados dissolvidos em compostos menos tóxicos (AVNIMELECH, 2007; EMERENCIANO *et al.*, 2013).

Várias fontes de carbono têm sido utilizadas para esse fim, incluindo melação de cana-de-açúcar, glicerol, açúcar vegetal, farelo de soja, farinha de trigo, farelo de trigo, farelo de milho, farelo de arroz e farelo de mandioca (HARI *et al.*, 2004; WANG *et al.*, 2016; EKASARI *et al.*, 2014; ROMANO *et al.*, 2018). Eles são escolhidos de acordo com o custo, disponibilidade local, biodegradabilidade e eficiência de assimilação pelos microrganismos (EMERENCIANO *et al.*, 2013).

A produção mundial de arroz em 2018 foi estimada em 773 milhões de toneladas, dos quais 513 milhões de toneladas foram processados (FAO, 2018). O arroz é comumente beneficiado pela remoção das camadas de casca e farelo da semente do grão bruto nos processos de descasque e moagem, respectivamente (SAMAN *et al.*, 2019). Farelo de arroz, quirera de arroz e casca de arroz são os principais subprodutos dessa comódite (LORENZETT *et al.*, 2012). Eles podem conter 40% de carboidratos e níveis moderados de proteína bruta (12%) e lipídios (21%) (LIMA *et al.*, 2000; VILANI *et al.*, 2016).

As cascas de arroz são responsáveis por aproximadamente 20% do peso das sementes, gerando milhões de toneladas de resíduos por ano (STRACKE *et al.*, 2018). Esses resíduos, se não descartados adequadamente, são fontes de poluição ambiental, pois são difíceis de degradar (SAIDELLES *et al.*, 2012). Estudos têm mostrado que resíduos de arroz podem ser usados para melhorar o cultivo de camarão e peixe. Serra *et al.* (2015) descobriram que o camarão (*L. vannamei*) tem melhor desempenho quando a água é fertilizada com farelo de arroz em comparação com a dextrose. Da mesma forma, Vilani *et al.* (2016) relataram que em nos tanques fertilizados com farelo de arroz, para o cultivo de juvenis do *L. vannamei*,

alcançaram uma elevada produtividade e menor FCA em comparação aos tanques fertilizados com melaço de cana-de-açúcar. Romano *et al.* (2018) usaram farelo de arroz para a criação de juvenis de bagres africanos (*Clarias gariepinus*) observaram um aumento significativo no crescimento e na eficiência alimentar dos peixes.

Desse modo, este estudo avaliou o efeito do uso de diferentes combinações de subprodutos do arroz (farelo de arroz, quirera de arroz e casca de arroz) como fontes de carbono sob a qualidade da água, a comunidade microbiana e o desempenho de crescimento de juvenis do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*, criados em condições limitadas de troca de água.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Preparação dos fertilizantes

Os subprodutos do arroz (farelo de arroz, quirera de arroz e casca de arroz) foram obtidos de uma indústria de processamento de arroz (Sucesso Agroindústria Ltda., Eusébio, Brasil), cultivares IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL. Sua composição proximal foi determinada de acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (Tabela 1, SINDIRAÇÕES, 2013).

Tabela 1 – Composição química (g/kg, material seca) de subprodutos do arroz utilizados na preparação dos fertilizantes.

Composição (g/kg)	Farelo de arroz	Quirera de arroz	Casca de arroz
Matéria seca	901,2	871,3	897,5
Proteína bruta	150,8	92,4	23,1
Lipídeos	147,9	13,7	11,3
Fibra bruta	85,1	6,7	568,1
Nitrogênio	24,1	14,8	3,7
Cálcio	0,7	0,2	1,0
Fósforo	15,0	2,6	0,1
Potássio	11,3	2,0	2,2
Cinza	87,7	12,6	88,0
Resíduos insolúveis	26,1	2,8	81,2
Carboidratos Totais	528,5	874,7	309,5
Carbono Total	418	405	370

Foram testadas cinco misturas de fertilizantes com diferentes concentrações de farelo de arroz, quirera de arroz e casca de arroz (Tabela 2). Os fertilizantes foram formulados para apresentar um valor quase semelhante de carbono total, com um aumento gradual no teor de fibra bruta. Isso maximizou o uso da casca de arroz, que tem o menor valor econômico entre esses subprodutos. Os fertilizantes foram identificados de acordo com sua concentração de fibra bruta (F90, F110, F150, F200 e F250). A mistura F90 foi composta por 50% de quirera de arroz, 40% de farelo de arroz e 10% de casca de arroz (como base). O aumento progressivo da fibra bruta foi obtido por substituições consecutivas de farelo de arroz por casca de arroz a 25% cada.

Para preparar os fertilizantes, os subprodutos foram moídos através de uma malha de 500 μm em um moinho de martelos (MCS 280, Moinhos Vieira, Tatuí, Brasil) e depois misturados por 10 min. em um misturador planetário (AR 25, G. Paniz, Caxias do Sul, Brasil). Mais de 85% da composição total dos fertilizantes foi inferior a 300 μm , portanto, caracterizado fisicamente como pó (BRASIL, 2016). Os fertilizantes processados apresentaram uma concentração de resíduos insolúveis diretamente proporcional ao seu teor de fibra bruta (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição química (g/kg, material seca) e textura de fertilizantes derivados de arroz e melaço de cana-de-açúcar (MO).

Composição ^a (g/kg)	Fertilizantes					
	F90	F110	F150	F200	F250	MO
Matéria seca	888,5	896,2	896,7	897,0	898,1	930,3
Proteína bruta	105,1	115,7	96,2	80,8	70,0	36,3
Lipídeos	64,0	85,5	49,2	32,3	17,3	14,0
Fibra bruta	92,2	110,2	147,0	203,3	248,9	1,3
Nitrogênio	16,9	18,5	15,4	12,9	11,2	5,8
Cálcio	1,0	1,3	1,3	0,6	0,6	62,1
Fósforo	0,7	0,9	0,6	0,4	0,3	0,5
Potássio	5,5	7,1	5,1	4,2	3,6	29,2
Cinzas	50,8	62,7	47,8	46,9	50,8	210,9
Resíduos insolúveis	17,6	23,8	25,1	26,8	36,5	9,7
Carboidratos Totais	687,9	625,9	659,8	636,6	613,1	737,5
Carbono Total	405	408	401	396	389	322
Relação C:N	24	22	26	31	35	55
Malha (µm)	% Retido ^b					
1.000	0,02	0,09	0,01	0,01	0,08	-
850	0,05	0,13	0,05	0,05	0,07	-
600	0,84	1,74	1,44	1,90	2,49	-
425	3,28	6,90	7,01	7,64	8,38	-
300	38,62	49,29	31,95	18,42	18,38	-
250	33,90	29,45	37,50	35,29	21,77	-
< 250	23,30	12,41	22,04	36,69	48,77	-

^aAnálise de acordo com os padrões do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2013).

^bDeterminado em um agitador de peneiras (MA750, Marconi Equipamentos para Laboratórios Ltda, Piracicaba, São Paulo Brazil).

O melaço de cana-de-açúcar em pó (Indumel - Indústria e Comércio de Melaço Ltda., Sertãozinho, Brasil) foi utilizado como controle positivo (MO), pois demonstrou atuar como

uma fonte eficiente de carbono para o cultivo de camarão (SAMOCHA *et al.*, 2007; KRUMMENAUER *et al.*, 2011; SCHVEITZER *et al.*, 2013; ARANTES *et al.*, 2017; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2017). Sete tanques sem aplicação direta de fontes de carbono atuaram como controle negativo (UNF).

1.2.2 Design experimental

O estudo foi realizado em 49 tanques externos independentes de 1,5 m³ (1,61 m² de área inferior, 0,83 m de altura, com 1,43 e 1,75 m de diâmetro inferior e de superfície, respectivamente). Cada tanque foi equipado com uma entrada e saída de água individual. A aeração suplementar foi realizada com um soprador de 7,5 cv conectado a uma mangueira microperfurada flexível de 0,50 m, mantida individualmente no fundo de cada tanque.

O sistema operou em condição estática, com troca de água limitada. A água do mar foi fornecida quinzenalmente para compensar as perdas por evaporação e o aumento da salinidade da água. Os níveis de Sólidos Sedimentáveis (SS) e Sólidos Suspensos Totais (SST) foram mantidos em 10-14 mL/L e entre 250-350 mg/L (SAMOCHA *et al.*, 2017), respectivamente. As trocas de água foram realizadas apenas duas vezes durante o cultivo, a 5% do volume total de água, quando as faixas de SS e SST foram excedidas. Assim, o acúmulo de nitrogênio foi reduzido pela troca de água nos tanques fertilizados e não fertilizados.

Para preparar a água do cultivo, os tanques de criação foram inicialmente preenchidos com água do mar filtrada (salinidade 32 g/L) e inoculados com 100 L de água por tanque obtida de um tanque de viveiro de camarão. Para a fertilização inicial da água foi utilizada, 10 g/m³ de ração moída para camarão (Camanutri 35, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Brasil) e 4,5 g/m³ de cada fertilizante foram aplicados diariamente em cada tanque mantendo uma relação carbono/nitrogênio (C:N) próxima a 10:1 (AVNIMELECH, 1999). A aplicação ocorreu por cinco dias consecutivos. Para sustentar o meio durante o cultivo do camarão, subprodutos do arroz e melação de cana-de-açúcar foram aplicados na água três vezes por semana durante todo o período de engorda. Os fertilizantes foram aplicados na taxa fixa de 4,5 g/m³, desde de que o SS não excedesse o limite de 14 mL/L estabelecido por Samocha *et al.* (2017).

Camarões de $0,98 \pm 0,10$ g (média \pm desvio padrão; n = 9.996) foram estocados em 127 animais/m² (204 camarões/tanque). Os camarões eram alimentados diariamente, 10 vezes ao

dia por um alimentador automático (descrito em NUNES *et al.*, 2019) que operava entre as 07:00 e as 17:00. Os animais foram alimentados com ração comercial de camarão para produtores contendo 38% de proteína bruta (Densidade 38, Neovia Saúde e Nutrição Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Brasil). As refeições foram ajustadas diariamente após um ganho de peso estimado de 100 mg por dia/camarão e uma queda semanal estimada de 0,5% na sobrevivência. Duas vezes por semana (dias 15, 30, 45 e 60), as refeições foram ajustadas pesando individualmente dez animais por tanque. As taxas de alimentação foram calculadas com base na quantidade máxima de ração (MM, g) que pode ser consumida diariamente por um indivíduo com um peso corporal específico (PC), de acordo com a fórmula $MM = 0,0931BW^{0,6200}$ (NUNES; PARSONS, 2000; NUNES *et al.*, 2006; FAÇANHA *et al.*, 2018). Para evitar o excesso de alimentação e uma alta taxa de conversão alimentar, as taxas de alimentação foram reduzidas em 30% em todas as dietas (NUNES *et al.*, 2006). Todos os procedimentos de cultivo foram realizados em conformidade com as leis e diretrizes institucionais relevantes, incluindo aquelas relacionadas ao bem-estar animal.

1.2.3 Análises de água

A salinidade da água, pH, temperatura e oxigênio dissolvido (OD) foram medidos diariamente em cada tanque, atingindo uma média (desvio padrão) de 43 ± 2 g/L ($n = 3.067$), $8,03 \pm 0,32$ ($n = 3.066$), $30,2 \pm 0,90$ °C ($n = 3.066$) e $5,03 \pm 0,53$ mg/L ($n = 3.036$), respectivamente. Esses parâmetros permaneceram dentro dos limites tolerados por juvenis de *L. vannamei* (WYK, 1999), incluindo a salinidade da água (CASTRO *et al.*, 2018). Não foram observadas diferenças estatísticas nesses parâmetros entre os tratamentos ($P > 0,05$).

As concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (NO^{2-}) e nitrato (NO^{3-}) foram determinadas semanalmente em amostradas coletadas aleatoriamente de cada tratamento ($n = 140$) analisadas um espectrofotômetro de massa (DR 2800 Spectrophotometer, Hach Company, Loveland, EUA). As determinações de alcalinidade e SST foram realizadas quinzenalmente (APHA, 2012). Os SS foram medidos a cada dois dias em cones de Imhoff (APHA, 2012).

1.2.4 Parâmetros zootécnicos e análises microbiológicas

Os camarões foram despescados após 77 dias de cultivo. Todos os animais foram contados e pesados individualmente para determinar a sobrevivência final (%), peso corporal

(g), crescimento semanal (g) e produtividade final (g/m^2). O fator de conversão alimentar (FCA) e a ingestão aparente de ração (AFI, g de ração ofertada dividida pelo número de camarões estocados) foram calculadas.

Análises microbiológicas foram realizadas nos fertilizantes. Essas análises seguiram a contagem padrão em placas (CPP) para determinação da concentração de bactérias heterotróficas (BH), *Bacillus* spp., Fungos e *Vibrio* spp. presentes em cada fertilizante. Para essas análises, 10 g de cada fertilizante foram diluídos em 90 mL de solução salina 10 g/L com diluições seriadas de 10^{-2} a 10^{-5} . Para a quantificação de BH, uma alíquota de 0,01 mL foi utilizada em profundidade pelo método de plaqueamento, utilizando meio Ágar de contagem em placas (PCA, 7157A, Acumedia, Neogen, Indaiatuba, Brasil). O isolamento de *Bacillus* spp. foi realizado através de banho-maria a 70 °C por uma hora e 30 minutos (PANDEY *et al.*, 2013). O choque térmico foi realizado até a esporulação, para a quantificação, foi utilizada uma alíquota de 0,01 mL em profundidade pelo método de plaqueamento, usando meio Ágar de contagem em placas (PCA, 7157A, Acumedia, Neogen, Indaiatuba, Brasil). As placas foram lidas após 48 h de incubação a 35 °C.

Para quantificação dos fungos, foi utilizada a técnica de espalhamento, em que uma alíquota de 100 μL das respectivas diluições (10^{-2} a 10^{-5}) foi adicionada em placas de Petri contendo o meio solidificado de Ágar Batata-Dextrose (Himedia, Mumbai, Índia), além de 10 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de ampicilina e solução de ácido tartárico a 1,8%. Posteriormente, as placas foram incubadas a 28 °C por até 7 dias. Para a análise de *Vibrio* spp., foi utilizado o meio Ágar Tiosulfato Citrato de Sacarose Biliar (TCBS, 7210, Acumedia, Neogen, Indaiatuba, Brasil) com a técnica de espalhamento em placa e incubação a 35 °C por 18 h.

Após o período de incubação de todas as análises, foram contadas placas entre 25 e 250 colônias. Placas fora deste intervalo foram estimadas. Para o cálculo de CPP, foi aplicada a seguinte equação: $\text{CPP} = \text{UFC (unidade formadora de colônias)} \times \text{inverso do fator de diluição} \times \text{fator de correção (DOWNES; ITO, 2001)}$.

1.2.5 Análises estatísticas

Os efeitos dos fertilizantes orgânicos na qualidade da água (NAT, NO^{2-} , NO^{3-} , SS, SST e alcalinidade) e nos parâmetros de desempenho zootécnico do camarão (sobrevivência final, peso corporal final, crescimento semanal, produtividade final, FCA e AFI) foram analisados usando o ANOVA Univariada. O seguinte modelo matemático foi adotado:

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$ (1), em que:

Y_{ij} é a j -ésima observação do fertilizante i ; μ é a resposta média geral; τ_i é o efeito não aleatório dos fertilizantes, onde $\sum_{i=1}^k \tau_i = 0$ e ϵ_{ij} é o erro aleatório do fertilizante. Quando diferenças significativas foram detectadas, elas foram comparadas duas a duas com o teste de Tukey HSD. O nível de significância de 5% foi aplicado em todas as análises estatísticas. Foi utilizado o pacote estatístico SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos).

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Desempenho zootécnico

O camarão alcançou uma sobrevivência final média (\pm dp), crescimento semanal e FCA de $85,5 \pm 9,5\%$, $0,72 \pm 0,11$ g/semana e $1,59 \pm 0,10$, respectivamente (Tabela 3). Nenhuma resposta significativa sobre essas variáveis pôde ser associada às fontes de carbono orgânico ($P > 0,05$). No entanto, a produtividade final (g/m^2) foi significativamente maior nos tratamentos fertilizados com subprodutos do arroz (F110, F150, F200 e F250) em comparação ao tratamento não fertilizado (UNF) ($P < 0,05$). Da mesma forma, foi observada uma maior ingestão aparente de ração (AFI) nos tanques tratados com fertilizantes de subprodutos do arroz em comparação com o UNF. Não houve diferença na AFI entre MO e UNF ($P > 0,05$).

Tabela 3 – Desempenho zootécnico do *L. vannamei*. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($P < 0,05$) de acordo com o teste HSD de Tukey. Os valores se referem à média (\pm desvio padrão) de sete tanques de cultivo.

Fertilizantes	Sobrevivência Final (%)	Crescimento (g/semana)	Peso corporal final (g)	Produtividade final (g/m ²)	FCA	AFI (g/camarão)
F90	88,1 \pm 5,5a	0,71 \pm 0,06a	8,78 \pm 1,52d	810 \pm 69ab	1,55 \pm 0,10a	10,5 \pm 0,3a
F110	87,3 \pm 8,2a	0,75 \pm 0,13a	9,17 \pm 1,95bc	842 \pm 62a	1,55 \pm 0,06a	10,8 \pm 0,6a
F150	82,1 \pm 13,7a	0,77 \pm 0,13a	9,32 \pm 2,04ab	826 \pm 38a	1,56 \pm 0,03a	10,7 \pm 0,4a
F200	83,2 \pm 9,7a	0,79 \pm 0,11a	9,52 \pm 1,89a	821 \pm 51a	1,56 \pm 0,04a	10,7 \pm 0,6a
F250	88,1 \pm 3,9a	0,73 \pm 0,06a	9,04 \pm 1,56c	827 \pm 56a	1,55 \pm 0,07a	10,6 \pm 0,3a
MO	81,3 \pm 14,2a	0,73 \pm 0,16a	8,75 \pm 2,14d	736 \pm 76ab	1,67 \pm 0,15a	10,2 \pm 0,6ab
UNF	88,7 \pm 8,3a	0,62 \pm 0,06a	7,74 \pm 1,48e	706 \pm 63b	1,63 \pm 0,13a	9,6 \pm 0,4b

1.3.2 Qualidade da água

A concentração de sólidos sedimentáveis (SS) variou durante o cultivo em todos os tratamentos (Figura 1). Houve um aumento progressivo da SS até o 27º dia de cultivo, quando uma troca de água foi realizada. Depois disso, a tendência de alta foi mantida, controlada novamente no 55º dia por uma nova troca de água. Não houve diferença significativa nos sólidos suspensos totais (SST, 485 ± 74 mg/L, $n = 49$) e na alcalinidade (172 ± 27 mg CaCO_3/L , $n = 42$) entre os tratamentos experimentais.

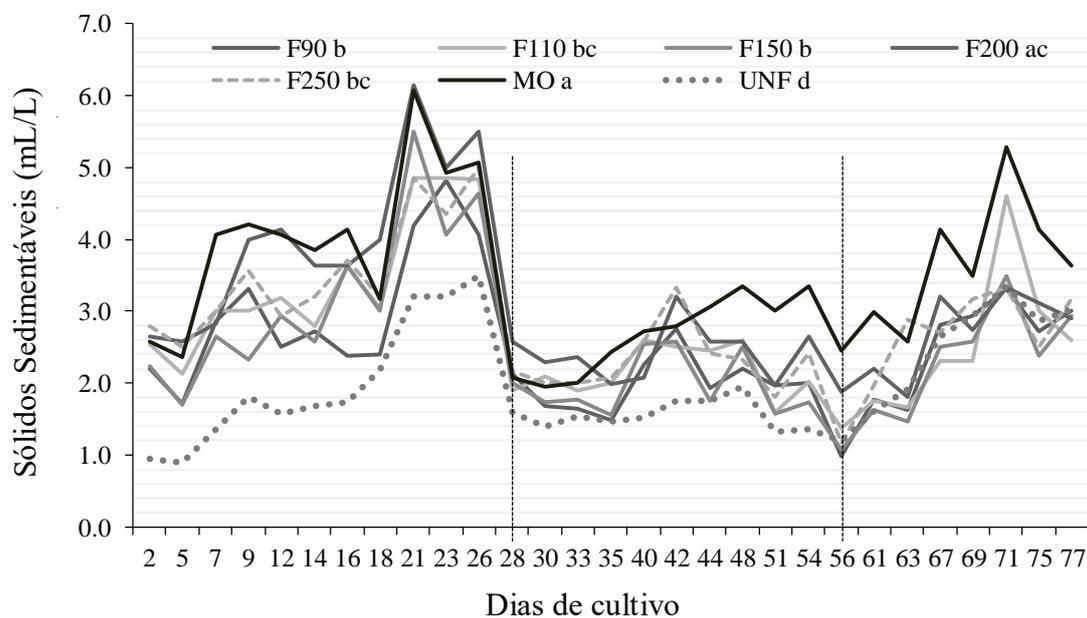


Figura 1- Variação da concentração de sólidos sedimentáveis (SS) (mg/L) na água de cultivo tratada com diferentes fertilizantes por 77 dias. Linhas verticais indicam trocas de água. Letras diferentes na legenda representam diferença estatística ($P < 0,05$) entre fertilizantes, de acordo com o teste HSD de Tukey.

As concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total (NAT) ($0,19 \pm 0,09$ mg/L), nitrito ($5,97 \pm 2,04$ mg/L) e nitrato ($1,29 \pm 0,48$ mg/L) não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$). No entanto, houve uma diferença significativa na concentração de compostos nitrogenados ($P < 0,05$) entre as fases de cultivo inicial (1º a 28º dias), intermediária (29º a 46º dias) e final (47º a 64º dias). Na fase final, a concentração de NAT foi maior ($0,27 \pm 0,09$ mg/L) em comparação às fases inicial ($0,17 \pm 0,06$ mg/L) e intermediária ($0,06 \pm 0,14$ mg/L).

Comparativamente, nitrito e nitrato apresentaram concentrações estatisticamente menores antes da despesca do camarão ($5,36 \pm 2,34$ mg/L e $1,24 \pm 0,37$ mg/L, respectivamente) em comparação ao inicial ($6,91 \pm 1,70$ mg/L e $1,62 \pm 0,47$ mg/L, respectivamente) e intermediárias ($5,89 \pm 1,80$ mg/L e $1,11 \pm 0,49$ mg/L, respectivamente).

1.3.3 Microbiologia dos fertilizantes

Os fertilizantes F90, F110, F150 e F250 apresentaram uma concentração significativamente maior de BH em comparação ao tratamento MO e UNF (Tabela 4). *Bacillus* spp. estavam mais concentrados no MO ($9,30 \pm 1,10 \times 10^4$ UFC/mL) do que em outros tratamentos ($P < 0,05$). A concentração de fungos foi maior nos tratamentos com subprodutos do arroz com maior nível de fibra (F200 e F250). O único fertilizante com *Vibrio* spp. foi F110 ($0,004 \pm <0,001 \times 10^4$ UFC/mL).

Tabela 4 - Concentração (10^4 UFC/ mL) de BH, *Bacillus* spp., Fungos e *Vibrios* spp. em fontes de carbono. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($P < 0,05$) de acordo com o teste HSD de Tukey. Cada valor representa a leitura (média \pm desvio padrão) de duas amostras em cinco diluições.

Fertilizantes	Contagem padrão em placas (10^4 UFC/mL)			
	BH	<i>Bacillus</i> spp.	Fungos	<i>Vibrio</i> spp.
F90	$245,0 \pm 7,1a$	$5,20 \pm 0,70c$	$0,96 \pm 0,33ab$	$< 0,001b$
F110	$161,5 \pm 61,5ab$	$7,40 \pm 0,71b$	$0,79 \pm 0,13ab$	$0,004 \pm <0,001a$
F150	$227,0 \pm 28,3a$	$0,83 \pm 0,01d$	$0,52 \pm 0,04bc$	$< 0,0001b$
F200	$98,0 \pm 32,5b$	$0,84 \pm 0,02d$	$1,27 \pm 0,04a$	$< 0,0001b$
F250	$165,0 \pm 22,6ab$	$1,60 \pm 0,26d$	$1,10 \pm <0,01a$	$< 0,0001b$
MO	$0,01 \pm <0,01c$	$9,30 \pm 1,14a$	$< 0,01c$	$< 0,0001b$
UNF	$1,65 \pm 0,2c$	$0,34 \pm 0,06d$	$<0,001 \pm <0,01c$	$< 0,0001b$

1.4 DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que uma mistura de subprodutos do arroz pode ser igualmente ou mais eficaz como fonte de carbono para o cultivo de camarão do que o melão de cana-de-açúcar. O peso final do camarão, a produtividade, o consumo aparente de ração e a

qualidade da água foram semelhantes ou superiores nos tratamentos submetidos à fertilização com subprodutos do arroz em comparação ao melaço. É provável que os subprodutos do arroz também tenham sido utilizados como fonte de alimento pelos camarões, direta ou indiretamente. Os subprodutos do arroz contêm níveis mais altos de proteína bruta (70,0 a 115,7 g/kg) e lipídios (17,3 a 85,5 g/kg) do que o melaço (36,3 e 14 g/kg, respectivamente). Serra *et al.* (2015), trabalhando com pós-larvas e juvenis do *L. vannamei*, relataram um melhor desempenho de crescimento em tanques fertilizados com farelo de arroz em comparação com melaço porque os camarões consumiam diretamente o farelo de arroz como alimento.

Um dos possíveis efeitos deletérios associados ao uso de subprodutos do arroz é a presença de um teor relativamente alto de fibra bruta (ROMANO *et al.*, 2018). A fibra é considerada difícil de metabolizar por microrganismos e por camarões, e pode ocorrer acúmulo no ambiente de cultivo. No entanto, foi possível demonstrar que a aplicação de fontes de carbono utilizando altas concentrações de casca de arroz, que é o subproduto de arroz mais descartado, resultou em um maior peso final de camarão e um aumento na produtividade em comparação com tanques não fertilizados (UNF). Isso sugere que a casca de arroz pode ajudar na colonização microbiana, resultando em um melhor desempenho do camarão. Portanto, concentrações de fibra bruta de até 200 g/kg com três taxas de aplicação semanal de 4,5 g/m³ não geraram efeitos negativos na qualidade da água e no desempenho do camarão.

Esses resultados corroboram com o estudo de Ekasari *et al.* (2014). Os autores compararam o uso de farelo de arroz, farinha de tapioca, subproduto de tapioca e melaço de cana-de-açúcar como fertilizantes no cultivo de juvenis de *L. vannamei*. Os níveis de fibra bruta no farelo de arroz e no subproduto da tapioca atingiram 133 e 79 g/kg, respectivamente. Nenhum efeito negativo foi associado a esses níveis de fibra. De fato, os autores relataram uma melhor sobrevivência dos camarões e assimilação de proteínas com farelo de arroz e subproduto de tapioca em comparação ao melaço.

A troca mínima de água e a alta densidade de estocagem aumentaram a quantidade de matéria orgânica na água do cultivo, o que favoreceu o desenvolvimento de *Vibrio* spp. (FERREIRA *et al.*, 2011). Embora o *Vibrio* spp. faça parte da microbiota natural do camarão, sabe-se que existem cerca de 70 linhagens de *V. harveyi* e *V. parahaemolyticus* que causam graves surtos de doenças em camarões (TRAN *et al.*, 2013). No entanto, a concentração de *Vibrio* spp. nos fertilizantes elaborados para o estudo estava abaixo dos níveis relatados

durante surtos de vibriose, ou seja, menor que 1×10^4 UFC/mL (RODRIGUEZ *et al.*, 2015). Foi demonstrado que a comunidade bacteriana estabelecida em sistemas de cultivo superintensivo com fertilizantes pode inibir a proliferação de patógenos por exclusão competitiva (CRAB *et al.*, 2010).

Observou-se que fertilizantes feitos a partir de subprodutos do arroz apresentaram maior concentração de BH, *Bacillus* spp. e fungos em comparação com o UNF. Isso pode ter beneficiado o desempenho do camarão através da ingestão direta. Esses microrganismos utilizam uma gama diversificada de fontes de carbono da agricultura para o seu crescimento (THOMSEN, 2005). Eles são capazes de produzir enzimas endógenas no hepatopâncreas de camarão (ANAND *et al.*, 2014; PANIGRAHI *et al.*, 2019), provavelmente resultando em maior disponibilidade de nutrientes e melhor desempenho do camarão.

1.5 CONCLUSÃO

Uma mistura de subprodutos do arroz pode atuar efetivamente como fontes de carbono na criação de camarões, promovendo o desenvolvimento de bioflocos e melhorando o desempenho zootécnico. A fibra bruta em subprodutos do arroz de até 200 g/kg não tem efeito prejudicial à sobrevivência, crescimento e qualidade da água do camarão quando aplicada três vezes por semana a $4,5 \text{ g/m}^3$. Assim, é possível cultivar juvenil do *L. vannamei* em cultivo intensivo sob mínima troca de água usando uma mistura de subprodutos do arroz para manter os padrões de qualidade da água e aumentar o desempenho de crescimento do camarão.

REFERÊNCIAS

ANAND, P.S.S.; KOHLI, M. P.S.; KUMAR, S.; SUNDARAY, J. K.; DAM ROY, S.; VENKATESHWARLU, G.; SINHA, A. AND PAILAN, G. H. Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 418-419, p. 108–115, 2014.

APHA - American Public Health Association. 2012. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22th edition. APHA Washington D.C.

ARANTES, R.; SCHVEITZER, R.; SEIFFERT, W. Q.; LAPA, K. R. AND VINATEA, L. Nutrient discharge, sludge quantity and characteristics in biofloc shrimp culture using two methods of carbohydrate fertilization. **Aquacultural Engineering**, v. 76, p. 1–8, 2017.

AUDELO-NARANJO, J. M.; VOLTOLINA, D. AND ROMERO-BELTRÁN, E. Culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) with zero water exchange and no food addition: an eco-friendly approach. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 40, p. 441-447, 2012.

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

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

AZIM, M. 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.

BRASIL. Ministério de estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução normativa nº 46**, de 22 de novembro de 2016. Available at: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/in-46-de-22-11-2016-fert-minerais-dou-7-12-16.pdf>> Acesso em: 13. Nov, 2017.

CRAB, R.; LAMBERT, A.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P. AND VERSTRAETE, W. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 109, p. 1643–1649, 2010.

CASTRO, O. S.; BURRI, L.; NUNES, A. J. P. Astaxanthin krill oil enhances the growth performance and fatty acid composition of the Pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared under hypersaline conditions. **Aquaculture Nutrition**, v. 24, p. 442–452, 2018.

DOWNES, M. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. APHA. 4th ed. Washington DC, 2001.

EKASARI, J.; AZHAR, M. H.; SURAWIDJAJA, E. H.; NURYATI, S.; DE SCHRYVER, P. AND BOSSIER, P. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 41, p. 332-339, 2014.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. In Biomass now – cultivation and utilization. **Intech Open Science**, p. 301-328, 2013.

ESPÍRITO-SANTO, C. M.; PINHEIRO, I. C.; JESUS, G. F. A.; MOURIÑO, J. L. P.; VIEIRA, F. N.; SEIFFERT, W. Q. Soybean molasses as an organic carbon source in the farming of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 1827–1835, 2017.

FAÇANHA, F. N.; SABRY-NETO, H.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; NUNES, A. J. P. Minimum water exchange spares the requirement for dietary methionine for juvenile *Litopenaeus vannamei* reared under intensive outdoor conditions. **Aquaculture Research**, v. 49, p.1682-1689, 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. FAOSTAT. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Accessed on: Dec. 28, 2017.

FERREIRA, N. C.; BONETTI, C.; SEIFFERT, W. Q. Hydrological and Water Quality Indices as management tools in marine shrimp culture. **Aquaculture**, v. 318, p. 425–433, 2011.

HARI, B.; KURUP B. M.; VARGHESE J. T.; SCHRAMA J. W.; VERDEGEM M. C. J. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 241, p. 179-194, 2004.

KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O; POERSCH, 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, p. 726-733, 2011.

LARA, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. J. Sistema de Bioflocos: processos de assimilação e remoção do nitrogênio. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 22, p. 32–37, 2012.

LIMA, G. J. M. M.; MARTINS, R. R.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. Embrapa Suínos e Aves, **Comunicado Técnico**, v. 244, p. 1-2, 2000.

LORENZETT, D. B.; NEUHAUS, M.; SCHWAB, N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, p. 219-232, 2012.

NUNES, A. J. P.; PARSONS, G. J. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis*. **Aquaculture**, v. 187, p. 133-151, 2000.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; CARVALHO, E. A.; SABRY-NETO, H. Growth performance of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under time and rate-restriction feeding regimes in a controlled culture system. **Aquaculture**, v. 253, p. 646–652, 2006.

NUNES, A. J. P.; SABRY-NETO, H.; SILVA, F. H. P.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; MASAGOUNDER, K. Multiple feedings enhance the growth performance and feed

efficiency of juvenile *Litopenaeus vannamei* when fed a low-fish meal amino acid-supplemented diet. **Aquaculture International**, v. 27, p. 337–347, 2019.

PANIGRAHI, A.; ESAKKIRAJ, P.; JAYASHREE, S.; SARANYA, C.; DAS, R. R.; SUNDARAM, M. Colonization of enzymatic bacterial flora in biofloc grown shrimp *Penaeus vannamei* and evaluation of their beneficial effect. **Aquaculture International**, v. 27, p.1835–1846, 2019.

PANDEY, R.; BEEK, A. T.; VISCHER, N. O. E.; SMELT, J. P. P.M.; BRUL, S.; MANDERS, E. M. M. Live cell imaging of germination and outgrowth of individual *Bacillus subtilis* Spores; the effect of heat stress quantitatively analyzed with Spore Tracker. **Plos one**, v. 8, n. 3. p. 1-10, 2013.

RODRIGUEZ, S. A. S.; GIL, B. G.; OLVERA, R. L.; LOZANO, M. B.; COVARRUBIAS, M. S. M. Field and Experimental Evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the Causative Agent of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease of Cultured Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Northwestern Mexico. *Applied and Environmental Microbiology*. v. 81, p. 1689–1699, 2015.

ROMANO, N.; DAUDA, A. B.; IKHSAN, N.; KARIM, M.; KAMARUDIN, M. S. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, v. 49, p. 3691-3701, 2018.

SAIDELLES, A. P. F.; SENNA, A. J. T.; KIRCHNER, R.; BITENCOURT, G. Gestão de resíduos sólidos na indústria de beneficiamento de arroz. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 5, p. 904 – 916, 2012.

SAMAN, P.; FUCIÑO, P.; VÁZQUEZ, J. A.; PANDIELLA, S. S. By-products of the rice processing obtained by controlled debranning as substrates for the production of probiotic bacteria. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 51, p. 167-176, 2019.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R.V.;

AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Engineering**, v. 36, p.184–191, 2007.

SAMOCHA, T. M.; WILKENFELD, J. S.; MORRIS, T. C.; CORREIA, E. S.; HANSON, T. Intensive raceways without water exchange analyzed for white shrimp culture. **Global Aquaculture Advocate**, v. 13, p. 22–24, 2010.

SAMOCHA, T. M.; PRANGNELL, D. I.; HANSON, T. R.; TREECE, G. D.; MORRIS, T. C.; CASTRO, L. F.; STARESINI, N. **Design and Operation of Super-Intensive Biofloc-Dominated Systems for the Production of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei***. 1th ed. The World Aquaculture Society, Louisiana, US, 2017.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R. 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**, v. 56, p. 59–70, 2013.

SERRA, F. P.; GAONA, C. A. P.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, p. 1325–1339, 2015.

SINDIRAÇÕES- Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. 4th ed. São Paulo, BR, 2013.

STRACKE, M. P.; KIECKOW, F.; SCHMIDT, J. Caracterização, tratamento e utilização da cinza da casca de arroz na produção de tinta. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, p. 324–334, 2018.

THOMSEN, M. H. Complex media from processing of agricultural crops for microbial fermentation. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 68, p. 598-606, 2005.

TRAN, L.; NUNAN, L.; REDMAN, R. M.; MOHNEY, L. L.; PANTOJA, C. R.;

FITZSIMMONS, K.; LIGHTNER, D. V. Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 105, p. 45-55, 2013.

VILANI, F. G.; SCHVEITZER, R.; ARANTES, R. F.; VIEIRA, F. N.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; SEIFFER, W. Q. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. **Aquacultural Engineering**, v. 74, p. 70-75, 2016.

WANG, C.; PAN, L.; ZHANG, K.; XU, W.; ZHAO, D.; MEI, L. Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks. **Aquaculture research**, v.47, p. 3307–3318, 2016.

WYK, P. V. **Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems**, p. 125-139. In: Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems (Eds. Wyk, P. V.; Davis-Hodgkins, M.; Laramore, R; Main, K. L. Mountain, J. and Scarpa, J.). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, USA, 1999.

CAPÍTULO 2

Fermentação de resíduos do beneficiamento de arroz como fonte de carbono no cultivo intensivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*

Fermentation of rice processing residues for the cultivation of Pacific shrimp, *Litopenaeus vannamei* in high density and minimal water exchange

Jordana Sampaio Leite ¹, Alann Guedes Coutinho¹, Caio Servulo Batista Melo¹, Alberto Jorge Pinto Nunes¹

¹LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Avenida da Abolição, 3207 – Meireles, Fortaleza, Ceará, 60.165-081, Brasil.

Artigo em processo de submissão para a Revista Aquaculture Research.

RESUMO

A tecnologia de cultivo de camarão em sistemas fertilizados com fontes de carbono e mínima troca de água tem sido apontada como uma alternativa mais sustentável ao sistema intensivo convencional de engorda. O princípio dos cultivos com mínima troca de água está baseado na adição de carbono orgânico na água para promover o desenvolvimento de microrganismos que consomem a matéria orgânica, melhoram o aproveitamento dos nutrientes e transformam os compostos nitrogenados dissolvidos em compostos menos tóxicos. Entre as diversas fontes de carbono, os resíduos da agroindústria possuem potencial elevado para serem utilizados como fonte de carbono devido à sua composição química. O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos dos resíduos da agroindústria do beneficiamento de arroz não fermentados, com resíduos fermentados e suplementados com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (s). Três misturas com diferentes concentrações de farelo, quirera e casca de arroz (F90, F110, F250), fermentados (f) e não fermentados, foram comparados com o melaço de cana-de-açúcar (MO), tendo como controle um tratamento não fertilizado (UNF). Camarões com $0,95 \pm 0,10$ g foram estocados em 49 tanques de $1,5 \text{ m}^3$ sob 127 animais/ m^2 e cultivados durante 70 dias. Os Sólidos Sedimentáveis estavam presentes em maior concentração nos tanques tratados com fertilizante fermentado com maior conteúdo de carboidratos e menor de fibras (F90f; $P < 0,05$). A concentração dos nutrientes na água de cultivo não apresentou diferença significativa entre os fertilizantes testados. Os camarões alcançaram uma sobrevivência final, crescimento semanal e produtividade de $89,7 \pm 0,04\%$, $1,02 \pm 0,09$ g/semana e $1822 \pm 136,41$ g/ m^2 , respectivamente. O fator de conversão alimentar (FCA) e o consumo aparente de ração alcançaram $1,39 \pm 0,08$ e $24,53 \pm 0,98$ g/camarão, respectivamente. Não foi detectado efeito estatisticamente significativo dos fertilizantes sob as variáveis zootécnicas. Os camarões cultivados sob os tratamentos F90f e F110fs alcançaram o maior peso corporal final ($11,65 \pm 0,93$ e $11,75 \pm 1,33$ g, respectivamente). Os camarões sob o tratamento F110f e UNF exibiram o menor peso corporal ($10,81 \pm 1,16$ e $10,87 \pm 0,73$ g, respectivamente). Desse modo, a utilização de subprodutos do beneficiamento de arroz fermentado, suplementado com levedura, é mais vantajosa do que os mesmos insumos não fermentados no cultivo intensivo do *L. vannamei*.

Palavras-chave: Fonte de carbono, Fertilização, Parâmetros zootécnicos.

ABSTRACT

The technology of shrimp farming in systems fertilized with carbon sources and minimal water exchange has been identified as a more sustainable alternative to the conventional intensive fattening system. The principle of crops with minimal water exchange is based on the addition of organic carbon in the water to promote the development of microorganisms that consume organic matter, improve the use of nutrients and transform the dissolved nitrogen compounds into less toxic compounds. Among the various carbon sources, agro-industrial waste has a high potential to be used as a carbon source due to its chemical composition. The objective of this study was to compare the effects of the residues of the agroindustry of the processing of unfermented rice with fermented residues, supplemented with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* (s). Three mixtures with different concentrations of Rice bran, rice grits, and rice hulls (F90, F110, F250), fermented (f) and non-fermented, were compared with sugarcane molasses (MO), with unfertilized tanks (UNF). Shrimp weighing 0.95 ± 0.90 g were stored in 49 1.5 m^3 tanks under 127 animals/ m^2 and grown for 70 days. Sedimentable Solids were present in greater concentration in tanks treated with fermented fertilizer with a higher carbohydrate content and less fiber (F90f; $P < 0.05$). The concentration of nutrients in the cultivated water did not differ significantly between the tested fertilizers. The prawns achieved final survival, weekly growth and productivity of $89.7 \pm 0.04\%$, 1.02 ± 0.09 g/week and 1822 ± 136.41 g/ m^2 , respectively. The feed conversion factor (FCR) and apparent feed intake reached 1.39 ± 0.08 and 24.53 ± 0.98 g/shrimp, respectively. There was no statistically significant effect of fertilizers on zootechnical variables. Shrimps grown under treatments F90f and F110fs reached the highest final body weight (11.65 ± 0.93 and 11.75 ± 1.33 g, respectively). The prawns under the F110f and UNF treatment showed the lowest body weight (10.81 ± 1.16 and 10.87 ± 0.73 g, respectively). In this way, the use of by-products from the processing of fermented rice, supplemented with yeast, is more advantageous than the same unfermented inputs in the intensive cultivation of *L. vannamei*.

Keywords: Carbon source. Fertilization. Zootechnical parameters.

2.1 INTRODUÇÃO

A intensificação dos cultivos nos últimos anos tornou a carcinicultura umas das atividades aquícolas de maior expansão em termos volumétricos (FAO, 2016). Nos sistemas tradicionais de cultivo, a elevada densidade de estocagem dos animais acarreta o acúmulo contínuo de material orgânico, ocasionando a deterioração da água e do solo podendo estimular o crescimento de patógenos de origem bacteriana ou viral, resultando na necessidade de troca da água (ROMANO, 2017). Uma abordagem viável para a melhoria da qualidade da água dos cultivos e a redução da geração de efluentes é a utilização de comunidades microbianas heterotróficas e nitrificantes que se desenvolvem nos viveiros por meio da adição de fertilizantes ricos em carbono (EMERENCIANO *et al.*, 2011).

A adição de fertilizantes com alto teor de carbono orgânico no sistema de cultivo estimula o crescimento da biomassa proteica bacteriana, possibilitando a assimilação de resíduos de amônia por bactérias nitrificantes para uma nova produção de biomassa (EKASARI *et al.*, 2014). Fontes de carbono como glicose, celulose, farinha de mandioca, melão de cana-de-açúcar, farelo de arroz, farelo de trigo e dextrose já foram avaliadas como alternativas para o desenvolvimento de comunidades microbianas em sistemas de cultivo (ASADUZZAMAN *et al.*, 2008; CRAB *et al.*, 2010; KRUMMENAUER *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2016).

Ao verificar as diferentes fontes de carbono disponíveis, os resíduos da agroindústria de beneficiamento de arroz possuem potencial para serem utilizados no cultivo de organismos aquáticos devido ao seu elevado teor de carboidratos e proteínas (LIMA *et al.*, 2000). Após a colheita e a limpeza, o arroz é transportado para indústrias beneficiadoras onde é submetido ao processo de descascamento e beneficiamento, que geram a casca, o farelo e a quirera (arroz quebrado) como principais resíduos (LORENZETT *et al.*, 2012). A concentração de carboidratos presentes nesses subprodutos é de 309, 528 e 874 g/Kg e de proteína bruta 23, 151 e 92 g/Kg, respectivamente (LEITE *et al.*, 2020).

O alto investimento no cultivo de camarão induz os produtores a procurar insumos mais baratos, que possam funcionar como fertilizantes orgânicos naturais. Porém, a elevada quantidade de carboidratos complexos na composição dos fertilizantes de origem vegetal torna esses fertilizantes pouco solúveis em água (ROMANO *et al.*, 2018). Uma alternativa à melhoria da disponibilidade e degradabilidade dos nutrientes presentes em resíduos agrícolas para o uso como fertilizantes são os processos fermentativos (ROMANO *et al.*, 2018). A

utilização de fungos ou bactérias fermentativas pode reduzir o conteúdo de fibra de carboidratos complexos pela produção de enzimas hidrolíticas, melhorando a solubilidade em água dos fertilizantes e aumentando a produtividade do meio (KARAKI *et al.*, 2016).

O processo de fermentação tem sido utilizado na desintoxicação biológica de resíduos agroindustriais, eliminação de fatores antinutricionais (KHAN; GHOSH, 2013) e para a manutenção da qualidade da água em cultivos aquícolas (Romano *et al.*, 2018). Sharawy *et al.* (2016) comprovaram que a fermentação do farelo de soja com *Saccharomyces cerevisiae* aumentou os teores de matéria seca, proteína bruta, carboidratos, cinzas e removeu fatores antinutricionais da soja para uso como alimento suplementar de camarão. Romano *et al.* (2018) utilizando farelo de arroz fermentado com *Bacillus megaterium* e *Bacillus licheniformis* demonstraram uma eficiência na remoção de amônia da água de cultivo do bagre *Clarias gariepinus*.

As vantagens de empregar leveduras (*S. cerevisiae*) como agentes transformadores são a simplicidade da técnica e a facilidade de disponibilizar nutrientes em cereais e derivados (RODRIGUES; SANT'ANNA, 2001) bem como à capacidade delas de se ajustarem metabolicamente à fermentação de açúcares em presença ou ausência de oxigênio (TORTORA *et al.*, 2000).

Desse modo, esse estudo teve como objetivo avaliar e comparar os efeitos dos resíduos do beneficiamento de arroz não fermentados e fermentados com a levedura *S. cerevisiae* sob o cultivo em alta densidade de estocagem de juvenis do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*, com mínima troca de água.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Local do estudo e condições experimentais

O estudo foi realizado nas instalações experimentais de cultivo de camarões marinhos do Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC) da Universidade Federal do Ceará no município do Eusébio (3°50'01,55" S e 38°25'22,74" W), Estado do Ceará.

O sistema de cultivo foi estruturado com 49 tanques circulares de 1,5 m³ (1,61 m² de área de fundo, 0,83 m de altura com 1,43 e 1,75 m de diâmetro de fundo e superfície, respectivamente). Cada tanque foi equipado com uma entrada e uma saída individual de água, aeração por um difusor de ar fabricado com mangueira flexível de 0,50 m microperfurada e um sistema automático de alimentação (NUNES *et al.*, 2018). Para minimizar a evaporação e

reduzir a incidência de luz solar, os tanques foram mantidos sob uma estufa com uma rede escura com 70% de sombreamento (sombrite 1007 PTO 70%, Equipisca Equipamentos de Pesca Ltda., Nova Odessa, Brasil).

Para a preparação da água de cultivo, os tanques foram inicialmente preenchidos com água salgada filtrada (salinidade de 32 g/L) e inoculados com 100 L de água de um berçário de camarões. Para a fertilização inicial foram utilizados 10 g/m³ de ração de camarão moída (Camanutri 35, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Brasil) a 500 µm.

Camarões com peso corporal de $0,95 \pm 0,10$ g (média \pm desvio padrão; $n = 9.996$) foram povoados na densidade de 127 animais/m² (204 camarões/tanque). Os animais foram alimentados diariamente, dez vezes ao dia, entre 07:00 e 17:00 h com uma ração para engorda de camarões marinhos (Density 38, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Brasil). As refeições foram ajustadas diariamente seguindo um ganho de peso estimado de 100 mg dia/camarão e uma queda semanal de 0,5% na sobrevivência em todas as dietas. Quinzenalmente (dias 15, 30, 45 e 60 de cultivo), a quantidade de ração foi corrigida pesando-se individualmente dez animais por tanque.

2.2.2 Preparação dos fertilizantes e protocolo de fermentação

Os subprodutos utilizados na composição dos fertilizantes (casca, farelo e quirera de arroz) foram escolhidos com base no estudo de Leite *et al.* (2020) e obtidos de uma indústria de beneficiamento de arroz (Sucesso Agroindústria Ltda., Eusébio, Brasil), cultivares IRGA 424 e PUITÁ INTA-CL. A composição bromatológica dos fertilizantes foi determinada de acordo com métodos estabelecidos pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (Tabela 1, SINDIRAÇÕES, 2013). Para a preparação das misturas foi utilizado um moinho a martelo (MCS 280, Moinhos Vieira, Tatuí, Brasil) que homogeneizou os subprodutos em malha de 500 µm. Para misturar os insumos foi utilizada uma amassadeira rápida (AR 25, G. Paniz, Caxias do Sul, Brasil) com um tempo de mistura de 10 minutos.

Tabela 1 - Composição química (g/kg, base seca) das misturas de subprodutos do arroz (F90, F110 e F250) e do melaço de cana-de-açúcar em pó (MO).

Composição ^a (g/kg)	Fertilizantes			
	F90	F110	F250	MO
Matéria Seca	888,5	896,2	898,1	930,3
Proteína bruta	105,1	115,7	70,0	36,3
Lipídeo	64,0	85,5	17,3	14,0
Fibra bruta	92,2	110,2	248,9	1,3
Nitrogênio	16,9	18,5	11,2	5,8
Cálcio	1,0	1,3	0,6	62,1
Fósforo	0,73	0,96	0,33	0,48
Potássio	5,5	7,1	3,6	29,2
Cinza	50,8	62,7	50,8	210,9
Resíduos insolúveis	17,6	23,8	36,5	9,7
Carboidratos totais	687,9	625,9	613,1	737,5
Carbono total	405	408	389	322
Relação C:N	24	22	35	55

^aAnálises realizadas seguindo os padrões do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2013).

Foram avaliadas três misturas de fertilizantes, a mistura F90 foi composta por 50% de quirera de arroz, 40% de farelo de arroz e 10% casca de arroz (como base). O aumento progressivo da fibra bruta foi obtido por meio de substituição de farelo de arroz por casca de arroz (Tabela 1). Os fertilizantes foram formulados para apresentar um valor aproximado de carbono, contudo, variando o conteúdo de fibra bruta, de forma a permitir um maior uso da casca de arroz na composição, pois a casca é o subproduto de menor valor econômico. Desta forma, os tratamentos foram identificados de acordo com a concentração de fibra de cada fertilizante (F90, F110 e F250).

Para a fermentação dessas misturas de subprodutos de arroz foi utilizado um concentrado de leveduras vivas *Saccharomyces cerevisiae* (cepa NCYC 996, Procreatin 7, Phileo Lesaffre Animal Care, Marcq-en-Baroeul, França). A fermentação dos resíduos do arroz foi realizada utilizando 17,66 g/m³ de água doce misturada com 0,06 g/m³ de fermento à

base de levedura (Procreatin 7) e $4,43 \text{ g/m}^3$ de fertilizante (F90f, F110f, F250f). Somente um fertilizante (F110fs) foi submetido a fermentação à base de levedura (Procreatin 7), acrescido de uma suplementação com parede celular de levedura, *S. cerevisiae* (Safmannan, Phileo Lesaffre Animal Care, Marcq-en-Baroeul, França). A parede celular possui uma composição rica em mananos e betaglucanos e foi incorporada em uma proporção de 1% ($0,0007 \text{ g/m}^3$) sob a quantidade do fermento. A fermentação foi realizada em béqueres mantidos em uma estufa a $25\text{-}27^\circ\text{C}$, com aeração constante, durante 24 h, sob pH entre 4,0 e 5,0. Após este período, o material fermentado foi adicionado na água de cultivo em proporção de $22,16 \text{ g/m}^3$ para manter uma elevada C:N próxima a 13:1 (AVNIMELECH, 1999).

O melão de cana-de-açúcar em pó (Indumel - Indústria e Comércio de Melão Ltda., Sertãozinho, SP) foi utilizado como controle positivo (MO). Para o comparativo dos efeitos do processo de fermentação sob o cultivo, um fertilizante não fermentado (F110) foi aplicado na água de cultivo na mesma proporção do controle positivo ($4,5 \text{ g/m}^3$). A água dos tanques submetidos ao controle negativo (UNF) não foi fertilizada. Ao longo do cultivo, os fertilizantes foram aplicados isoladamente três vezes por semana em função da concentração de sólidos sedimentáveis (SAMOCHA *et al.*, 2007).

2.2.3 Parâmetros de água

O sistema foi operado em condição estática, sem recirculação, porém com reposições de água salgada para compensar as perdas por evaporação. Durante o cultivo dos camarões foi realizada apenas uma troca de água, equivalente a 3% do volume total de cada tanque. O critério utilizado para realizar a troca de água foi baseado nos níveis de sólidos sedimentáveis (SS) sob concentração de 10-14 mL/L e sólidos suspensos totais (SST) de 250-350 mg/L, recomendados por Samocha *et al.* (2017).

A temperatura, pH, salinidade e oxigênio dissolvido (OD) foram mensurados diariamente na água de cada tanque de cultivo, alcançando uma média \pm desvio padrão de $28 \pm 0,83^\circ\text{C}$ ($n = 2.505$), $7,7 \pm 0,47$ ($n = 2.505$), $35 \pm 2 \text{ g/L}$ ($n = 2.505$) e $6,73 \pm 0,57 \text{ mg/L}$ ($n = 2.505$), respectivamente.

As concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total, nitrito, nitrato, fósforo total e sulfato ($n = 42$) foram determinadas a cada 15 dias. A concentração de amônia foi mensurada a partir do método (4500-NH₃ G) padronizado por Rice *et al.* (2012). O nitrito e o nitrato foram avaliados pelo método padronizado por Baumgarten *et al.* (1996). Foram avaliados também a

concentração de fósforo total (4500-P E) e sulfato (4500-SO₄²⁻ E) de acordo com Rice *et al.*, (2012). A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Alcalinidade foram avaliadas quinzenalmente de acordo com o método de Rice *et al.*, (2012), respectivamente. As análises de Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) foram determinados pelo método gravimétrico (RICE *et al.*, 2012). Os Sólidos Sedimentáveis (SS) foram medidos a cada dois dias em cones Imhoff de acordo com a metodologia padronizada por Rice *et al.* (2012).

2.2.4 Análise de clorofila-a

A Clorofila-a é comumente utilizada para a determinação da biomassa fitoplanctônica em sistemas de cultivo (GAONA *et al.*, 2011). A biomassa fitoplanctônica foi determinada nos diferentes tratamentos por meio da análise da concentração de pigmentos fotossintéticos, sendo a clorofila *a* o principal pigmento fotossintético de todos os organismos que fazem fotossíntese.

A quantificação da biomassa fitoplanctônica ($n = 42$) foi realizada através da determinação da concentração de Clorofila-a através da extração com acetona 90% e determinação da concentração pela absorbância medida em espectrofotômetro utilizando o método 10200 H (RICE *et al.*, 2012).

2.2.5 Parâmetro de desempenho zootécnico

Após 70 dias de cultivo, os animais foram contados e pesados individualmente. Com esses dados foram obtidos os seguintes parâmetros para o entendimento do efeito dos fertilizantes sob o desempenho zootécnico dos camarões:

1. Sobrevivência final (%) = (número final de camarões ÷ número inicial de camarões) x 100;

2. Crescimento semanal (g/semana) = (peso corporal final – peso corporal inicial) ÷ dias de cultivo) x 7;

3. Produtividade final (g/m²) = Biomassa adquirida (g) ÷ área do tanque (m²);

4. Fator de conversão alimentar = consumo de ração aparente por tanque ÷ biomassa adquirida por tanque;

5. Consumo aparente de ração (g de ração/camarão estocado) = (quantidade total de ração seca ingerida ÷ número inicial de camarões);

2.2.6 Análise estatística

O efeito dos fertilizantes orgânicos fermentados e não fermentados sob os parâmetros físico-químicos da água e sob os parâmetros de desempenho zootécnico foram analisados pela análise ANOVA Univariada. Quando diferenças significativas foram detectadas, estas foram comparadas duas a duas com o teste *a posteriori* de Tukey HSD. Para avaliar o efeito dos tratamentos experimentais nos dias de cultivo sob a qualidade da água foi utilizado o método de análise multivariado. O nível de significância de 5% foi aplicado em todas as análises estatísticas. Para as análises foi utilizado o pacote estatístico SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Análises da qualidade da água

A concentração dos sólidos sedimentáveis (SS) variou ao longo do cultivo em todos os tratamentos experimentais. Houve um aumento progressivo nos SS a partir do 23º dia e uma pequena redução no 65º dia quando houve uma troca de água de 3% do volume total (Figura 1). A menor concentração média de SS foi alcançada com o tratamento não fermentado F110 ($0,9 \pm 0,67$ mL/L) e a maior com o tratamento fermentado F90f ($6,0 \pm 2,20$ mL/L).

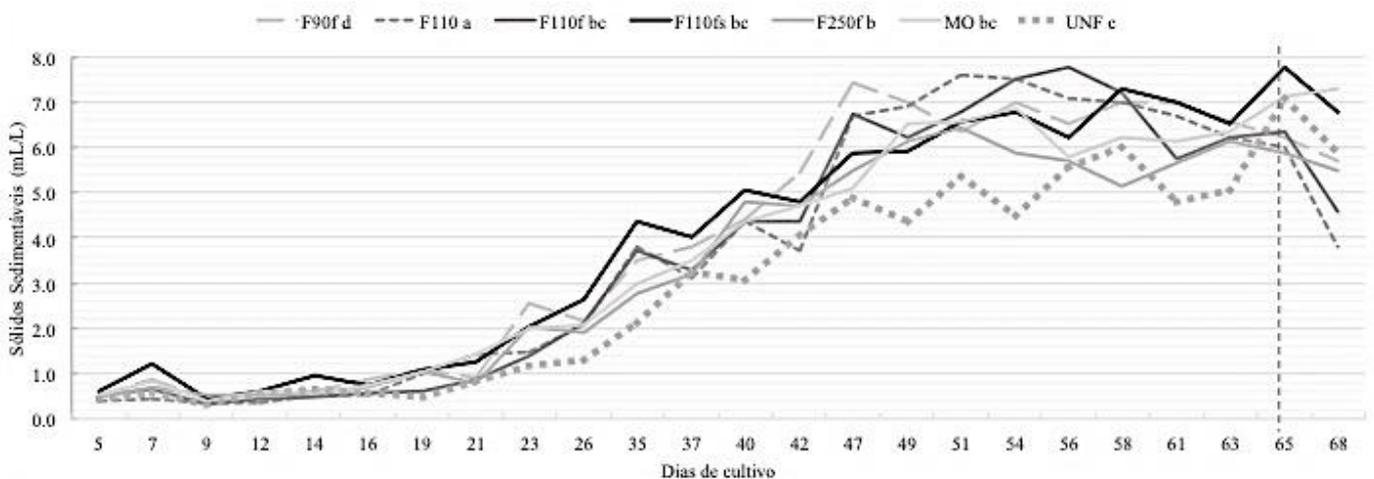


Figura 1- Variação da concentração (mg/L) dos sólidos sedimentáveis (SS) durante dos 70 dias de cultivo. Letras diferentes na legenda representam diferença estatística nos SS ($P < 0,05$) entre os fertilizantes de acordo com o teste de Tukey HSD.

As concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total ($0,06 \pm 0,03$ mg/L), nitrito ($0,17 \pm 0,19$ mg/L) e nitrato ($2,86 \pm 1,81$ mg/L) não apresentaram diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$). Porém, ao longo do cultivo foi possível verificar diferenças estatísticas entre os períodos de análises (15, 30 e 45 dias) com redução da concentração de amônia e o aumento da concentração de nitrito e nitrato ao longo do cultivo, resultando em um processo de nitrificação em todos os tratamentos com fertilizantes (EBELING *et al.*, 2006; Figura 2).

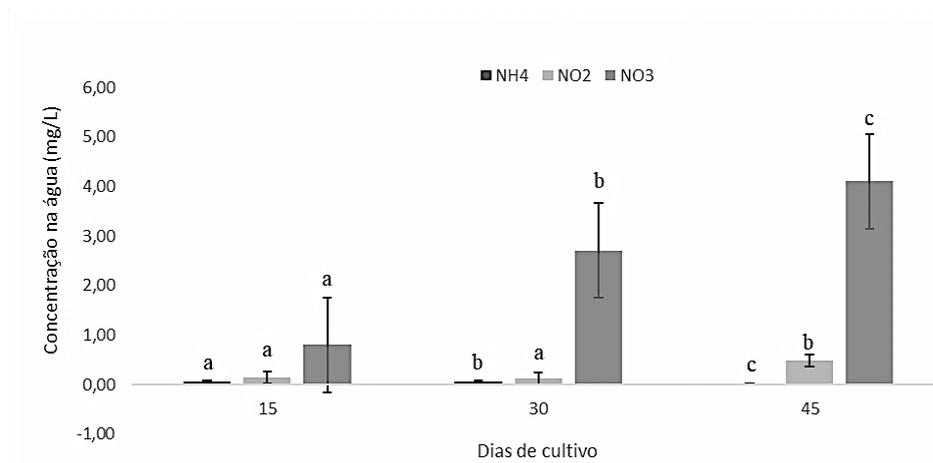


Figura 2 - Variação da concentração (mg/L) dos compostos nitrogenados entre os períodos de análise quinzenal. Letras diferentes representam diferença estatística na concentração dos compostos nitrogenados ($P < 0,05$) entre os períodos de cultivo de acordo com o teste de Tukey HSD.

Não houve diferença significativa na concentração (média \pm desvio padrão) dos sólidos suspensos totais (SST, 902 ± 160 mg/L, $n = 42$) e na alcalinidade (140 ± 60 mg de CaCO_3/L , $n = 42$) entre os tratamentos experimentais. Em relação aos dias de cultivo foi possível verificar uma redução da alcalinidade e um aumento dos SST ($P < 0,05$; Tabela 2).

Comparando as médias das concentrações dos sólidos suspensos em relação a sua característica química (SSF e SSV) não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 2). Houve diferença estatística da concentração de SSF e SSV somente ao longo do cultivo, com um aumento da concentração de SSF em todas as fases e um aumento de SSV somente na fase final do cultivo. Apesar da alta concentração de sólidos suspensos na água de cultivo é possível perceber a dominância dos sólidos fixos ($675 \pm 141,9$; $n = 42$) em relação aos voláteis ($206,7 \pm 70,3$; $n = 42$).

Tabela 2 – Valores de alcalinidade, concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST), Fixos (SSF) e Voláteis (SSV) entre os diferentes tratamentos experimentais. Valores representam média (\pm desvio padrão) de 42 leituras ao longo de 70 dias. Valores de *P* refere-se a Análise Bivariada (ANOVA Multivariada).

Fertilizante	Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	SST (mg/L)	SSF (mg/L)	SSV (mg/L)
F90f	149,1 \pm 74,46	844,2 \pm 172,26	675,0 \pm 152,32	206,7 \pm 108,08
F110	184,1 \pm 41,64	925,8 \pm 190,35	671,1 \pm 142,67	201,7 \pm 79,37
F110f	156,6 \pm 69,33	895,8 \pm 170,13	667,8 \pm 107,76	198,9 \pm 57,11
F110fs	146,6 \pm 68,82	870,0 \pm 216,17	678,3 \pm 141,99	198,3 \pm 70,31
F250f	163,3 \pm 61,45	902,5 \pm 188,20	702,8 \pm 187,03	212,2 \pm 65,00
MO	166,6 \pm 60,30	961,7 \pm 85,00	733,3 \pm 106,18	217,2 \pm 61,50
UNF	143,3 \pm 67,72	908,3 \pm 147,16	655,0 \pm 116,67	211,7 \pm 104,16
<i>P</i> ANOVA	Alcalinidade	SST	SSF	SSV
Dia de cultivo	0,001	0,001	0,001	0,001
Fertilizante	0,936	0,937	0,891	0,892
Dia x Fert.	0,001	0,001	0,001	0,001

As variações nas concentrações de fósforo total ($0,8 \pm 3,48$ mg/L), sulfato ($2,56 \pm 1,62$ mg/L) e clorofila *a* ($0,06 \pm 0,03$ μ g/L) não diferiram estatisticamente entre os fertilizantes testados ($P > 0,05$; Tabela 3). Contudo, em relação aos dias de cultivo foi evidenciado diferença estatística com um aumento da concentração de fósforo total e sulfato na água de cultivo em todos os tratamentos ($P < 0,05$).

A DBO diferiu entre os tratamentos ($P < 0,05$) apresentando maiores valores de DBO os tanques fertilizados com F90f e MO (Tabela 3). Em relação às fases do cultivo houve um aumento de DBO em todos os tratamentos ($P < 0,05$).

Tabela 3 – Concentração de Fósforo total, Sulfato, Clorofila *a* e DBO na água de cultivo. Valores representam média (\pm desvio padrão) de 42 leituras ao longo de 70 dias. Valores de *P* refere-se a Análise Bivariada (ANOVA Multivariada).

Fertilizante	Fósforo (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (μ g/L)	DBO (mg/L)
F90f	10,34 \pm 10,6	2578,1 \pm 123,88	0,06 \pm 0,01	66,90 \pm 22,99ab
F110	8,66 \pm 7,79	2606,9 \pm 208,30	0,09 \pm 0,06	40,70 \pm 6,91a
F110f	8,29 \pm 8,82	2625,1 \pm 180,99	0,06 \pm 0,01	49,10 \pm 19,56a
F110fs	10,38 \pm 9,41	2605,0 \pm 140,96	0,05 \pm 0,02	47,90 \pm 35,60a
F250f	10,11 \pm 9,32	2542,2 \pm 163,71	0,06 \pm 0,02	46,93 \pm 27,63a
MO	9,41 \pm 8,84	2583,8 \pm 176,70	0,05 \pm 0,04	97,90 \pm 36,77b
UNF	9,14 \pm 7,68	2527,6 \pm 206,34	0,07 \pm 0,01	37,6 \pm 9,68a
<i>P</i> ANOVA	Fósforo	Sulfato	Clorofila <i>a</i>	DBO
Dia de cultivo	0,001	0,001	0,109	0,001
Fertilizante	0,999	0,817	0,167	0,003
Dia x Fert.	0,001	0,797	0,830	0,001

2.3.2 Parâmetros zootécnicos

Os camarões alcançaram uma sobrevivência final, crescimento semanal e produtividade de 89,7 \pm 0,04%, 1,02 \pm 0,09 g/semana e 1822 \pm 136,41 g/m², respectivamente (Tabela 4). O fator de conversão alimentar (FCA) foi em média de 1,39 \pm 0,08 e o consumo aparente de ração (AFI) foi de 24,53 \pm 0,98 g/camarão. Não foi detectado efeito estatisticamente significativo dos fertilizantes sobre essas variáveis zootécnicas ($P > 0,05$). Porém, foi observada diferença estatística no peso corporal final dos camarões entre os tratamentos ($P < 0,05$). Os camarões cultivados sob os tratamentos F90f e F110fs alcançaram o maior peso corporal final (11,65 \pm 0,93 e 11,75 \pm 1,33 g, respectivamente). Esses tratamentos foram acompanhados do F110 (11,52 \pm 0,87 g) seguidos pelos tratamentos F250f e MO (11,12 \pm 0,79 e 11,05 \pm 0,40 g, respectivamente). Os camarões sob o tratamento F110f e UNF exibiram o menor peso corporal (10,81 \pm 1,16 e 10,87 \pm 0,73 g, respectivamente).

Tabela 4 – Desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* após 70 dias de cultivo. Valores de $P < 0,05$ representam diferença estatística segundo o teste de Tukey HSD. Valores representam a média (\pm desvio padrão) de sete tanques de cultivo.

Fertilizante	Sobrevivência (%)	Peso corporal final (g)	Crescimento (g/semana)	Produtividade (g/m ²)	FCA	AFI (g/camarão)
F90f	88,9 \pm 1,86a	11,65 \pm 1,97de	1,07 \pm 0,04a	1876 \pm 53,3a	1,35 \pm 0,03a	24,80 \pm 0,4a
F110	87,7 \pm 0,97a	11,52 \pm 1,86d	1,05 \pm 0,04a	1827 \pm 68,7a	1,38 \pm 0,04a	24,63 \pm 0,5a
F110f	90,1 \pm 1,67a	10,81 \pm 1,94a	0,99 \pm 0,04a	1753 \pm 51,1a	1,40 \pm 0,02a	23,93 \pm 0,4a
F110fs	87,7 \pm 3,30a	11,75 \pm 2,11e	1,09 \pm 0,05a	1867 \pm 66,8a	1,38 \pm 0,04a	25,16 \pm 0,4a
F250f	89,6 \pm 0,72a	11,12 \pm 1,79c	1,01 \pm 0,03a	1797 \pm 49,6a	1,37 \pm 0,03a	24,07 \pm 0,2a
MO	90,2 \pm 1,21a	11,05 \pm 1,76bc	1,01 \pm 0,02a	1798 \pm 37,1a	1,38 \pm 0,02a	24,34 \pm 0,5a
UNF	91,4 \pm 1,11a	10,87 \pm 1,79a	0,99 \pm 0,03a	1793 \pm 50,1a	1,37 \pm 0,03a	24,03 \pm 0,3a
<i>P</i> ANOVA	0,764	0,001	0,303	0,656	0,982	0,145

2.4 DISCUSSÃO

As diferentes fontes de carbono mantiveram os parâmetros físico e químicos de qualidade da água em uma faixa recomendável para a fase de crescimento do camarão (SHARAWY *et al.*, 2016) garantindo um ambiente de cultivo de qualidade apesar da elevada densidade e da mínima troca de água.

Em sistemas de cultivo com alta densidade e reduzida troca de água existe uma tendência de acumulação de SST, pois esses sólidos são menos suscetíveis à degradação microbiana (VINATEA *et al.*, 2010). Ao longo do período de engorda ocorreu um acúmulo constante de sólidos em suspensão na água atingindo valores superiores a 350 mg/L (SAMOCHA *et al.*, 2017). Os sólidos em excesso podem trazer efeitos negativos para a sobrevivência e para o crescimento dos camarões (SCHVEITZER *et al.*, 2013; VINATEA *et al.*, 2010). Desse modo, é necessário que haja uma retirada de sólidos por meio de uma renovação de água para manter o sistema de cultivo saudável para os animais cultivados (RAY *et al.*, 2010), justificando a renovação de 3% do volume de água no septuagésimo dia de cultivo. Apesar da constante fertilização orgânica os SSV estavam em menores concentrações quando comparados aos SSF devido à elevada salinidade do meio de cultivo (35 ± 2 g/L).

Os sólidos sedimentáveis foram mantidos em concentrações abaixo de 10 mL/L apesar das constantes fertilizações. Esse controle de sólidos demonstra a eficiência da fermentação dos fertilizantes e evidencia a atividade metabólica dos microrganismos presentes no meio de cultivo (EMERENCIANO *et al.*, 2011). A partir do vigésimo terceiro dia de cultivo foi verificado um aumento de sólidos sedimentáveis no sistema indicando o período de início da geração de flocos microbianos e estabilização dos parâmetros do meio (AVNIMELECH, 2007).

Todos os tratamentos apresentaram aumento da formação de sólidos durante as etapas do cultivo decorrente da geração de resíduos. O fertilizante (F110) apresentou menores concentrações de SS pois, esse fertilizante por não ter sido fermentado, manteve uma grande concentração de sólidos pesados que acumularam no fundo dos tanques.

A análise de DBO foi utilizada como indicativo da quantidade de carbono biodegradável. Essa análise determina de forma indireta a concentração de matéria orgânica no meio (VON SPERLLING, 2005). Os tratamentos MO e o F90f, tiveram maiores valores de DBO, resultando em um ambiente de cultivo com maior capacidade de acumular matéria

orgânica. A elevada DBO nesses cultivos está diretamente relacionada com a elevada concentração de carboidratos presentes nesses fertilizantes (737,5 e 687,9 g/Kg, respectivamente) pois, os carboidratos biodisponíveis são utilizados para o crescimento microbiano (HARGREAVES, 2006).

Uma menor concentração de fibras e maior conteúdo de carboidratos no fertilizante fermentado favoreceu uma maior produção de SS e maior nível de DBO. Isso foi observado no fertilizante F90f, evidenciando a disponibilização de nutrientes por meio do processo fermentativo e no controle MO. Aqueles fertilizantes fermentados ou não, com elevadas concentrações de fibra bruta entre 110 e 250 g/kg (F110, F110f, F110fs e F250), exibiram um nível de DBO similar ao UNF. Isto sugere que nesses tratamentos ocorreu uma menor atividade biológica.

Os níveis de amônia e nitrito podem ser tóxicos, mas, durante as fases do cultivo, esses níveis foram mantidos dentro dos limites de segurança determinados por Lin e Chen (2001, 2003). As baixas concentrações de amônia ao final do cultivo e o aumento das concentrações de nitrito e nitrato na água em todos os tratamentos experimentais, sugere que os sistemas fertilizados promoveram a nitrificação evidenciada pelo aumento de nitrato ao longo das semanas (EBELING *et al.*, 2006). As baixas concentrações de nitrito em todos os fertilizantes indicam a oxidação completa da amônia a nitrato (COHEN *et al.*, 2005) e sugerem que o sistema está maduro em termos de nitrificação.

Em todo os fertilizantes foi possível verificar um acúmulo de fósforo total no meio, sendo esse acúmulo esperado, pois em cultivos sem troca de água e em tanques sem contato com sedimento, existe uma tendência de aumento desse nutriente (CASILAS-HERNANDES *et al.*, 2006). O acúmulo de fósforo não gera efeitos no sistema de cultivo, pois a sua toxicidade é nula para os camarões, porém altas concentrações devem ser evitadas devido a outros fatores como a proliferação de cianobactérias (ANDERSON *et al.*, 2002).

O sulfato foi mantido em altas concentrações no meio de cultivo. Esse íon é essencial para os mecanismos de osmorregulação, pois os camarões marinhos requerem concentrações específicas de sulfato favoráveis ao desenvolvimento (GODÍNEZ-SIORDIA *et al.*, 2011).

As concentrações de clorofila *a* em sistemas tradicionais de cultivo de camarão são mantidas entre 50 a 200 µg/L (BOYD, 2000). A utilização de fertilizantes à base de arroz e o melaço não gerou aumento descontrolado do fitoplâncton, mantendo as concentrações de clorofila *a* inferiores 1 µg/L, mesmos nas fases finais do cultivo. A baixa concentração de

fitoplâncton no sistema, apesar das constantes fertilizações, garantiu um meio de cultivo heterotrófico com melhor ciclagem de nutrientes.

Existem pouco estudos relacionando o efeito da fermentação de fontes de carbono sob os parâmetros zootécnicos e sob a qualidade de água para o cultivo de camarão (SHARAWY *et al.*, 2016), demonstrando a necessidade dos mesmos para um melhor emprego de fontes de carbono fermentadas em sistemas intensivo de cultivo de peneídeos.

Durante os 70 dias da fase de crescimento, com uma sobrevivência média de $89,7 \pm 0,04\%$, podemos afirmar que nenhuma evidência aparente de elevada mortalidade foi observada.

Os resultados zootécnicos indicaram que a fermentação com *S. cerevisiae* promoveu um peso final significativamente maior ($P < 0,05$) quando comparado ao melaço de cana-de-açúcar em pó e ao controle negativo. Esse resultado está relacionado com a melhor disponibilização de nutrientes dos fertilizantes, pois o processo de fermentação promove a quebra de polissacarídeos complexos (BELEWU *et al.*, 2011). Além disso, pode ter ocorrido uma redução no teor de fibra dos fertilizantes com resíduos de arroz fermentado devido à ação de enzimas liberadas pelas leveduras que degradam fibras facilitando a metabolização dos nutrientes (SUPRIYATI *et al.*, 2015), podendo ser utilizado como alimento para os camarões. Em estudo similar realizado por Sharawy *et al.* (2016), utilizando farinha de soja comercial fermentada com *S. cerevisiae*, os autores indicaram que a fermentação promoveu um aumento de proteína bruta e lipídeo além de reduzir as fibras presentes na farinha de soja, contribuindo para a nutrição dos camarões.

A suplementação com a parede celular de levedura rica em mananoligossacarídeo e betaglucano promoveu o maior peso final dos camarões cultivados (F110fs). A ação benéfica desses suplementos foi comprovada por Hisano *et al.* (2008), quando comprovou o ganho de peso dos camarões alimentados com dieta contendo mananoligossacarídeo e betaglucano, derivado de levedura, sendo significativamente maior do que os camarões alimentados com as dietas não suplementadas. A ação desses suplementos está relacionada à propriedade imunoestimulante do camarão (CHANG *et al.*, 2000) e devido a possível ingestão do fertilizante e dos flocos, podendo ter contribuído para melhoria da microbiota intestinal dos camarões otimizando o aproveitamento da ração.

2.5 CONCLUSÃO

De acordo os resultados obtidos os fertilizantes fermentados desenvolvem uma microbiota no meio de cultivo elevando as concentrações de sólidos levando ao aumento da DBO, os sólidos gerados com o uso de fertilizantes fermentados e suplementados com leveduras são consumidos, pois os camarões cultivados sob os tratamentos F90f e F110fs alcançaram o maior peso corporal final ($11,65 \pm 0,93$ e $11,75 \pm 1,33$ g, respectivamente). Desse modo, a utilização de subprodutos do beneficiamento de arroz fermentado, suplementado com levedura, é mais vantajosa do que os mesmos insumos não fermentados no cultivo intensivo do *L. vannamei*.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D.; GLIBERT, P.; BURKHOLDER, J. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. **Estuaries and coasts**, v. 25, p. 704-726, 2002.
- ASADUZZAMAN, M., WAHAB, M. A., VERDEGEM, M. C. J., HU QUE S., SALAM, M.A., & AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, p.117-12, 2008.
- ASADUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M.; AZIN, M. E.; ASHRAFUL ISLAM, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M. C. J.; VERRETH, J. A. J. Effect of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, v. 306, p.127-136, 2010.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140- 147, 2007.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. Manual de análises em Oceanografia Química. Ed. FURG, Rio Grande, 132p, 1996.
- BELEWU, M. A.; AHMED, O.; IBRAHIM, S. O. Solid state fermentation of *Jatropha curcas* kernel cake with cocktail of fungi. **International Journal of Biosciences**, v. 1, p.12–19, 2011.
- BOYD, C. E. Manejo da Qualidade da Água na Aquicultura e no Cultivo de Camarão. Recife: Associação Brasileira de Criadores de Camarão - ABCC. pp. 87-158, 2000.
- CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 559-567, 2010.
- COHEN, J.; SAMOCHA, T.; FOX, J.; GANDY, R.; LAWRENCE, A. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, p. 425-442, 2005.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, p. 346-358, 2006.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. **Aquaculture International**, v.19, p. 891-901, 2011.

EKASARI, J.; AZHAR, M. H.; SURAWIDJAJA, E. H.; NURYATI, S.; SCHRYVER, P.; BOSSIER, P. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 41, p. 332-339, 2014.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: **Contributing to food security and nutrition for all**. Rome. 2016. 200 p. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso: 24 jan. 2018.

GAONA, C. A. P.; POERSCH, L. H.; KRUMMENAUER, D.; FOES, G. K.; WASIELESKY, W. J. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, v. 12, p. 54-73, 2011.

GODÍNEZ-SIORDIA, D. E.; CHÁVEZ-SÁNCHEZ, M. C.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S. Epicontinental aquaculture of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). REVIEW. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 14, p. 55 –62, 2011.

HISANO, H., FALCON, D. R., BARROS, M. M., PEZZATO, L. E. Influence of yeast and yeast derivatives on growth performance and survival of juvenile prawn *Macrobrachium amazonicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, p. 657-662, 2008.

KARAKI, N.; ALJAWISH, A.; HUMEAU, C.; MUNIGLIA, L.; JASNIEWSKI, J. Enzymatic modification of polysaccharides: Mechanisms, properties and potential applications: A review. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 90, p. 1–18, 2016.

KHAN, A.; GHOSH, K. Evaluation of phytase production by fish gut bacterium, *Bacillus subtilis* for processing of Ipomea aquatic leaves as probable aquafeed. **Journal of aquatic food product technology**, v. 22, p. 508–519, 2013.

KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, 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, p. 726-733, 2011.

LEITE, J. S.; MELO, C. S. B.; NUNES, A. J. P. Utilization of rice by-products as carbon sources in high-density culture of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. 1-10, 2020.

LIN, Y.C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, p. 109-119, 2001.

LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, 193-201, 2003.

LIMA, G. J. M. M.; MARTINS, R. R.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. **Embrapa Suínos e Aves**, Comunicado Técnico, v. 244, p. 1-2, 2000.

LORENZETT, D. B.; NEUHAUS, M.; SCHWAB, N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, p. 219-232, 2012.

NUNES, A. J. P.; SABRY-NETO, H.; SILVA, F. H. P.; OLIVEIRA-NETO, A. R. O.; MASAGOUNDER, K. Multiple feedings the growth performance and feed efficiency of juvenile *Litopenaeus vannamei* when fed a low-fish meal amino acid-supplemented diet. **Aquaculture Internacional**, v. 26, p. 1-11, 2018.

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.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; CLESCERI, L. S. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

RODRIGUES, A. M.; SANT'ANNA, E. S. Efeito do cloreto de sódio na produção de proteínas (*Saccharomyces cerevisiae*) em fermentação semi-sólida. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 57-62, 2001.

ROMANO, N. Aquamimicry: um conceito revolucionário para o cultivo de camarão. **Revista ABCC**, v. 19, p. 26-28, 2017.

ROMANO, N.; DAUDA, A. B.; IKHSAN, N.; KARIM, M.; KAMARUDIN, M. S. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, v. 49, p. 1-11, 2018.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A.; BURGER, M.; ALMEIDA, R.V.; AYUB, Z., HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Engineer**, v. 36, p. 184–191, 2007.

SAMOCHA, T. M.; PRANGNELL, D. I.; HANSON, T. R.; TREECE, G. D.; MORRIS, T. C.; CASTRO, L. F.; STAREZINIC, N. Design and Operation of Super-Intensive Biofloc-Dominated Systems for the Production of Pacific White Shrimp. 1th ed. The World Aquaculture Society, Louisiana, US, 2017.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; BALOI, M. F.; COSTODIO P. F. S.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. **Aquacultural Engineering**, v. 54, p. 93-103, 2013.

SHARAWY, Z.; GODA, A. M. A. S.; HASSAN, M. S. Partial or total replacement of fish meal by solid state fermented soybean meal with *Saccharomyces cerevisiae* in diets for Indian prawn shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Postlarvae. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 90-99, 2016.

SINDIRAÇÕES- Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. 2013. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. 4th ed. São Paulo, BR.

SUPRIYATI, H. T.; SUSANTI, T.; SUSANA, I. W. R. Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. *Asian- Australasian Journal of Animal Science*, v. 28, p. 231–238, 2015.

TORTORA, G. F.; BERDELL, R.; CASE, C. L. Microbiologia. In: *Fungos, Algas, Protozoários e Parasitas Multicelulares*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 320-358.

VINATEA, L.; GÁLVEZ, A. O.; BROWDY, C. L.; STOKES, A.; VENERO, J.; HAVEMAN, J.; LEWIS, B. L.; LAWSON, A.; SHULER, A.; LEFFLER, J. W. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. ***Aquacultural Engineering***, v. 42, p. 17-24, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.

WANG C.; PAN, L.; ZHANG K.; XU, W.; ZHAO, D.; MEI, LIN. Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks. ***Aquaculture Research***, v. 47, p. 3307–3318, 2016.

CAPÍTULO 3

Pellets* a base de grãos fermentados reduzem a oferta de ração no cultivo intensivo de juvenis do *Litopenaeus vannamei

Fermented grain-based pellets spare feed in the intensive culture of juvenile *Litopenaeus vannamei*

Jordana Sampaio Leite¹, Alann Guedes Coutinho¹, Simone Sales Pinheiro¹, Alberto Jorge Pinto Nunes¹

¹LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Avenida da Abolição, 3207 – Meireles, Fortaleza, Ceará, 60.165-081, Brasil.

RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar o efeito de diferentes porcentagens de substituição da ração convencional por *pellets* a base de grãos fermentados em estado sólido (0, 25, 50, 75 e 100%) produzidos com arroz quebrado, farelo de soja, remoído de trigo, farelo de arroz e melação de cana-de-açúcar, todos subprodutos da agroindústria. Camarões com $1,15 \pm 0,12$ g foram estocados em 35 tanques de $1,0 \text{ m}^3$ sob 133 animais/ m^2 . Após 77 dias, a sobrevivência final dos camarões alcançou $89,3 \pm 5,7\%$, não sendo influenciada pelo percentual de substituição da ração ($P > 0,05$). Os demais parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões alimentados com 25% de substituição de ração pelos *pellets* de grãos fermentados não se diferenciaram estatisticamente do tratamento sem nenhuma substituição. O peso corporal final ($12,64 \pm 2,54$ e $11,71 \pm 1,86$ g), crescimento semanal ($1,06 \pm 0,14$ e $0,97 \pm 0,06$ g/semana), o ganho de produtividade (1.365 ± 148 e 1.290 ± 87 g/ m^2) e o FCAt ($1,32 \pm 0,11$ e $1,63 \pm 0,07$) não se diferenciaram entre 0 e 25%, respectivamente. O presente trabalho indicou que é possível substituir a ração em até 25% por *pellets* a base de grãos fermentados sem comprometimento do peso corporal, crescimento, produtividade e FCAt de juvenis do *L. vannamei* cultivado em alta densidade e sem troca de água. Substituições mais elevadas resultam em perdas significativas no desempenho zootécnico dos camarões, com exceção da sobrevivência. O mecanismo para a manutenção dos parâmetros zootécnicos na substituição de 25% se deu pela contribuição dos *pellets* sobre a nutrição dos camarões, seja através da ingestão direta dos *pellets* e/ou do alimento natural na água e da borda dos tanques.

Palavras-chave: Cultivo de camarão, Resíduos da agroindústria, Ração.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify the effect of different replacement levels (0, 25, 50, 75 and 100%) of a practical feed for grain-based pellets that underwent solid state fermentation produced with broken rice, soybean meal, wheat wheat, rice bran and sugar cane molasses, all by-products of the agribusiness. Shrimp of 1.15 ± 0.12 g were stocked in 35 tanks of 1.0 m^3 under 133 animals/m^2 . After 77 days, final shrimp survival reached $89.3 \pm 5.7\%$, unaffected by the percentage of feed replacement ($P>0.05$). The other growth performance parameters when feed was replaced at 25% did not differ statistically from the treatment without any substitution. Final body weight (12.64 ± 2.54 and 11.71 ± 1.86 g), weekly growth (1.06 ± 0.14 and 0.97 ± 0.06 g/week), yield ($1,365 \pm 148$ and $1,290 \pm 87 \text{ g/m}^2$) and the FCRt (1.32 ± 0.11 and 1.63 ± 0.07) did not differ between 0 and 25%, respectively. The present study indicated that it is possible to replace a practical feed by fermented grain-based pellets up to 25% without compromising shrimp final body weight, growth, productivity and FCRt of juveniles of *L. vannamei* reared under density. Higher replacements result in a significant loss in the growth performance, with the exception of survival. The mechanism for maintaining the growth performance at 25% replacement was likely due to the contribution of the grain-pellets to shrimp nutrition, either through its direct ingestion and/or the increase in the availability of natural food in water.

Key-words: Shrimp farming. Agro-industrial waste. Feed.

3.1 INTRODUÇÃO

A ração utilizada para o cultivo de organismos aquáticos consiste no maior custo da atividade, representando entre 30% a 70% do total (MUZINIC *et al.*, 2006; DOSSOU *et al.*, 2018). Uma estratégia para a redução de custos nas dietas de organismos aquáticos é a utilização de ingredientes não convencionais, como exemplo, as proteínas de resíduos de origem vegetal, pois os resíduos vegetais são bastante viáveis devido a ampla disponibilidade e possuem baixo valor comercial (SHARAWY *et al.*, 2016).

Em todo o mundo, a agroindústria produz grandes quantidades de resíduos, líquidos e sólidos. Esses resíduos são um problema, pois é necessária uma disposição final adequada, devido ao seu potencial poluente, além de representarem, muitas vezes, perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Diferente do que acontecia no passado, quando resíduos eram dispostos em aterros sanitários ou utilizados sem tratamento para ração animal, atualmente existe um incentivo ao aproveitamento e bioconversão de subprodutos (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROM, 2003).

A utilização de resíduos agrícolas como fonte de proteína vegetal para o setor aquícola possui restrições devido à presença de fatores antinutricionais como os fitatos e os inibidores de tripsina e lecitina, que inibem a atividade das enzimas digestivas (GEMEDE; RATTA, 2014). Uma alternativa à desintoxicação vegetal e à eliminação de fatores antinutricionais, bem como à biodisponibilização de nutrientes, são os processos fermentativos que consistem na utilização de microrganismos para realizar as transformações no substrato mediante suas atividades metabólicas (DAUDA *et al.*, 2017). A tecnologia de fermentação em estado sólido (FES) é utilizada para melhorar a qualidade nutritiva de subprodutos agroindustriais, sendo utilizada pela indústria de nutrição de organismos aquáticos (IMELDA; PAULRAJ, 2003), melhorando a digestibilidade de nutrientes (CHO *et al.*, 2007; VIDOTTI; CARNEIRO; VIEGAS, 2002) e enriquecendo a qualidade das proteínas (ODUGUWA; EDEMA; AYENI, 2008).

Sharawy, Goda e Hassaan (2016) demonstraram que a fermentação em estado sólido de farelo de soja por leveduras (*S. cerevisiae*) aumentou os teores de matéria seca, proteína bruta, carboidratos e cinzas. Os antinutrientes como o ácido fítico e as concentrações de inibidor de tripsina na soja fermentada, foram significativamente reduzidos, demonstrando que a fermentação em estado sólido pode ser uma abordagem útil para remover fatores antinutricionais da soja para uso como ingrediente para ração de camarão (SHARAWY;

GODA; HASSAAN, 2016). As vantagens da utilização de leveduras (*S. cerevisiae*) como agente transformador são a simplicidade da técnica e a facilidade de disponibilizar nutrientes em cereais e derivados (RODRIGUES; SANT'ANNA, 2001).

Desse modo, é necessário avaliar e restabelecer meios de melhorar o valor nutricional dos alimentos vegetais para sua maior utilização na aquicultura, além de garantir a saúde e o bem-estar dos animais cultivados, e desenvolver conhecimento para a utilização direta em cultivos como parciais substituintes da ração. Esses esforços resultarão na redução da dependência de alimentos de origem animal para os cultivos e no aumento da sustentabilidade da aquicultura. Com isso, o objetivo desse estudo foi verificar o efeito de diferentes porcentagens de substituição da ração convencional por *pellets* a base de grãos fermentados no cultivo com zero troca de água e alta densidade de estocagem de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Composição da ração e dos *pellets* a base de grãos

Inicialmente foi formulada uma ração prática para atender as exigências nutricionais de juvenis do camarão *L. vannamei* (NRC, 2011; Tabela 1). A ração foi desenhada para alcançar um teor de proteína bruta (PB) e extrato etéreo de 350,8 e 71,7 g/kg (base natural), respectivamente. O farelo de soja, a farinha de salmão e o concentrado proteico de soja foram utilizados como as principais fontes proteicas, com inclusões de 380,0, 120,0 e 50,0 g/kg (base natural), respectivamente. A ração foi suplementada com L-Lisina, L-Treonina e DL-Metionina visando atender os níveis mínimos necessários para maximizar o crescimento da espécie em cultivos com água verde (FAÇANHA *et al.*, 2016, 2018, 2019; NUNES *et al.*, 2019a).

Para elaboração dos *pellets* a base de grãos, somente resíduos da agroindústria foram utilizados obedecendo ao critério econômico de menor custo e de ampla e fácil disponibilidade. Foram utilizados arroz quebrado, farelo de soja, remoído de trigo, farelo de arroz e melaço de cana-de-açúcar (Tabela 1). Para formulação, a combinação dos ingredientes foi determinada visando atender uma PB de 180 g/kg (base natural), um teor de fibra menor que 40 g/kg e uma relação de carbono: nitrogênio de 19:1 (C:N). A inclusão do melaço de cana-de-açúcar objetivou aumentar o aporte de carbono orgânico nos *pellets*, enquanto o óleo de soja permitiu uma lubrificação dos ingredientes e assim permitir a peletização. O

aglutinante sintético foi utilizado para aumentar a estabilidade dos *pellets* após imersão em água.

O processo de preparação dos *pellets* seguiu a metodologia descrita por Nunes *et al.* (2011). Resumidamente, todos os resíduos foram moídos a 500 µm, pesados e misturados com os demais ingredientes líquidos e secos em uma bateadeira planetária até a formação de uma massa. Esta por sua vez, foi introduzida em uma extrusora de laboratório ajustada para operar a 95 °C. Grânulos de 2,5 mm de diâmetro por 5,5 mm de comprimento foram cozidos a vapor por 10 min. e secos em estufa com recirculação de ar até alcançar 100 g/kg de umidade. Os *pellets* foram armazenados a 16 °C até a fermentação.

A fermentação em estado sólido dos *pellets* a base de grãos foi realizada com base no método de Yabaya, Akinyanju e Jatau (2009). Em cada processo de fermentação, foi utilizada a proporção de 2 g de *pellets* misturados com 0,05 g de levedura viva desidratada com densidade celular de $1,5 \times 10^{10}$ células/g de *Saccharomyces cerevisiae* (Cepa NCYC 996) e homogeneizado com 50 mL de água. A mistura foi incubada (Incubadora Lac-INR-1000®, Láctea, SP) por 24 h em frasco de 10 L de vidro coberto com folha de alumínio como temperatura ótima de crescimento para *S. cerevisiae* de 40 °C. O tempo de 24 h foi escolhido por ter proporcionado o maior incremento no conteúdo de proteína total dos *pellets* após os períodos de fermentação de 12, 24 e 48 h (Kjeltech auto-analyser, Analyzer unit 6500; FOSS, Hoganas, Suécia).

Tabela 1 - Composição de ingredientes (g/kg, base natural) da ração e *pellets* a base de grãos. O perfil centesimal da ração e dos *pellets* a base de grãos não fermentado e fermentado é apresentado na base seca (g/kg).

Ingredientes	Inclusão (g/kg)		
	Ração	<i>Pellets</i> a base de grãos	
		Não Fermentado	Fermentado
Arroz quebrado ¹	-	420,3	-
Farelo de soja ²	380,0	224,7	-
Farinha de trigo ³	250,0	-	-
Remoído de trigo ³	-	150,0	-
Farinha de salmão ⁴	120,0	-	-
Farelo de arroz ¹	-	100,0	-

Melaço de cana-de-açúcar	-	60,0	-
Concentrado proteico de soja ⁵	50,0	-	-
Fécula de mandioca	30,0	-	-
Óleo de salmão ⁴	30,0	-	-
Carbonato de cálcio	21,9	20,0	-
Lecitina de soja	21,8	-	-
Glúten de trigo ⁶	21,3	-	-
Óleo de soja ⁷	-	20,0	-
Monofosfato de sódio ⁸	13,9	-	-
Sulfato de magnésio	12,4	-	-
Sal	8,2	-	-
Cloreto de potássio	7,4	-	-
Premix vitamínico e mineral ⁹	10,0	-	-
Caulim	9,2	-	-
Aglutinante sintético ¹⁰	5,0	5,0	-
L-Lisina ¹¹	4,1	-	-
L-Treonina ¹²	2,0	-	-
DL-Metionina ¹³	1,9	-	-
Vitamina C ¹⁴	0,8	-	-
Composição centesimal (g/kg, base seca)			
Matéria seca	884,0	886,7	813,3
Proteína bruta	396,8	209,2	252,7
Extrato etéreo	81,1	68,9	85,1
Fibra bruta	27,9	37,0	45,4
Cinzas	121,4	58,9	75,7
ELN ¹⁵	329,5	555,1	440,1
Energia bruta (MJ/kg) ¹⁶	19,03	18,80	18,79

¹Sucesso Agroindústria Ltda. (Eusébio, Brasil).

²Bunge Alimentos S.A. (Luiz Eduardo Magalhães, Brasil).

³J. Macedo (Fortaleza, Brasil).

⁴Pesquera Pacific Star S.A. (Puerto Montt, Chile).

⁵X-Soy 600[®], CJ Selecta S.A. (Araguari, Brasil).

⁶Amytex 100. Tereos Syral S.A.S. (Marckolsheim, França).

⁷ADM do Brasil Ltda. (Campo Grande, Brasil).

⁸60 g/kg cálcio, 207,0 g/kg fósforo, 141,2 g/kg fósforo disponível.

¹⁰Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica).

¹¹Biolys[®], Evonik Nutrition & Care GmbH (Hanau, Alemanha). 546 g/kg L-Lisina.

¹²ThreAMINO[®], Evonik Nutrition & Care GmbH (Hanau, Alemanha). 985 g/kg L-Treonina.

¹³Evonik Nutrition & Care GmbH (Hanau, Alemanha). 990 g/kg DL-Metionina.

¹⁴Rovimix[®] Stay C[®] 35. Mínimo de 35% de atividade da vitamina C fosforilada. DSM Nutritional Products AG (Schweiz, Suíça).

¹⁵Extrato livre de nitrogênio. Calculado por subtração [matéria seca – (proteína bruta + extrato etéreo + fibra bruta + cinzas)].

¹⁶Energia bruta (EB, MJ/kg) dado na base seca (BS). Calculado como $EB = (4.143 + (560 \times \text{extrato etéreo [g/kg BS]} + (150 \times \text{proteína bruta [g/kg BS]} - (440 \times \text{cinzas [g/kg BS]}))) \times 0,0041868$. Fonte: EWAN (1989).

3.2.2 Análise física e química da ração e *pellets* base de grãos fermentados

A determinação da estabilidade da ração e dos *pellets* fermentados foi realizada pelo método apresentado por Nunes *et al.* (2019b). Inicialmente duas amostra com 25 g de ração e 25 g de grãos fermentados foram pesadas e separadas em sacos plásticos em triplicata. Em seguida, cada amostra foi transferida para um Erlenmeyer de 250 mL, contendo 100 mL de água do mar (35ppt de salinidade). Os Erlenmeyers foram posicionados em um agitador horizontal (Incubadora Lac-INR-1000[®], Láctea, São Paulo) ajustado para funcionar a uma rotação de 100 ± 15 rpm/s a 27,5 °C por 30 minutos. Após esse período, as amostras foram transferidas para uma peneira com malha Tyler # 20 (equivalente a 0,85 mm). As amostras transferidas para a peneira Tyler #20 estas foram drenadas, alocadas em bandejas de alumínio e levadas até uma estufa com circulação e renovação de ar (Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, Brasil) para serem submetidas a uma secagem a 130 °C durante 24 h. Ao final desse período as amostras, já secas, foram pesadas e, com isso, a estabilidade da dieta em água (%) foi determinada pela fórmula: (peso final (g) da amostra seca ÷ peso inicial (g) da amostra) x 100.

A análise da umidade foi determinada em estufa com recirculação de ar a 105°C, durante um período de 72 h, utilizando cinco repetições e a resistência dos *pellets* foi determinada com um medidor de dureza Kahl (Amandus Kahl GmbH & Co, Hamburgo, Alemanha), operado manualmente. A resistência foi medida em kg e realizada

individualmente em 30 *pellets* de cada dieta. O diâmetro e comprimento foram medidos com um paquímetro eletrônico.

A ração e os *pellets* a base de grãos, não-fermentados e fermentados, foram analisados quimicamente (AOAC, 2005). A matéria seca foi determinada em estufa de convecção por 24 h a 105°C. A proteína bruta foi analisada pelo método Kjeldahl de estimativa de nitrogênio (AOAC, 2005). O teor de cinzas foi determinado pela queima de amostras em uma mufla a 600°C por 2 h (AOAC 942.05) e a fibra bruta por determinação enzimático-gravimétrica (AOAC 992.16). A composição de aminoácidos foi determinada usando cromatografia líquida de alta eficiência (HAGEN; FROST; AUGUSTI, 1989; WHITE; HART; FRY, 1986).

3.2.3 Desenho experimental

O estudo foi realizado em 35 tanques circulares com 1,0 m³ mantidos em área aberta, equipados uma mangueira flexível microperfurada de 0,50 m para aeração contínua que foi mantida por um soprador de 7,5 cv de potência. O sistema foi operado em condição estática, sem troca de água durante todo o cultivo.

Para a preparação inicial da água, os tanques foram inicialmente preenchidos com água do mar filtrada (salinidade 32 g/L) e inoculados individualmente com 100 L com água maturada obtida de um berçário de camarões em operação. Para a fertilização, foram aplicados 10 g/m³ de ração moída (Camanutri 35, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Brasil) e 36 g/m³ de melão líquido de cana-de-açúcar. Esta aplicação ocorreu diariamente por cinco dias consecutivos.

Os camarões da espécie *L. vannamei* foram adquiridos na fase de pós-larva 10 (PL10) de uma larvicultura comercial (Aquatec Aquacultura Ltda., Canguaretama, Brasil), e cultivados em berçários no laboratório até alcançarem um peso corporal entre 1 e 2 g. Para o povoamento, camarões com 1,15 ± 0,12 g (média ± desvio padrão; n = 4.760) foram estocados sob 133 animais/m². Os animais foram aclimatados durante seis dias, sendo alimentados diariamente com uma ração comercial desintegrada para camarões contendo um mínimo de 40% de proteína bruta (Camanutri 40 CR2, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda. São Lourenço da Mata, Brasil).

Para avaliar o efeito poupador, a ração experimental foi substituída em 0, 25, 50, 75 e 100% pelos *pellets* fermentados a base de grãos. Os camarões foram alimentados diariamente, 10 vezes ao dia, com um alimentador automático operado entre as 07:00 e as 17:00 h

(NUNES *et al.*, 2019b). As refeições (ração misturada aos *pellets* fermentados a base de grãos) foram calculadas com base na equação $MM = 0,0931BW^{0,6200}$, onde MM é a quantidade máxima de alimento que pode ser consumida diariamente por um indivíduo com um determinado peso corporal (BW; NUNES; PARSONS, 2000). As refeições foram ajustadas diariamente, assumindo uma redução semanal na sobrevivência dos camarões estimada em 0,5% e um ganho diário de peso corporal de 100 mg/camarão. A partir do 15º dia de cultivo, 10 camarões/tanque foram amostrados semanalmente para determinar o ganho de peso corporal. Até a verificação seguinte do peso corporal, as refeições foram determinadas assumindo-se um ganho de peso médio diário alcançado na semana anterior em cada tanque de cultivo, mantendo-se uma redução diária na sobrevivência de 0,07%.

3.2.4 Análises de qualidade da água

A salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido (OD) da água de cultivo foram medidos diariamente em cada tanque entre 14:00 e 15:00 h, tendo sido observadas as médias (\pm desvio padrão) de $31 \pm 3,0$ g/L (n= 1.995), $29,2 \pm 1,2^\circ\text{C}$ (n = 1.995), $7,81 \pm 0,16$ (n = 1.995) e $6,41 \pm 0,48$ mg/L (n= 1995), respectivamente. A alcalinidade do sistema de cultivo foi verificada a cada 15 dias mantendo-se com uma média de $148 \pm 23,7$ mg de CaCO_3/L (n= 27).

Para a análise dos compostos nitrogenados foram coletados 150 mL de água de cada tanque por tratamento, totalizando um *pool* de 1.000 mL de amostra não filtrada por tratamento. As concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (NO^{-2}) e nitrato (NO^{-3}) foram determinadas através de análise colorimétrica em espectrofotômetro de massa (espectrofotômetro DR 2800, Hach Company, Loveland, EUA), um dia após o povoamento dos tanques e um dia antes da despesca dos camarões. Em cada um dos respectivos dias, foram analisadas uma amostra por tratamento em duplicata, totalizando 84 leituras (7 tratamentos x 2 réplicas x 3 compostos nitrogenados x 2 dias amostrais).

A quantificação da biomassa fitoplanctônica foi realizada pela determinação da concentração de clorofila-*a* através da extração com acetona 90% e determinação pela absorbância medida em espectrofotômetro (Método 10200 H; APHA, 2012). As análises de Sólidos Suspensos Totais (SST) foram realizadas quinzenalmente (APHA, 2012) e os Sólidos Sedimentáveis (SS) foram mensurados a cada dois dias com cones de Imhoff (APHA, 2012).

3.2.5 Parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões

Após 77 dias de cultivo todos os animais foram contados e pesados individualmente em uma balança eletrônica de precisão de 0,01 g. A sobrevivência final (S, %) dos camarões foi calculada pela equação: $S = (POPf / POPi) \times 100$, onde POPi = número de camarões estocados e POPf = número de camarões na despesca. O ganho de peso semanal (GPS, g/semana) foi determinado pela fórmula: $GPS = [(Pf - Pi) \div t] \times 7$, em que Pi = peso corporal do camarão úmido (g) no povoamento, Pf = peso corporal final do camarão (g) na despesca e t = número de dias de cultivo. O ganho de produtividade (PRDT, g de biomassa de camarão ganha/m²) foi determinada como $PRDT = (BIOf - BIOi) / \text{área do fundo do tanque (m}^2\text{)}$, onde BIOi = biomassa inicial de camarão por tanque (g), BIOf = biomassa final do camarão por tanque (g) e área de fundo do tanque = 1,02 m². O fator de conversão alimentar da ração (FCAr) foi calculado na matéria seca, dividindo-se a quantidade total de ração ofertada (g, base seca) durante o cultivo pela biomassa de camarão (g, base natural) obtida em cada tanque. O FCA total (FCAt) levou em consideração a soma total da ração (g, base seca) e dos *pellets* a base de grãos (g, base seca) ofertados durante todo cultivo. O consumo aparente de ração (CAR, g de ração ofertada dividida pelo número de camarões estocados) foi calculado dividindo-se a quantidade total de ração (g, base seca) ofertada em cada tanque durante todo ciclo pelo número de camarões estocados.

3.2.6 Consumo alimentar aparente

Ao final do cultivo dos camarões foi realizada uma avaliação para determinar o consumo alimentar da ração e dos *pellets* a base de grãos. Na despesca, camarões de cada tratamento foram transferidos para 15 tanques de 1,5 m³ (área de 1,61 m²) na densidade de 70 animais/m². Os animais foram alimentados durante cinco dias consecutivos em excesso, às 08:00 e 13:00 h, exclusivamente em uma bandeja de alimentação medindo 50,3 cm². Foi obedecido o percentual (0, 25, 50, 75 e 100%) previamente definido de substituição da ração pelos *pellets* fermentados a base de grãos. O consumo alimentar aparente [(%, número de recuperados ÷ número de *pellets* ofertados) x 100] foi determinado contando-se o número total de *pellets* de ração e/ou de *pellets* fermentados a base de grãos ofertados e recuperados em cada bandeja após 1 h de imersão em água.

3.2.7 Contagem de hemócitos

No momento da despesca camarões com tamanhos semelhantes e sem aparência de muda foram selecionados para a coleta da hemolinfa. Foram coletados três animais de cada tanque (n = 105). A hemolinfa foi retirada da região ventral do abdômen dos camarões utilizando seringas de 1 mL com agulha (13 x 0,4 mm) com solução anticoagulante de Alsever modificada (MAS) (450 mM NaCl, 10 mM de KCl, 10 mM Ácido sulfônico, 10 mM EDTA, pH 7,2). Foi utilizada uma proporção de 1:5 (hemolinfa: anticoagulante). A contagem total de hemócitos (CTH) foi realizada em câmara de Neubauer segundo o método padrão de contagem (BEÇAK; PAULETE, 1976).

3.2.8 Análise da atividade enzimática

Para a análise da atividade enzimática foram coletados 21 hepatopâncreas de cada tratamento de animais com tamanhos semelhantes. Foi determinada a atividade da amilase, lipase e protease. Posteriormente, os hepatopâncreas foram homogeneizados a 10.000 g por 25 minutos a 4° C com água ultrapura (1:4) e sobre refrigeração constante. O sobrenadante foi removido e armazenado em alíquotas a -80°C até o momento da análise da atividade enzimática.

A atividade da α -lipase foi determinada com um kit comercial (ref. MS80022230151, Analisa[®], Belo Horizonte, Brasil). A reação resultante do tioálcool com o ácido 5,5-ditio-bis-2-nitrobenzóico foi quantificada a 412 nm. A atividade da α -amilase foi determinada com um kit comercial (ref. MS80022230145, Analisa[®], Belo Horizonte, Brasil). Após a hidrólise do amido solúvel pela amilase, uma solução de iodato de potássio, 16,7 mmol/L, iodeto de potássio 271 mmol/L e ácido clorídrico 112 mmol/L foi adicionada e a leitura da atividade realizada a 660 nm. A dosagem de proteína total solúvel nos extratos brutos foi determinada de acordo com o método descrito por Xavier-Filho e Campos (1989). Para a análise foi utilizado 10 μ L da amostra, 290 μ L de tampão Tris-HCl 50 mM (pH 7,6) e 200 μ L de 1% de azocaseína. A reação foi realizada a 37 °C e interrompida após 60 min., adicionando 300 μ L de ácido tricloroacético a 20%. Os tubos foram centrifugados (25 °C, 10.000 \times g por 10 min.) e 400 μ L do sobrenadante foram misturados com 400 μ L de NaOH 2N para interromper a reação. A cor produzida foi medida por absorvância a 420 nm. Um controle negativo (branco)

da atividade foi realizado em substituição ao extrato bruto por solução salina a 9%. Todas as dosagens das atividades foram realizadas em triplicata. Todas as análises enzimáticas foram realizadas em espectrofotômetro (ThermoFisher Scientific™, GENESYS™ UV-Vis, Waltham, EUA), acertando o zero com água deionizada.

3.2.9 Avaliação química centesimal dos camarões e da borda orgânica acumulada nos tanques

Ao término do cultivo, os camarões despescados foram coletados para análise química centesimal. Três animais de cada unidade experimental ($n = 105$) foram coletados e processados para a posterior análise. Adicionalmente, foram coletadas 12 g de amostra de borda orgânica fixada na parede interna de cada tanque, na altura da lâmina d'água em cada unidade experimental ($n = 35$). As amostras foram armazenadas em recipientes plásticos, mantidas congeladas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ em ultrafreezer durante 24 h. Após esse período, as amostras foram liofilizadas por 54 h a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LIOTOP – LP 510, LIOBRÁS, São Carlos, Brasil) para em seguida ser determinado o conteúdo de proteína bruta, extrato etéreo, material mineral e fibra bruta (AOAC, 2005), seguindo metodologia descrita na seção 2.2.

3.2.10 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas usando o software SPSS (IBM® SPSS® Statistical, Chicago, EUA). O efeito da substituição da ração por *pellets* de grãos fermentados na qualidade da água e no desempenho zootécnico dos camarões foi analisado através de ANOVA unidirecional. Quando diferenças significativas foram detectadas, comparações de dois por dois foram realizadas usando o teste de Tukey HSD.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Análises físicas e químicas dos *pellets* de grãos e da ração

Houve uma variação entre o perfil aminoacídico dos *pellets* a base de grãos, fermentados e não fermentados (Tabela 2). Os *pellets* fermentados apresentaram um maior teor de aminoácidos comparado aos não fermentados. A fermentação proporcionou um aumento da ordem de $21,10 \pm 4,45\%$ no perfil de aminoácidos essenciais (AEE) e de $18,56 \pm$

9,47% nos aminoácidos não essenciais (ANEE) em relação aos *pellets* não fermentados. A ração apresentou níveis mais elevados de todos os AEE e ANEE comparado aos *pellets* não fermentados, inclusive com a presença de taurina, ausente nos *pellets* a base de grãos, fermentados e não fermentados.

Tabela 2 – Perfil aminoacídico (g/kg, matéria seca) da ração e dos *pellets* a base de grãos antes e após a fermentação.

Aminoácidos	Composição (g/kg, base seca)		
	Ração	Pellets a base de grãos	
		Não fermentado	Fermentado
Aminoácidos essenciais (AEE)			
Arginina	167,87	15,11	17,71
Histidina	8,94	5,07	6,02
Isoleucina	15,38	8,35	10,08
Leucina	27,6	16,35	19,92
Lisina	21,49	9,25	12,17
Metionina	7,58	3,50	4,30
Metionina + Cisteína*	13,69	7,33	9,34
Fenilalanina	17,42	10,26	12,30
Treonina	17,87	8,35	9,59
Tirosina	11,99	7,44	9,10
Valina	15,84	9,36	11,31
Soma AEE	167,87	93,04	112,50
Aminoácidos não essenciais (ANEE)			
Alanina	18,10	10,04	11,56
Aspartato	33,82	16,24	13,65
Cistina	6,11	3,83	5,04
Glicina	19,80	9,36	11,31
Glutamina	66,86	32,37	33,20
Prolina	23,19	10,60	12,79
Serina	17,08	9,47	11,43
Taurina	11,99	0,00	0,00
Soma ANEE	196,95	91,91	98,98
Soma AEE+ANEE	364,82	184,96	211,48

*Aminoácidos sulfurados

A ração e os *pellets* de grãos fermentados apresentaram características físicas muito semelhantes em relação à estabilidade física ($87,53 \pm 0,42$ e $83,55 \pm 1,49\%$, respectivamente, Tabela 3) com média de $84,88 \pm 2,29\%$ ($P>0,05$). O processo de fermentação em estado sólido nos *pellets* de grãos fermentados não aumentou a umidade, desse modo, a umidade

entre a ração e os *pellets* de grãos fermentados não diferiu ($P < 0,05$) alcançando uma média de $14,97 \pm 3,82\%$.

A dureza e o diâmetro da ração e dos *pellets* de grãos fermentados não foram diferentes estatisticamente ($P > 0,05$) se mantendo com uma média de $2,8 \pm 1,1$ kg e $2,47 \pm 0,17$ mm, respectivamente. O comprimento foi estatisticamente diferente ($P < 0,05$) sendo os *pellets* de grãos fermentados maiores ($5,22 \pm 1,01$ mm) do que a ração ($4,37 \pm 0,37$ mm).

Tabela 3 – Característica física da ração e dos *pellets* de grãos fermentados. Os valores médios (\pm desvio padrão) representam 30 medições de cada parâmetro, exceto o teor de umidade ($n = 5$). Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.

Dietas	Umidade (%)	Estabilidade (%)	Dureza (Kg)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
Ração	$11,40 \pm 0,95$	$87,53 \pm 0,42$	$3,5 \pm 0,8$	$2,48 \pm 0,18$	$4,37 \pm 0,37a$
<i>Pellets</i>	$18,53 \pm 0,38$	$83,55 \pm 1,49$	$2,1 \pm 1,0$	$2,46 \pm 0,16$	$5,22 \pm 1,01b$
Média	$14,96 \pm 3,82$	$84,88 \pm 2,29$	$2,8 \pm 1,1$	$2,47 \pm 0,17$	-

3.3.2 Desempenho zootécnico

A sobrevivência final dos camarões alcançou uma média de $89,3 \pm 5,7\%$, não sendo influenciada pelo percentual de substituição da ração ($P > 0,05$). Os demais parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões alimentados com 25% de substituição de ração pelos *pellets* de grãos fermentados não se diferenciaram estatisticamente do tratamento sem nenhuma substituição ($P > 0,05$, Tabela 4). Exceção foi observada apenas para o consumo alimentar aparente (CAP) e o FCAR (fator de conversão alimentar – ração) que se apresentaram mais elevados no tratamento sem substituição ($15,14 \pm 0,69$ g/camarão e $1,32 \pm 0,11$) comparado a 25% ($11,22 \pm 0,39$ g/camarão e $1,03 \pm 0,04$; $P < 0,05$). O peso corporal final ($12,64 \pm 2,54$ g e $11,71 \pm 1,86$ g), crescimento semanal ($1,06 \pm 0,14$ g/semana e $0,97 \pm 0,06$ g/semana), o ganho de produtividade (1.365 ± 148 g/m² e 1.290 ± 87 g/m²) e o FCAt ($1,32 \pm 0,11$ e $1,63 \pm 0,07$) não se diferenciaram entre 0 e 25%, respectivamente.

A partir de 50% de substituição, houve uma redução progressiva e significativa no peso corporal final e no crescimento semanal dos camarões na medida em que se aumentou o

percentual de substituição. Nas substituições de 50, 75 e 100%, o peso corporal final e o crescimento semanal dos camarões foi de $9,95 \pm 1,68$ g, $7,36 \pm 1,41$ g e $5,24 \pm 1,14$ g e de $0,81 \pm 0,06$ g/semana, $0,57 \pm 0,05$ g/semana e $0,38 \pm 0,04$ g/semana, respectivamente. O ganho de produtividade acompanhou um padrão similar. A partir de 50% de substituição, foi observada uma redução significativa nesse parâmetro, de 1.050 ± 110 g/m² para 723 ± 68 g/m² e 440 ± 74 g/m², nas substituições de 50 e 100%, respectivamente. O consumo de ração pelos camarões reduziu significativamente em resposta a menor oferta, já a partir de 25% de substituição. Como resultado, o FCAr caiu de $1,32 \pm 0,11$ em 0% de substituição para $1,03 \pm 0,04$, $0,83 \pm 0,09$, $0,53 \pm 0,18$ e $0,26 \pm 0,20$ nas substituições de 25, 50, 75 e 100%, respectivamente. Dado a oferta dos *pellets* a base de grãos, o FCA_t aumentou de $1,32 \pm 0,11$ em 0% para $1,63 \pm 0,07$, $1,90 \pm 0,20$, $2,56 \pm 0,28$ e $3,78 \pm 0,61$ em 25, 50, 75 e 100%, respectivamente.

Tabela 4 - Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivado em sistema intensivo fertilizado com *pellets* fermentados a base de resíduos vegetais fermentados em substituição a ração. Letras diferentes na mesma linha indica diferença estatística significativa de acordo com o teste de Tukey HSD ao nível de significância de $\alpha = 0,05$.

Parâmetros Zootécnicos	Substituição Ração por <i>Pellets</i> a base de Grãos (%)					P ANOVA	Média ± DP
	0	25	50	75	100		
Peso corporal inicial (g)	1,16 ± 0,12a	1,15 ± 0,12a	1,15 ± 0,12a	1,15 ± 0,12a	1,15 ± 0,12a	0,360	1,15 ± 0,12
Peso corporal final (g)	12,64 ± 2,54a	11,71 ± 1,86a	9,95 ± 1,68b	7,36 ± 1,41c	5,24 ± 1,14d	< 0,0001	-
Sobrevivência final (%)	90,2 ± 5,7a	92,5 ± 4,5a	90,7 ± 3,8a	89,3 ± 6,0a	84,9 ± 6,1a	0,174	89,3 ± 5,7
Crescimento (g/semana)	1,06 ± 0,14a	0,97 ± 0,06a	0,81 ± 0,06b	0,57 ± 0,05c	0,38 ± 0,04d	< 0,0001	-
Produtividade (g/m ²)	1.365 ± 148a	1.290 ± 87a	1.050 ± 110b	723 ± 68c	440 ± 74d	< 0,0001	-
Consumo de ração (g/cam.)	15,14 ± 0,69a	11,22 ± 0,39b	7,29 ± 1,13c	3,67 ± 0,09d	0,66 ± 0,00e	< 0,0001	-
FCA _t	1,32 ± 0,11a	1,63 ± 0,07ab	1,90 ± 0,20b	2,56 ± 0,28c	3,78 ± 0,61d	< 0,0001	-
FCA _r	1,32 ± 0,11a	1,03 ± 0,04b	0,83 ± 0,09b	0,53 ± 0,18c	0,26 ± 0,20d	< 0,0001	-

3.3.3 Qualidade da água de cultivo

A concentração dos compostos nitrogenados, de clorofila-*a* e de sólidos suspensos não diferiram entre os tratamentos experimentais ($P>0,05$). A diferença estatística foi evidente quando foram comparados os períodos das análises sendo possível verificar um aumento na concentração de nitrato ao final do cultivo ($P<0,05$), de clorofila-*a* (Clr-*a*) ($P<0,05$) e um incremento de sólidos suspensos totais, fixos e voláteis ($P<0,05$).

Tabela 5 – Parâmetros de qualidade da água do cultivo experimental de camarão *L. vannamei* em sistema intensivo fertilizado com *pellets* fermentados a base de resíduos vegetais em substituição a ração. Letras diferentes na mesma linha indica diferença estatística significativa de acordo com o teste de Tukey HSD ao nível de significância de $\alpha = 0,05$.

Parâmetros	Dias de Cultivo			ANOVA	Média ± DP
	1	25	75		
NAT (mg/L)	0,03 ± 0,02a	-	0,14 ± 0,07a	0,027	0,09 ± 0,08
NO ²⁻ (mg/L)	9,00 ± 2,22a	-	4,00 ± 1,61a	0,424	7,00 ± 2,93
NO ³⁻ (mg/L)	1,60 ± 0,45a	-	3,10 ± 1,59b	< 0,0001	-
Clr- <i>a</i> (µg/L)	0,07 ± 0,02a	0,22 ± 0,07b	0,21 ± 0,05b	< 0,0001	-
SST (mg/L)	416 ± 72a	449 ± 91a	577 ± 84b	< 0,0001	-
SSF (mg/L)	347 ± 72a	349 ± 74a	432 ± 82b	< 0,0001	-
SSV (mg/L)	69 ± 23a	104 ± 52b	145 ± 39c	< 0,0001	-

A concentração de sólidos sedimentáveis (SS) aumentou de forma progressiva durante o cultivo, de uma média de 1,1 mL/L na primeira semana de cultivo para 7,3 mL/L na última semana (Figura 1). A substituição de 25% de ração por *pellets* de grãos fermentados gerou mais sólidos sedimentáveis no meio de cultivo quando comparado as demais substituições ($P<0,05$). Não foi observada diferença estatística entre os demais tratamentos experimentais.

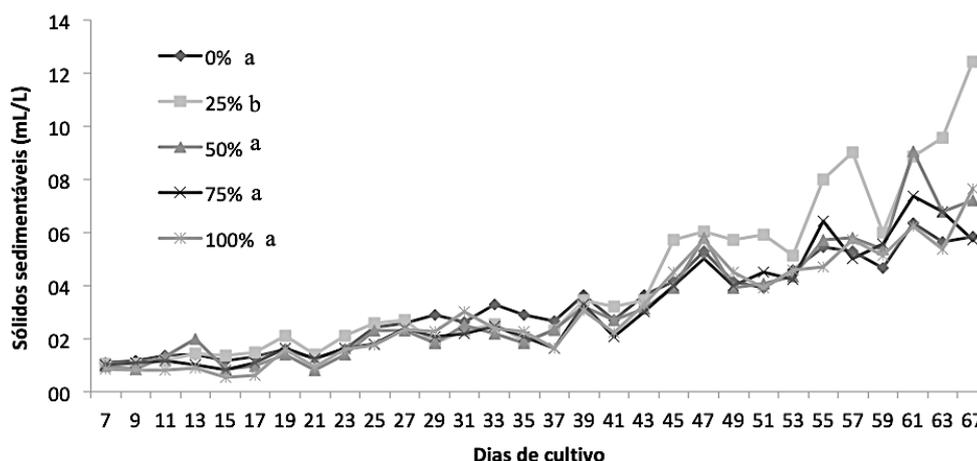


Figura 1 – Variação dos sólidos sedimentáveis (SS, mL/L) ao longo do cultivo experimental de camarão *L. vannamei* em sistema intensivo fertilizado com *pellets* fermentados a base de resíduos vegetais em substituição a ração. Letras diferentes indica diferença estatística significativa de acordo com o teste de Tukey HSD ao nível de significância de $\alpha = 0,05$.

3.3.4 Análises químicas dos camarões e da borda orgânica dos tanques

Houve uma tendência a uma maior concentração de proteína bruta e extrato etéreo nos camarões que foram alimentados com uma menor porcentagem de substituição de ração por *pellets* de grãos fermentados (0 e 25%; Tabela 6). Por outro lado, a fibra bruta e as cinzas estavam mais concentradas nos camarões alimentados sob uma maior porcentagem de substituição (50%, 75% e 100%). A análise centesimal da borda orgânica dos tanques de cultivo apresentou uma semelhança, com exceção das cinzas, que se mostrou mais elevada em menores percentuais de substituição da ração.

Tabela 6 – Análise da composição centesimal da borda orgânica acumulada nos tanques de cultivo e dos camarões inteiros alimentados com diferentes porcentagens de substituição de ração por *pellets* de grãos fermentados durante 77 dias.

Composição (g/kg)	Amostra	Substituição Ração por <i>Pellets</i> a base de Grãos (%)				
		0	25	50	75	100
Proteína bruta	Borda	21,89	22,20	22,14	21,94	22,79
	Camarão	70,69	70,58	68,23	68,06	68,06
Extrato etéreo	Borda	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

	Camarão	3,92	5,12	4,88	3,75	3,50
Fibra bruta	Borda	3,67	3,31	4,00	2,78	3,03
	Camarão	4,79	3,88	5,25	5,20	4,79
Cinzas	Borda	50,56	48,18	45,52	45,88	44,62
	Camarão	11,44	11,37	11,34	11,28	12,85

3.3.5 Consumo alimentar aparente

Os dados de consumo alimentar aparente (CAP, %) demonstraram que os camarões consomem os *pellets* de grãos fermentados mesmo sendo ofertada a ração. A ração foi mais consumida apenas quando houve 25% de substituição. Porém, quando a ração foi substituída em 50 e 75%, os animais apresentaram um maior CAP de *pellets* a base de grãos fermentados (Figura 2).

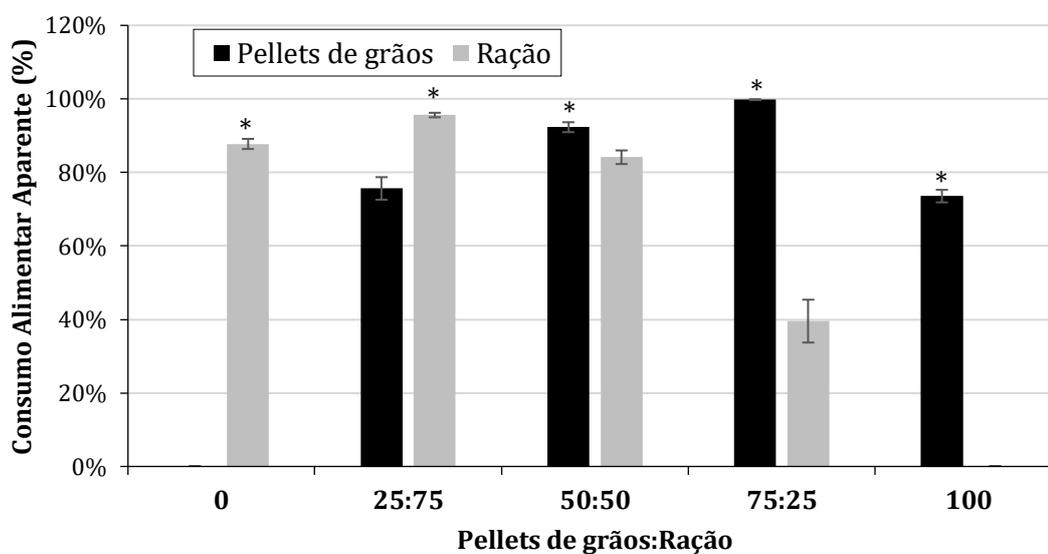


Figura 2 – Consumo aparente de ração em diferentes substituições de ração por *pellets* de grãos fermentados.

3.3.6 Contagem total de hemócitos

A contagem total de hemócitos não apresentou diferença significativa entre os diferentes tratamentos experimentais, alcançando uma média de $10,04 \pm 5,20 \times 10^6$ células/mL ($P > 0,05$; Figura 3). Foi possível observar apenas uma tendência na redução do total de hemócitos a medida que aumentou as substituições de ração por *pellets* de grãos.

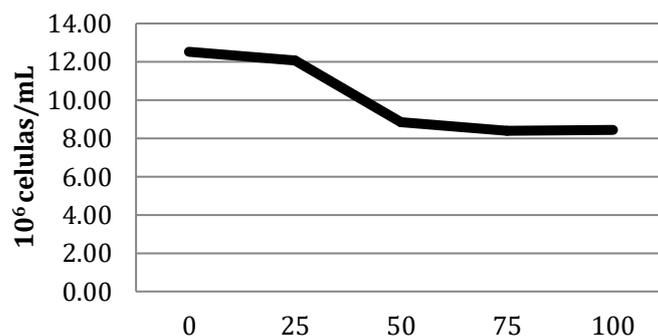
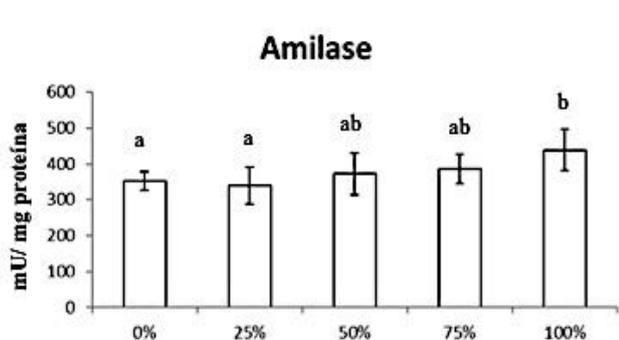


Figura 3 – Média da concentração de hemócitos (10^6 células/mL) por tratamento ao final do cultivo de 77 dias de camarões alimentados com *pellets* de grãos fermentados.

3.3.7 Atividade enzimática do hepatopâncreas

Em relação à análise da atividade enzimática os resultados demonstraram que a substituição de ração por *pellets* de grãos fermentados (100%) aumentou as atividades enzimáticas da amilase, lipase e protease ($P < 0,05$) no hepatopâncreas do camarão *L. vannamei* após 77 dias de alimentação (Figura 4).



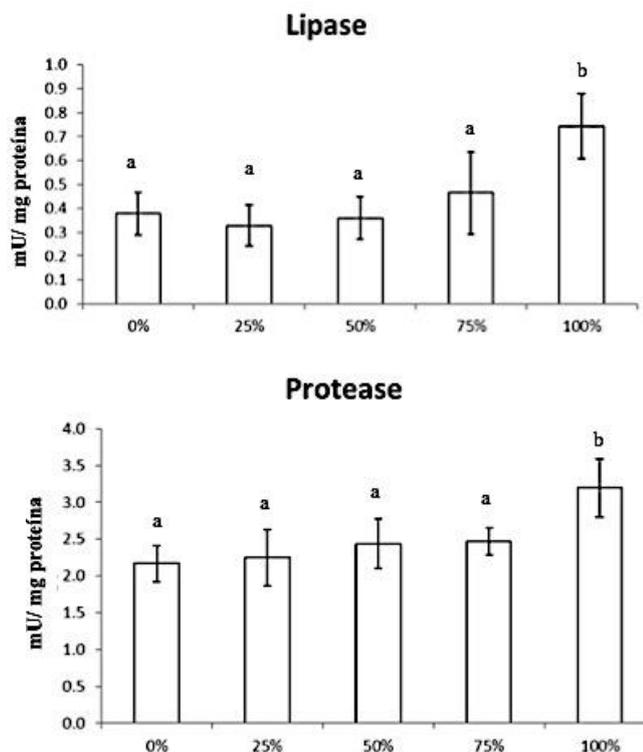


Figura 4 –Atividade enzimática de amilase, lipase e protease do hepatopâncreas de camarões alimentados com *pellets* de grãos fermentados em diferentes porcentagens de substituição durante 77 dias de cultivo. Letras diferentes indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey HSD ao nível de significância de $\alpha = 0,05$.

3.4 DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que é possível reduzir em até 25% a oferta de ração quando do uso de *pellets* a base de grãos fermentados, sem comprometimento no desempenho zootécnico de juvenis do *Litopenaeus vannamei*. Essa redução foi possível devido ao aumento no valor nutricional dos *pellets* a base de grãos após sua fermentação e/ou a um incremento na produtividade primária nos tanques de cultivo. Foi observado que a fermentação em estado sólido (FES) tem o potencial de incrementar o conteúdo de proteína bruta (PB), de aminoácidos essenciais (AEE) e não essenciais (ANE) dos grãos utilizados na composição dos *pellets*. Esses resultados são corroborados por estudos realizados por Shiu *et al.* (2015), Shawary *et al.* (2016), Belewu e Sam (2010) e Belewu *et al.* (2011).

Shiu *et al.* (2015) e Shawary *et al.* (2016) observaram que o processo de FES aumentou em 16,6 e 6% o conteúdo de PB e de 9 e 6% de AEE, respectivamente, do farelo de

soja. Shiu *et al.* (2015) alimentou juvenis do *L. vannamei* por 84 dias com uma ração contendo a proteína do farelo de soja não fermentada e fermentada. Os autores reportaram que os camarões alimentados com a ração com 60% de substituição por soja fermentada, em comparação a soja não fermentada tiveram um aumento de 9% na taxa de sobrevivência e de 33% no ganho de peso (de $78,90 \pm 6,75\%$ e $806,5 \pm 86,2\%$ para $94,44 \pm 2,94$ e $1597,3 \pm 73,6\%$, respectivamente). De forma similar, Shawary *et al.* (2016) alimentaram camarões com diferentes porcentagens de substituição de farinha de peixe por farelo de soja fermentada relataram que não houve diferença estatística no desempenho zootécnico dos camarões alimentados com a dieta controle, somente com farinha de peixe, quando comparado com a substituição de 25% por farelo de soja fermentado. Eles evidenciaram que a FES aumenta a biodisponibilidade de nutrientes devido à ação de enzimas produzidas pelos microrganismos.

Um dos aspectos importantes no presente estudo foi o fato dos *pellets* submetidos a FES manterem uma qualidade física adequada, tanto em termos de estabilidade em água ($84,88 \pm 2,29\%$) como em relação a seu diâmetro ($2,47 \pm 0,17$ mm), não se diferenciando da ração ($87,53 \pm 0,42\%$ e $2,48 \pm 0,16$ mm, respectivamente). Muito embora os *pellets* a base de grãos fermentados tenham apresentado um comprimento maior do que a ração ($5,22 \pm 1,01$ vs. $4,37 \pm 0,37$ mm, respectivamente), isso não deve ter comprometido o consumo alimentar dos camarões. Os camarões peneídeos são capazes de capturar, manipular e ingerir ração com diferentes diâmetros e comprimentos (NUNES *et al.*, 1997). Na verdade, ficou constatado no presente estudo que quando na presença da mesma proporção de ração e *pellets* fermentados a base de grãos, os camarões consumiram uma maior quantidade do último. Isso sugere que os grãos quando fermentados e ofertados na forma de *pellets* tem o potencial de ser consumido pelos camarões em grandes quantidades. A impossibilidade de substituições superiores a 25% sem comprometimento no desempenho zootécnico dos camarões indica que os *pellets* a base de grãos não atendem integralmente às necessidades nutricionais dos camarões, mesmo quando fermentados.

As diferentes porcentagens de substituição de ração pelos *pellets* a base de grãos fermentados não afetaram negativamente os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água. Todos os parâmetros permaneceram com valores recomendáveis para a fase de crescimento do camarão, não ocasionando efeitos negativos no cultivo sem renovação de água e com alta densidade de estocagem (WYBAN *et al.*, 1995; ZHANG *et al.*, 2006; LI; CHEN, 2001; LI; CHEN, 2003). Porém, a troca mínima de água e a alta densidade de estocagem aumentaram a quantidade de matéria orgânica na água do cultivo, conforme verificado através

do acúmulo de SST e SS (577 ± 84 mg/L e $2,5 \pm 2,92$ mL/L, respectivamente). Nas etapas finais do cultivo, a água dos tanques mantidos sob o tratamento com 25% de substituição aumentou a concentração de SS, demonstrando a função de fertilizante dos *pellets* de grãos fermentados para o sistema de cultivo. Este fator pode ter contribuído positivamente para uma melhoria nos parâmetros zootécnicos dos camarões já que os SS são um indicativo da presença de bioflocos, com potencial valor nutritivos para os camarões. O acúmulo de sólidos no meio de cultivo levou a formação de uma borda orgânica nas paredes do tanque e apesar das diferentes porcentagens de substituição da ração por *pellets* de grãos fermentados a composição da borda foi semelhante em todos os tratamentos.

O sistema de cultivo *outdoor* proporcionou o desenvolvimento de fitoplâncton evidenciado pelo acúmulo de clorofila-*a* na água ao longo dos 77 dias, tendo os *pellets* fermentados uma ação fertilizante no meio de cultivo, porém esse acúmulo foi menor do que a concentrações de clorofila *a* em sistemas tradicionais de cultivo de camarão 50 a 200 $\mu\text{g/L}$ (BOYD, 2000).

A composição química corporal dos camarões alimentados com 25% de substituição de ração por *pellets* de grãos fermentados permitiu uma maior concentração de proteína bruta e de lipídeos e a menor concentração de fibras e cinzas. Shawary *et al.* (2016) relataram uma maior concentração de proteína na carne dos camarões alimentados com uma substituição de 25% de farinha de peixe por farelo de soja fermentado. Nesse mesmo estudo, os teores de lipídios tenderam a diminuir com o aumento do nível de substituição da farinha de peixe por farinha de soja fermentada. Ye *et al.* (2011) relataram um aumento da concentração de cinzas nos camarões (*L. vannamei*) alimentados com uma mistura contendo farelo de glúten de milho como proteína, substituindo a farinha de peixe ao longo do período de cultivo.

Não foram evidenciadas diferenças estatísticas na concentração de hemócitos totais entre camarões alimentados com diferentes porcentagens de substituição de ração por *pellets* de grãos fermentados. Esse parâmetro é o mais afetado por condições de estresse, quer seja ambiental ou por infecções, ou pelo período de ecdise (muda), servindo, portanto, como um indicativo do estado de saúde do animal (PERAZOLLO *et al.*, 2002). Houve uma tendência de redução do total de hemócitos com o aumento da porcentagem de substituição da ração por *pellets* de grãos fermentados. Valores altos (18×10^6 células/mL) da contagem de hemócitos indicam uma boa condição dos animais em combater agentes patológicos presentes no ambiente de cultivo (COSTA; MARTINS, 2009).

A utilização de *pellets* de grãos fermentados na substituição de ração propiciou o aumento da atividade da amilase, lipase e protease no hepatopâncreas dos camarões. Molina-Poveda e Morales (2004) relataram que um aumento de 33% a 100% no nível de substituição de proteína animal marinha por uma mistura de grãos fermentados à base de cevada e glúten de trigo aumentou substancialmente a atividade da amilase (sete a nove vezes) em juvenil de *L. vannamei*, em comparação com os valores alcançados em camarões alimentados com dieta controle. O efeito atribuído a elevação da atividade da amilase foi a alta concentração de carboidrato nas dietas com grãos fermentados. A fonte de proteína presente nos *pellets* de grãos fermentados proporcionou o aumento da atividade da protease. Segundo Ezquerria *et al.* (1997), as atividades de protease dependem principalmente da fonte de proteína e da quantidade e disponibilidade desse nutriente.

3.5 CONCLUSÃO

A fermentação em estado sólido dos *pellets* de grãos fermentados favorece a um aumento na concentração de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, cinzas e aminoácidos essenciais e não essenciais em até 9,5%. É possível substituir a ração em até 25% por *pellets* a base de grãos fermentados sem comprometimento do peso corporal, crescimento, produtividade e FCA_t de juvenis do *L. vannamei* cultivado em alta densidade. Substituições mais elevadas resultam em uma perda significativa no desempenho zootécnico dos camarões, com exceção da sobrevivência. O mecanismo para a manutenção dos parâmetros zootécnicos na substituição de 25% se deu pela contribuição dos *pellets* sobre a nutrição dos camarões, seja através da ingestão direta dos *pellets* e/ou do alimento natural na água e da borda dos tanques.

REFERÊNCIAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international** (18th ed.). Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International, 2005.

APHA - **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22th edition. APHA Washington D.C, 2012.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; HU QUE S.; SALAM, M.A.; AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, p. 117-123, 2008.

BEÇAK, W.; PAULETE, J. **Técnicas de citologia e histologia**. Rio de Janeiro: Liv. Técnicos e Científicos, 327p, 1976.

BOYD, C. E. Manejo da Qualidade da Água na Aquicultura e no Cultivo de Camarão. Recife: **Associação Brasileira de Criadores de Camarão - ABCC**. pp. 87-158, 2000.

CHO, J. H.; MIN, B. J.; CHEN, Y. J.; YOO, J. S.; WANG, Q.; KIM, J. D.; KIM, I. H. Swine Nutrition and Feed Technology. **Asian-Australas J Anim Sci**, v. 12, p. 1874-1879, 2007.

COSTA, A. M.; MARTINS, P. C. C. Análise da contagem total de hemócitos e capacidade coagulante da hemolinfa do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em cultivos com ocorrência de necrose muscular. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 35, p. 545 – 551, 2009.

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; KARIM, M.; NATRAH, I.; KAMARUDIN, M. S.; EKASARI, J. Different carbon sources affects biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African catfish *Clarias gariepinus* fingerlings reared in an intensive biofloc technology system. **Fisheries Science**, v. 83, p. 1037–1048, 2017.

DE SCHRYVER, P. D.; CARB, R.; DEIFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, p. 125-137, 2008.

EWAN, R.C. **Predicting the energy utilization of diets and feed ingredients by pigs**. In: van der Honing, Y., Close, W.H. (Eds.), *Energy Metabolism*, European Association of Animal Production Bulletin. N. 43. Pudoc Wageningen, Netherlands, p. 271–274, 1989.

EZQUERRA, J.; GARCÍA-CARREÑO, F. L.; HAARD, N. F. Effects of feed diets on digestive proteases from the hepatopancreas of white shrimp (*Penaeus vannamei*). **J Food Biochem**, v. 21, p. 401–419, 1997.

FAÇANHA, F. N.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; SILVA, C. F.; NUNES, A. J. P. Effect of shrimp stocking density and graded levels of dietary methionine over the growth performance of *Litopenaeus vannamei* reared in a green-water system. **Aquaculture**, v. 463, p. 16-21, 2016.

FAÇANHA, F. N.; SABRY-NETO H.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; NUNES, A. J. P. Minimum water exchange spares the requirement for dietary methionine for juvenile *Litopenaeus vannamei* reared under intensive outdoor conditions. **Aquaculture Research**, v. 49, p. 1682–1689, 2018.

FAÇANHA, F. N.; SABRY-NETO H.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; NUNES, A. J. P. Increasing feed allowance in low-fish meal diets allows for a reduction in dietary methionine for juvenile *Litopenaeus vannamei* raised in green-water tanks. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. 1-10, 2019.

GEMEDE, H. F.; RATTA, N. Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. **Global Adv. Res. J. Food Sci. Technol.** v.3, p. 103–117, 2014.

HONG, S., JIANG-WU, T.; XIAO-HONG, Y.; YI-FEI, W.; XIN, W.; YONG, L. Effects of replacement of fish meal with fermented cottonseed meal on growth performance, body composition and haemolymph indexes of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931. **Aquaculture Research**, v. 47, p. 2623–2632, 2016.

IMELDA, J.; PAULRAJ, R. Fermented soybean flour as a fish meal substitute in diets of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*. In: *National Conference on Aquaculture Nutrition. NATP and CMFRI, Kochi, Abst.*, v. 20, p. 51-53, 2003.

KARAKI, N.; ALJAWISH, A.; HUMEAU, C.; MUNIGLIA, L.; JASNIEWSKI, J. Enzymatic modification of polysaccharides: Mechanisms, properties and potential applications: A review. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 90, p. 1–18, 2016.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) The upgrading concept; (B) Practical implementations. **Bioresource Technology**, v. 87, p. 167-198, 2003.

LIN, Y.C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, v. 224, p. 193-201, 2003.

LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 259, p. 109–119, 2001.

MARU, V.; HEWALE, S.; MANTRI, H.; RANADE, V. Partial purification and characterization of mannan oligosaccharides from cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, v. 12, p. 705-71, 2015.

MENDOZA, R.; DIOS D. A.; VAZQUEZ, C.; CRUZ, E.; RICQUE, D.; AGUILERA, C.; MONTEMAYOR, J. Fishmeal replacement with feather-enzymatic hydrolysates co-extruded with soya-bean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, v. 7, p. 143–151, 2001.

MUZINIC, L. A.; THOMPSON, K. R.; METTS, L.S.; DASGUPTA, S.; WEBSTER, C.D. Use of turkey meal as partial and total replacement of fish meal in practical diets for sunshine bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) grown in tanks. **Aquaculture Nutrition**. v. 12, p. 71–81, 2006.

NRC. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington, D.C.: The National Academic Press, 2011.

NUNES, A. J. P.; GESTEIRA, T.C.V; GODDARD, S. Capacidade e comportamento manipulativo do camarão *Penaeus subtilis* Pérez-Farfante, (crustácea, penaeidae) na presença de ração peletizada em condições de laboratório. **B. Inst. Pesca**, v. 24, p. 11-20, 1997.

NUNES, B.S.; CARVALHO, F.D.; GUILHERMINO, L.M.; STAPPEN, G.V. Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing. **Environ. Pollut.** v. 144, p. 453–462, 2006.

NUNES, A. J. P.; PARSONS, G. J. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis*. **Aquaculture**, v. 187, p. 133-151, 2000.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; SABRY-NETO, H. Growth performance of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed on practical diets with increasing levels of the Antarctic krill meal, *Euphausia superba*, reared in clear- versus green-water culture tanks. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 511-520, 2011.

NUNES, A. J. P.; SABRY-NETO, H.; MASAGOUNDER, K. Crude protein in low fish meal diets for juvenile *Litopenaeus vannamei* can be reduced through a well-balanced supplementation of essential amino acids. **Journal World Aquaculture Society**, v. 50, p. 1093–1107, 2019a.

NUNES, A. J. P.; SABRY-NETO, H.; SILVA, F. H. P.; OLIVEIRA-NETO, A. R.; MASAGOUNDER, K. Multiple feedings enhance the growth performance and feed efficiency of juvenile *Litopenaeus vannamei* when fed a low-fish meal amino acid-supplemented diet. **Aquaculture International**, v. 27, p. 337–347, 2019b.

ODUGUMA, O. O.; EDEMA, M. O.; AYENI, A. O. Physico-chemical and microbiological analyses of fermented corn cob, rice bran and cowpea husk for use in composite rabbit feed. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1816-1820, 2008.

OBALDO, L.G.; DIVAKARAN, S.; TACON, A.G. Method for determining the physical stability of shrimp feeds in water. **Aquac Res**, v. 33, p. 369-377, 2002.

POVEDA, C. M; MORALES, M. E. Use of a mixture of barley-based fermented grains and

wheat gluten as an alternative protein source in practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, v. 35, p. 1158-1165, 2004.

PERAZZOLO, L.M.; GARGIONI, R.; OGLIARI, P.; BARRACCO, M.A. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 214, p. 19-33, 2002.

RAIMBAULT, M. General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 3, p. 1-15, 1998.

RAIMBAULT, E. M. Acid and fermented silage characterization and determination of apparent digestibility coefficient of crude protein for *Piaractus mesopotamicus*. **J World Aquac. Soc.**, v. 33, p. 57-62, 2002.

RANJAN, A.; SAHU, N. P.; DEO, A. D.; KUMAR^[SEP], S. Solid state fermentation of de-oiled rice bran: Effect on in vitro protein digestibility, fatty acid profile and anti-nutritional factors. **Food Research International**, v. 119, p. 1–5, 2019.

RODRIGUES, A. M.; SANT'ANNA, E. S. Efeito do cloreto de sódio na produção de proteínas (*Saccharomyces cerevisiae*) em fermentação semi-sólida. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 21, p. 57-62, 2001.

SAMOCHA, T. M.; PRANGNELL, D. I.; HANSON, T. R.; TREECE, G. D.; MORRIS, T. C.; CASTRO, L. F.; STARESINIC, N. Design and Operation of Super Intensive, Biofloc-Dominated Systems for Indoor Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*– The Texas A&M AgriLife Research Experience. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, EUA, 368p, 2017.

SHARAWY, Z.; GODA, M. A. S.; HASSAAN, M. S. Partial or total replacement of fish meal by solid state fermented soybean meal with *Saccharomyces cerevisiae* in diets for Indian prawn shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Postlarvae. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 90–99, 2016.

SHIU, Y. L.; WONG, S. L.; GUEI, W. C.; SHIN, Y. C.; LIU, C. H. Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus*

subtilis E20-fermented soybean meal as a replacement. **Aquaculture Research**, v. 46, p. 382–394, 2015.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROOK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vanammei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, p. 184-191, 2007.

VARGAS-ALBORES, F.; YEPIZ-PLASCENCIA, G. Beta glucan binding protein and its role in shrimp immune response. **Aquaculture**, v. 191, p. 13-21, 2000.

WYBAN, J.; WALSH, W.A; GODIN, D. M. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 138, p. 267-279, 1995.

YABAYA, A.; AKINYANJU, J.; JATAU, E. Yeast enrichment of soybean cake. **World J. Dairy Food Sci.** v. 4, p.141–144, 2009.

YE, J.D.; WANG, K.; LI, F.D.; SUN, Y.Z.; LIU, X. H. Incorporation of a mixture of meat and bone meal, poultry by-product meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish meal in practical diets of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two dietary protein levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 337–347, 2011.

ZHANG, P.; ZHANG, X; LI, J; HUANG, G. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, v. 256, p. 579–587, 2006.

ZHOU, G.; MYERS, R.; LI, Y.; CHEN, Y.; SHEN, X.; FENYK-MELODY, J.; WU, M.; VENTRE, J.; DOEBBER, T.; FUJII, N.; MUSI, N.; HIRSHMAN, M. F.; GOODYEAR, L. J.; MOLLER, D. E. Role of AMP-activated protein kinase in mechanism of metformin action. **The Journal of clinical investigation**, v. 108, p. 1167-1174, 2001.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesse estudo evidenciam a função da utilização de resíduos agroindustriais como fonte de carbono para sistemas de cultivo de camarões com elevadas densidades de estocagem e com pouca ou nenhuma renovação de água, mantendo controlados os parâmetros de qualidade de água e garantindo o desenvolvimento de uma microbiota estável que mantém a qualidade do meio de cultivo. O uso de subprodutos como complemento alimentar demonstrou que essas fontes de carbono e proteína vegetal podem ser consumidas em concentrações moderadas pelos camarões sem causar prejuízos ao sistema. Além disso, os processos fermentativos realizados nos subprodutos permitiram a disponibilização de mais nutrientes para fertilizar o meio e para o consumo alimentar dos animais cultivados.

No capítulo 1 os resultados mostraram que a inclusão de casca de arroz como fertilizante para o desenvolvimento de uma microbiota no meio pode ser utilizada em uma concentração de 200 g/Kg, sem causar prejuízos na qualidade da água e no crescimento dos camarões cultivados. Outra evidencia clara dos resultados é que todos os subprodutos do beneficiamento de arroz podem ser utilizados como fonte de carbono para sistemas aquícolas.

Os resultados obtidos com o experimento do capítulo 2 demonstraram que os fertilizantes fermentados promoveram a maior geração de sólidos sedimentáveis no meio que foram consumidos pelos camarões cultivados sob os tratamentos F90f e F110fs promovendo pesos corporais superiores ao final do cultivo ($11,65 \pm 0,93$ e $11,75 \pm 1,33$ g, respectivamente), sendo mais vantajoso o uso de fertilizantes de subprodutos do arroz fermentados.

No capítulo 3 os resultados da análise da composição centesimal dos *pellets* de grãos fermentados quando comparados aos não fermentados evidenciaram o efeito positivo da fermentação na disponibilização de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, cinzas e aminoácidos essenciais e não essenciais sendo possível substituir a ração em até 25% por *pellets* a base de grãos fermentados. Quando as substituições foram realizadas em porcentagens mais elevadas, ocorreram perdas significativas no desempenho zootécnico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões geradas nesse estudo são importantes para evidenciar que as fontes de carbono oriundas de todos os resíduos agroindustriais do beneficiamento do arroz tem efeitos positivos na promoção da geração de sólidos sedimentáveis, garantindo o desenvolvimento de microrganismos heterotróficos e nitrificantes, com resultados positivos no desempenho zootécnico na promoção de sistemas de cultivos mais sustentáveis e mais econômicos. E que os resíduos da agroindústria do arroz utilizados como fontes de carbono e alimento apresentam melhores resultados quando fermentados com leveduras.