



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA

KALILLE MAIA CARDOSO

**REDUÇÃO DA PORCENTAGEM DE INCLUSÃO DA FARINHA DE PEIXE EM
DIETAS PARA JUVENIS DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*, MEDIANTE O
BALANÇO AMINOACÍDICO**

FORTALEZA

2022

KALILLE MAIA CARDOSO

REDUÇÃO DA PORCENTAGEM DE INCLUSÃO DA FARINHA DE PEIXE EM
DIETAS PARA JUVENIS DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*, MEDIANTE O
BALANÇO AMINOACÍDICO

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes

FORTALEZA

2022

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)

C263r Cardoso, Kalille Maia.

Redução da porcentagem de inclusão da farinha de peixe em dietas para juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei*, mediante o balanço aminoacídico / Kalille Maia Cardoso. – 2022.

34 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

1. Farinha de Soja. 2. Aquicultura. 3. Aminoácidos. I. Título.

CDD 639.2

KALILLE MAIA CARDOSO

REDUÇÃO DA PORCENTAGEM DE INCLUSÃO DA FARINHA DE PEIXE EM
DIETAS PARA JUVENIS DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*, MEDIANTE O
BALANÇO AMINOACÍDICO

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Pesca.

Aprovada em: ___ / ___ / ___.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr.a Jordana Sampaio Leite
Universidade Federal Ceará (UFC)

Aos meus pais, Cardoso e Genilda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre guiando meu caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes, pelos ensinamentos e oportunidades de aprendizado.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. Dr Alberto Jorge Pinto Nunes e Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho e Dra. Jordana Sampaio Leite pelas contribuições para o engrandecimento desse trabalho.

Aos meus pais, José Maria Cardoso Junior e Genilda Alves Maia, minha tia, Genicleide Alves Maia por todo o apoio que me permitiram concluir esse curso com todo o auxílio necessário.

A Evonik Industries AG pelo apoio e realização das análises químicas dos ingredientes e das dietas utilizadas neste experimento.

Aos meus professores por toda a paciência e por todo o conhecimento que me foi passado.

RESUMO

A farinha de peixe é um ingrediente proteico empregado em rações para o cultivo de camarões marinhos. Porém, há a necessidade de reduzir o seu uso devido a limitações na sua oferta e preço. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico de juvenis do *Litopenaeus vannamei* alimentado com dietas submetidas a uma redução progressiva de farinha de peixe, balanceadas com aminoácidos sintéticos. Quatro dietas contendo 18, 12, 6 e 0% (% da dieta, base natural) de farinha de peixe e 20,73, 28,95, 37,80 e 46,08% de farelo de soja, respectivamente, foram preparadas. Para manter as dietas isoaminoacídicas, foi realizada a suplementação com os aminoácidos sintéticos DL-metionil-DL-metionina, L-Lisina, L-Treonina, L-Arginina e L-Triptofano. Para o estudo de desempenho zootécnico, foram designados quatro tanques de 0,5 m³ para cada tratamento dietético, totalizando 16 tanques. Juvenis do *L. vannamei* com 1,00 ± 0,08 g de peso corporal médio (± desvio padrão) foram estocados sob 100 animais/m² e cultivados por 77 dias. A média de salinidade, pH e temperatura da água atingiu 39 ± 3 g/L, 7,90 ± 0,15 e 28,1 ± 0,7 °C, respectivamente. Ao final do cultivo, a sobrevivência dos camarões foi elevada (92,8 ± 4,0%) e não foi afetada pelos níveis dietéticos de farinha de peixe. O ganho de produtividade e o crescimento semanal alcançaram 1,358 ± 76 g/m² e 1,34 ± 0,08 g, respectivamente. Tanto o consumo aparente de ração como o fator de conversão alimentar (FCA) foi menor para a dieta sem farinha de peixe. A análise histológica do intestino dos camarões não mostrou qualquer diferença estatística no perímetro e na área das vilosidades em resposta ao nível de farinha de peixe das dietas. Somente a atividade de fenoloxidase (FO), entre os parâmetros imunológicos avaliados do *L.vannamei*, apresentou uma resposta significativa como resultado dos diferentes níveis de farinha de peixe.. Desse modo, é possível concluir que a farinha de peixe em dietas para juvenis do *L. vannamei* pode ser substituída integralmente pelo farelo de soja desde que o perfil dietético dos aminoácidos essenciais seja adequadamente balanceado.

Palavras-chave: Farinha de Soja .Aquicultura. Aminoácidos.

ABSTRACT

Fish meal is a protein ingredient used in feeds for the farming of marine shrimp. However, there is a need to reduce its use due to restrictions in supply and increased prices. The objective of the present work was to evaluate the growth performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles fed diets with a progressive reduction in fish meal and balanced with synthetic amino acids. Four diets containing 18, 12, 6 and 0% (% of diet, as-is basis) fish meal and 20.73, 28.95, 37.80 and 46.08% soybean meal, respectively, were prepared. To keep diets isoaminoacidic, supplementation with the synthetic amino acids DL-methionyl-DL-methionine, L-Lysine, L-Threonine, L-Arginine and L-Tryptophan was carried out. For the growth performance study, four 0.5 m³ tanks were designated for each dietary treatment, totaling 16 tanks. Juveniles of *L. vannamei* with 1.00 ± 0.08 g body weight (mean \pm standard deviation) were stocked at 100 animals/m² and farmed for 77 days. Mean water salinity, pH and temperature reached 39 ± 3 g/L, 7.90 ± 0.15 and $28.1 \pm 0.7^\circ\text{C}$, respectively. At harvest, shrimp survival was high ($92.8 \pm 4.0\%$) and unaffected by dietary fish meal levels. The gain in shrimp yield and weekly growth reached $1,358 \pm 76$ g/m² and 1.34 ± 0.08 . Both the apparent feed intake and feed conversion ratio (FCR) were lower for the diet without fish meal ($P > 0.05$). Histological analysis of shrimp gut did not show any statistical difference in the perimeter and villus area in response to fish meal level. It was also not possible to detect a significant response in immunological parameters of *L. vannamei* as a result of the different levels of fish meal, except for phenoloxidase (PO) activity. Thus, it is possible to conclude that fish meal in diets for *L. vannamei* juveniles can be fully replaced by soybean meal if the dietary profile of essential amino acids is properly balanced.

Keywords: Soy Bean meal. Aquaculture. Aminoacids

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tanques de cultivo em galpão coberto utilizado no estudo.....	14
Figura 2 - Ingredientes sendo pesados para a preparação das rações (esquerda). Todos os ingredientes secos pesados e prontos para serem misturados (direita).	17
Figura 3 - Camarão juvenil na primeira biometria (esquerda). Camarões juvenis na fase de estocagem do sistema.....	19
Figura 4 - Fixação de amostras de camarão em solução de Davidson para análise histológica (esquerda) e coleta da hemolinfa (direita).....	21

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Peso corporal médio final (\pm erro padrão) do camarão (PC, g) após 77 dias de cultivo. Os camarões foram alimentados com dietas com níveis decrescentes de farinha de peixe. Letras minúsculas em comum indicam diferença não estatisticamente significativa entre cada nível de farinha de peixe de acordo com o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05.....15

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Composição de ingredientes das dietas experimentais. 15
- Tabela 2 – Conteúdo proteico e perfil aminoácido das dietas experimentais. 16
- Tabela 3 - Desempenho zootécnico de juvenis do *L. vannamei* alimentados com dietas submetidas a uma redução progressiva dos níveis dietéticos de farinha de peixe. Peso corporal inicial do camarão = $1,00 \pm 0,08$ g. Letras iguais nas colunas indicam diferença estatística não significativa segundo o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05. 25
- Tabela 4 - Alterações no perímetro e na área de vilosidades do intestino médio do *L. vannamei* como resultado do nível de inclusão de farinha de peixe nas dietas. Dados apresentados como média \pm desvio padrão. n = 10. 27
- Tabela 5 - Resposta imunológica de juvenis do *L. vannamei* a dietas com redução progressiva nos níveis de farinha de peixe. Os camarões foram despescados após 77 dias de cultivo. Os valores são apresentados com média (\pm dp) da contagem total de *Vibrio* spp. (Log_{10} UFC/g) no intestino do camarão, contagem total de hemócitos ($\times 10^6$ células/mL), concentração total de proteínas (mg proteína/mL), atividade de fenoloxidase (U/min./mg) e título de aglutinação do soro (Log_2). Dados apresentados como média \pm desvio padrão. Letras iguais em cada coluna indicam diferença estatística não significativa segundo o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05. 28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Desenho experimental	13
2.2 Sistema de cultivo	13
2.3 Preparação das dietas	14
2.4 Estocagem das pós-larvas e juvenis	18
2.5 Manejo do sistema	Erro! Indicador não definido.
2.6 Parâmetros de desempenho zootécnico	Erro! Indicador não definido.
2.7 Histologia	21
2.8 Avaliação da microbiota intestinal	22
2.9 Análise imunológica	22
2.10 Análise estatística	23
3 RESULTADOS	24
3.1 Desempenho zootécnico	24
3.2 Análises histológicas e respostas imunológicas	26
4 DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), é o crustáceo mais cultivado no mundo. Em 2018, sua produção mundial alcançou 4.966.200 toneladas, representando 52,9% da produção global de crustáceos (FAO, 2020). Esta atividade vem ganhando notoriedade em regiões tropicais devido ao seu potencial de crescimento e benefícios socioeconômicos (FAO, 2020). Os níveis de intensificação e os métodos de cultivo adotados no cultivo do *L. vannamei* são diversificados em função das variáveis ambientais e econômicas predominantes em cada região (AVNIMELECH *et al.*, 2008; FAÇANHA, 2018).

Nos sistemas de produção aquícola existem diversas características de cultivo que podem influenciar o crescimento dos animais, como a densidade de estocagem (FAÇANHA, 2018). Em condições de alta densidade, a nutrição exerce um papel preponderante sobre o desempenho zootécnico já que a produtividade natural não consegue atender plenamente as exigências nutricionais dos camarões cultivados (NUNES *et al.*, 2014). Portanto, em cultivos intensivos, as rações precisam ser formuladas disponibilizando todos os nutrientes essenciais necessários para maximizar a sobrevivência e o crescimento dos animais.

Para uma nutrição adequada de juvenis do *L. vannamei*, a ração deve conter 30% de digestível e todos os dez aminoácidos considerados essenciais nas quantidades exigidas pela espécie (NRC, 2011; NUNES *et al.*, 2014). Portanto, os ingredientes proteicos presentes em uma fórmula de ração devem apresentar uma alta digestibilidade, de forma a atender plenamente essas exigências. Contudo, as fontes de proteína disponíveis no mercado possuem uma digestibilidade variável e mesmo quando apresentam um alto conteúdo proteico, podem não necessariamente serem digestíveis para a espécie em questão (NUNES *et al.*, 2014). A qualidade da água, a alta densidade de estocagem e o manejo inadequado da ração são também pontos que influenciam a absorção dos nutrientes pelo animal (COSTA, 2018).

Os principais fatores a serem observados dentre os ingredientes são: a quantidade de proteína bruta, a energia disponível e sua digestibilidade, as concentrações de fósforo e cálcio, além dos níveis de metionina e lisina (NRC, 2011). Para balancear nutricionalmente uma fórmula de ração é preciso calcular o aporte de nutrientes de cada matéria prima em função do seu nível nutricional e inclusão

dietética. A tecnologia aplicada na fabricação da ração também deve ser levada em consideração em conjunto com a qualidade e características físicas de cada ingrediente. É necessário conhecer suas propriedades químicas e se os nutrientes vão se manter disponíveis após o processo fabril, como a moagem, mistura, cozimento e peletização (FOX; HUMES, 2011).

Grande parte das rações comerciais utilizam na sua composição a farinha de peixe como fonte proteica, por apresentar uma alta digestibilidade, atuar como palatabilizante e atrativo alimentar, além de aportar outros nutrientes, como aminoácidos, ácidos graxos, colesterol, fosfolipídios e minerais (GUILLAUME, 1997). Diante da alta demanda por rações de alta qualidade e com custo econômico acessível, há a necessidade de diminuir o uso de farinha de peixe e, devido a sua disponibilidade limitada no mercado e os altos preços praticados, tem havido uma tendência mundial de reduzir seu uso. A redução de farinha de peixe em rações de camarão impacta diretamente os níveis de alguns aminoácidos considerados essenciais, como a metionina e a lisina. Os níveis dietéticos recomendados desses aminoácidos para maximizar o crescimento do *L. vannamei* varia entre 0,7 e 1,0% e de 1,6 e 2,1% da dieta (na base seca), respectivamente (NRC, 2011). Para compensar eventuais deficiências, esses aminoácidos são suplementados nas dietas na sua forma sintética, de forma a contrabalancear possíveis deficiências e impactos negativos no desempenho zootécnico dos camarões (BROSNAN, 2006).

A suplementação dietética com aminoácidos sintéticos ou cristalinos representa uma alternativa para diminuir a dependência de farinha de peixes em rações de camarões. Porém, os aminoácidos cristalinos possuem uma característica em comum que é a solubilidade em água, sofrendo uma rápida lixiviação ao entrar em contato com a água de cultivo, isso aliado a modo de alimentação lenta dos camarões, pode potencializar a perda desses aminoácidos (KOBLE, 2014).

Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a possibilidade de eliminação do uso de farinha de peixe mediante a suplementação das dietas com aminoácidos sintéticos, sem comprometimento do desempenho zootécnico de juvenis do *L. vannamei*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Desenho Experimental

O estudo foi realizado nas instalações do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (03°50'01.55" S e 038°25'22.74" W) do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará – LABOMAR.

Quatro dietas experimentais foram produzidas em laboratório para conter 18, 12, 6 e 0% de farinha de peixe, com um respectivo aumento na inclusão do farelo de soja, 20,7, 29,0, 37,8 e 46,1%. Todas as dietas foram balanceadas para proteína bruta, lipídios totais e aminoácidos essenciais (AAE). As rações foram suplementadas com os aminoácidos cristalinos L-Lisina, L-Treonina, L-Arginina, L-Triptofano e DL-metionil-DL-metionina (AQUAVI® Met-Met, Evonik Nutrition & Care GmbH, Hanau, Alemanha) em diferentes concentrações.

Para o estudo de desempenho zootécnico, foram designados quatro tanques redondos de 0,5 m³ para cada tratamento dietético, totalizando 16 tanques. Camarões juvenis da espécie *L. vannamei* com 1,00 ± 0,08 g de peso médio (± desvio padrão) na densidade 100 animais/m² e cultivados por 77 dias nas respectivas dietas experimentais.

2.2 Sistema de Cultivo

O sistema de cultivo adotado no estudo foi composto por tanques redondos, azuis, feitos em polipropileno, independentes, com 0,5 m³ de volume, 0,85 m de diâmetro interno, 0,56 m de altura e área inferior de 0,57 m² (Figura 1). Cada tanque foi equipado com entrada e saída de água individual, sistema de aeração e uma bandeja de alimentação. O sistema operou sob circulação contínua de água, em galpão coberto, submetido a um ciclo de luz artificial (12 h de luz a partir das 05h:45min até 17h:45min) controlado por um temporizador.

Figura 1 - Tanques de cultivo em galpão coberto utilizado no estudo.



Fonte: Alberto Nunes.

Todos os tanques foram equipados com um sistema de aeração feitos com tubos de 0,5 m (Aero-Tube™, Tekni-Plex Aeration, Austin, Texas, USA) posicionados próximo ao fundo do tanque, na extremidade oposta da bandeja de alimentação. Esse sistema funcionou com o apoio de dois sopradores 2,0 cv de potência. Toda a água salgada empregada no cultivo foi submetida a filtragem em filtro de areia com capacidade de 240 kg. O sistema contou com o apoio de um gerador a diesel com 150 kvA (kilo volts amperes) que automaticamente acionava em caso de falha no fornecimento de energia elétrica.

2.3 Preparação das Dietas

Uma dieta basal foi formulada contendo 18,00% de farinha de peixe (1885) e 20,73% de farelo de soja. A partir desta dieta, três outras foram formuladas com 12,00 (1285), 6,00 (685) e 0% (085) de farinha de peixe, em combinação com 28,95, 37,80 e 46,08% de farelo de soja, respectivamente (Tabela 1). Todas as dietas foram formuladas para conter uma quantidade fixa de metionina por meio da suplementação com um dipeptídeo, a DL-metionil-DL-metionina (AQUAVI® Met-Met, Evonik Nutrition & Care GmbH, Hanau, Alemanha). As dietas foram também balanceadas com L-Lisina (Biolys®, Evonik Nutrition & Care GmbH), L-Treonina (ThreAMINO®, Evonik Nutrition & Care GmbH), L-Triptofano (TrypAMINO®, Evonik Nutrition & Care GmbH) e L-

Arginina (Sigma-Aldrich do Brasil Ltda., São Paulo, SP; Tabela 2). Uma combinação de farinha de lula e farinha de krill foi utilizada na inclusão fixa de 2,00% com o objetivo de promover a atratividade e a palatabilidade das dietas.

Tabela 1 – Composição de ingredientes das dietas experimentais.

Ingredientes	Inclusão de farinha de peixe (% da dieta, base natura)			
	18	12	6	0
Farinha de trigo ¹	30,00	30,00	30,00	30,00
Farelo de soja ²	20,73	28,95	37,80	46,08
Glúten de trigo ³	5,00	5,00	5,00	5,00
Farinha de salmão ⁴	18,00	12,00	6,00	-
Fécula de mandioca	5,95	4,20	1,35	-
Óleo de salmão	3,19	3,13	3,10	3,02
Lecitina de soja	2,20	2,60	3,00	3,38
Caulim	5,00	4,00	2,00	-
Farinha de krill ⁵	2,00	2,00	2,00	2,00
Farinha de lula ⁶	2,00	2,00	2,00	2,00
Monofosfato de sódio	1,39	1,39	1,39	1,45
L-Lisina ⁷	0,41	0,43	0,43	0,47
Sulfato de magnésio	-	-	0,49	0,004
Carbonato de cálcio	-	-	1,00	1,97
Premix vitam.-min. ⁸	1,00	1,00	1,00	1,00
Cloreto de potássio	0,68	0,84	0,99	1,13
L-Treonina ⁹	0,14	0,14	0,14	0,12
L-Arginina HCl ¹⁰	0,73	0,47	0,20	-
L-Triptofano ¹¹	0,11	0,09	0,06	0,04
Aglut. sintético ¹²	0,50	0,50	0,50	0,50
DL-Met-Met ¹³	0,25	0,30	0,34	0,39
Colesterol ¹⁴	-	0,02	0,04	0,07
Stay C®, 35% ¹⁵	0,03	0,03	0,03	0,03
Sal	0,69	0,91	1,14	1,35

¹12,80% umidade, 11,44% proteína bruta (PB), 0,97% extrato étereo (EE), 0,19% fibra bruta (FB), 0,68% cinzas, 0,18% metionina (Met), 0,27% lisina (Lis), 0,44% metionina + cisteína (M+C).

²Bunge Alimentos S.A. (Luiz Eduardo Magalhães, BAI). 10,30% umidade, 47,38% PB, 2,28% EE, 5,99% FB, 6,05% cinzas, 0,61% Met, 2,88% Lis, 1,28% M+C.

³Amytex 100. Tereos Syral S.A.S. (Marckolsheim, França). 6,75% umidade, 79,68% PB, 2,44% EE, 0,41% FB, 1,87% cinzas, 1,16% Met, 1,35% Lis, 2,68% M+C.

⁴Pesquera Pacific-Star (Puerto Montt, Chile). 10,89% umidade, 64,44% PB, 8,71% EE, 0,21% FB, 16,12% cinzas, 1,87% Met, 4,97% Lis, 2,70% M+C.

⁵Qrill™ Antarctic krill meal (full fat), Aker Biomarine Antarctic AS (Oslo, Noruega). 6,61% umidade, 57,05% PB, 18,47% EE, 11,82% cinzas, 1,63% Met, 3,92% Lis, 2,08% M+C.

⁶9,75% umidade, 83,13% PB, 5,65% EE, 2,34% Met, 5,06% Lis, 3,17% M+C.

⁷BioLis®, Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha). L-Lisina, 54,6%.

⁸Vaccinar Industria e Comercio Ltda. (Pinhais, PR). Níveis de garantia por kg de produto: vitamina A, 1.200.000 UI; vit. D3, 200.000 UI; vit. E, 60.000 mg; vit. K3, 1.000 mg; vit. B1, 2.400 mg; vit. B2, 2.400 mg; vit. B6, 6.000 mg; vit. B12, 4 mg; ácido nicotínico, 10.000 mg; ácido pantotênico, 5.200 mg; biotina, 20 mg; ácido fólico, 400 mg; vit. C, 30.000 mg; colina, 50.000 mg; inositol, 80.000 mg; Fe, 26.000 mg; Cu, 2.000 mg; Zn, 20.000 mg; Mn, 5.000 mg; Se, 100 mg; I, 600 mg; Co, 105 mg; Cr, 60 mg.

⁹ThreAMINO®, Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha). L-Treonina, 98,5%.

¹⁰L-Arginina HCl 99%, Sigma-Aldrich do Brasil Ltda. (São Paulo, SP).

¹¹TrypAMINO®, Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha). L- Triptofano, 98%.

¹²Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético de cálcio lignosulfonatos (94,00%) e goma de guar (6,00%).

¹³AQUAVI® Met-Met, Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha). DL-Metionil-DL-Metionina 95%.

¹⁴Cholesterol SF, mínimo de 91% de colesterol ativo, Dishman Netherlands B.V. (Veenendaal, Holanda)

¹⁵Rovimix® Stay C® 35. Mínimo de 35% de vitamina C fosforizada. DSM Nutritional Products AG (Schweiz, Suíça).

Tabela 2 – Conteúdo proteico e perfil aminoácido das dietas experimentais.

Nutrientes/% Farinha de Peixe	Perfil aminoácido (% da dieta, base natural)				CV (%)
	18	12	6	0	
Matéria seca	89,39	89,66	88,7	88,39	0,66
Proteína bruta	34,73	34,40	34,27	33,57	1,43
Aminoácidos essenciais (AAE)					
Arginina	2,39	2,23	2,11	2,08	6,39
Histidina	0,67	0,69	0,72	0,75	4,95
Isoleucina	1,27	1,30	1,34	1,41	4,55
Leucina	2,18	2,21	2,27	2,38	3,91
Lisina	1,75	1,69	1,68	1,74	2,05
Metionina	0,81	0,81	0,80	0,79	1,19
Metionina + Cisteína	1,25	1,27	1,28	1,32	2,30
Fenilalanina	1,41	1,48	1,55	1,65	6,73
Treonina	1,25	1,24	1,24	1,26	0,77
Triptofano	-	-	-	-	-
Valina	1,42	1,42	1,43	1,48	2,00
Soma AAE	13,15	13,07	13,14	13,54	1,61
Aminoácidos não-essenciais (AANE)					
Alanina	1,51	1,44	1,38	1,35	4,98
Ácido aspártico	2,64	2,74	2,88	3,09	6,87
Cistina	0,44	0,46	0,49	0,53	8,16
Glicina	1,83	1,68	1,53	1,41	11,30
Ácido glutâmico	6,04	6,24	6,48	6,90	5,77
Prolina	2,07	2,07	2,09	2,16	2,04
Serina	1,40	1,44	1,49	1,58	5,25
Taurina	-	-	-	-	-
Tirosina	-	-	-	-	-
Soma AANE	15,92	16,07	16,34	17,01	2,95
AAE + AANE	29,07	29,14	29,48	30,55	2,31

¹-, não detectado.

Para fabricação das dietas experimentais, os macros ingredientes foram inicialmente moídos em um moinho centrífugo, com potência de 5 cv (modelo MCS 280, Máquinas Vieira Indústria e Comércio Ltda., São Paulo, SP). Após a moagem, os ingredientes foram armazenados em recipientes fechados e em seguida pesados em uma balança eletrônica de precisão (Figura 2, Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, São Paulo, SP). Após a pesagem, todas as matérias primas (macro ingredientes) foram misturadas em um misturador planetário durante 10 min. Uma amostra de 1 kg desta mistura foi recolhida para incorporação dos micros ingredientes (vitaminas, minerais, aglutinante sintético e aminoácidos cristalinos) em um misturador em Y, que operou a uma velocidade de 30 RPM durante 10 minutos. Após esse procedimento, realizou-se a mistura dos macros e micro ingredientes e a adição dos ingredientes líquidos e de água doce sob temperatura ambiente, sendo este último adicionado lentamente, na proporção de 4 L para cada 15 kg de ingredientes, até a obtenção de uma mistura homogênea (Figura 2).

Figura 2 - Ingredientes sendo pesados para a preparação das rações (esquerda). Todos os ingredientes secos pesados e prontos para serem misturados (direita).



Fonte: o autor.

Posteriormente foi realizado o processo de cozimento e extrusão com uma extrusora laboratorial (modelo Extrusora EX MICRO, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, SP), ajustada para operar sob uma temperatura de 90 °C. O diâmetro e o

comprimento dos *pellets* foram regulados utilizando uma matriz e facas da própria extrusora, respectivamente. Em seguida, as rações foram transferidas para cozimento a vapor durante 3 minutos sob 95 °C.

As dietas foram submetidas a um processo de secagem através do uso de estufa com circulação contínua de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo), por um período máximo de 3 h, sob temperatura de 60 °C, até atingir umidade entre 10 e 12%. Para alcançar este valor, amostras das dietas foram coletadas a cada 15 minutos para determinação da umidade utilizando um analisador rápido de umidade com lâmpada alógena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, New Jersey, EUA). Ao final do processo de fabricação, as dietas foram embaladas, etiquetadas e estocadas em câmara fria sob uma temperatura de -15 °C, até a utilização.

2.4 Estocagem das pós-larvas e juvenis

Pós-larvas (PLs) do camarão branco do Pacífico, *L. vannamei*, foram transportadas para o laboratório como PL10 de uma larvicultura comercial (Samaria Unidade de Pós-Larvas Ltda., Touros, Rio Grande do Norte). Os camarões foram cultivados em tanques berçários de 20 m³ cada, sob 1.000 PL/m³, até atingirem 1 g de peso corporal (PC). Para a estocagem, no sistema de tanques cobertos, os camarões foram classificados por tamanho para homogeneizar o PC em 1,00 ± 0,08 g. Para aclimação, os camarões foram estocados na densidade de 100 animais/m² e alimentados por quatro dias, com uma ração comercial.

Os camarões foram alimentados com as dietas experimentais por 77 dias. A alimentação ocorreu exclusivamente em bandejas de alimentação sendo ofertada a ração quatro vezes ao dia, às 07:00, 10:00, 13:00 e 16:00 h. As bandejas com 14,3 x 3,5 cm (diâmetro x altura) foram instaladas na parte central de cada tanque sob a densidade de uma unidade por tanque. A refeição diária foi dividida em quatro partes (1^a, 2^a, 3^a e 4^a alimentação), correspondendo a 25, 15, 15 e 45% da quantidade diária total de ração, respectivamente. As taxas de alimentação foram calculadas pela equação $RM = 0,0931PC^{0,6200}$, onde RM é a quantidade máxima de alimento que pode ser consumido diariamente por um camarão com um PC específico (NUNES; PARSONS, 2000).

2.5 Estocagem das pós-larvas e juvenis

A quantidade de ração ofertada foi ajustada diariamente, assumindo inicialmente um ganho de peso estimado de 80 mg/dia/camarão e uma queda diária de 0,05% na sobrevivência do camarão para todas as dietas. As bandejas de alimentação foram inspecionadas diariamente para verificar a existência de animais mortos. Neste caso, os camarões mortos foram recolhidos e subtraídos da população inicial estocada.

Os parâmetros de qualidade da água (pH, temperatura e salinidade) foram aferidos uma vez por dia às 09:00 h em todos os tanques. A média (\pm desvio padrão, dp) da salinidade, pH e temperatura atingiu 39 ± 3 g/L (32 - 43, n = 2,080), $7,90 \pm 0,15$ (7,00 - 8,10, n = 2,080), e $28,1 \pm 0,7^\circ\text{C}$ (26,1 - 30°C , n = 1,719). Sempre que necessário, foi realizada a drenagem da água do fundo do tanque e a adição de uma nova água do mar filtrada adotando-se no máximo 5% do volume total de cada tanque. O melaço de cana de açúcar em pó foi aplicado antes do povoamento dos camarões e uma vez por semana durante todo cultivo a uma taxa de 5 g/m^3 .

Figura 3 - Camarão juvenil na primeira biometria (esquerda). Camarões juvenis na fase de estocagem do sistema (direita).



Fonte: o autor.

Durante todo o período experimental, os camarões foram alimentados quatro vezes por dia exclusivamente bandejas de alimentação com 14,3 cm de diâmetro e bordas com 3,5 cm de altura. As bandejas foram instaladas centralizadas no meio de cada tanque e posicionada no fundo, na densidade de uma unidade por tanque. Em cada período de alimentação, as bandejas eram verificadas para

visualizar restos de comida, se existisse, eram recolhidos para pesagem e posterior descarte.

A quantidade de ração a ser ofertada foi ajustada diariamente assumindo inicialmente um ganho de peso corporal de 80 mg/dia/camarão e uma redução diária na sobrevivência dos camarões de 0,05%. As bandejas de alimentação foram inspecionadas diariamente para verificar a existência de animais mortos. Neste caso, o camarão recolhido e subtraído da população inicial estocada. Os animais mortos não foram substituídos ao longo do estudo. A ração não consumido presente na bandeja foi coletada, submetida a secagem em estufa, pesados e descartada.

Os parâmetros de qualidade da água (pH, temperatura e salinidade) foram aferidos uma vez por dia às 09:00 h em todos os tanques. A média (\pm desvio padrão, dp) da salinidade, pH e temperatura atingiu 39 ± 3 g/L (32 - 43, n = 2,080), $7,90 \pm 0,15$ (7,00 - 8,10, n = 2,080), e $28,1 \pm 0,7$ °C (26,1 – 30 °C, n = 1,719). Sempre que necessário, foi realizada a drenagem da água do fundo do tanque e a adição de uma nova água do mar filtrada adotando-se no máximo 5% do volume total de cada tanque. O melaço de cana de açúcar em pó foi aplicado antes do povoamento dos camarões e uma vez por semana durante todo cultivo a uma taxa de 5 g/m³.

2.6 Parâmetros de Desempenho Zootécnico

Os camarões foram cultivados durante um total de 77 dias, incluindo sete dias de aclimatação. Na despesca, todos os camarões vivos foram capturados, contados e pesados individualmente com uma balança eletrônica precisão de 0,01 g. Com estes dados, foram determinados os seguintes parâmetros:

1. Ganho de biomassa de camarão (g) = biomassa de camarão na despesca (g) - biomassa de camarão na estocagem (g)
2. Sobrevivência final do camarão (%) = (número de camarões despescados ÷ número de camarões estocados) x 100
3. Consumo aparente de ração (g de ração/camarão) = quantidade total de ração ofertada após secagem em estufa (g) ÷ número de camarões estocados (g)
4. Fator de conversão alimentar (à base seca) = consumo total aparente de ração (g/tanque) ÷ ganho de biomassa de camarão por tanque (g/tanque)

5. Taxa de crescimento semanal (g/semana) = ((peso corporal médio final do camarão - peso corporal médio inicial) ÷ dias de cultivo) x 7
6. Ganho de produtividade (g de biomassa ganha de camarão/m²) = ganho de biomassa de camarão (g/tanque) ÷ área de fundo do tanque (m²).

2.7 Histologia

Foram realizadas análises histológicas. As 64 amostras do *L. vannamei* (quatro camarões por tanque) coletas na despesca foram fixadas em solução Davidson devidamente armazenadas e transportadas para o Laboratório de Saúde Aquícola (AQUOS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em Florianópolis, SC (Figura 4). Para o processamento, as amostras foram transferidas para álcool 70° GL e permaneceram imersas durante 24 h. Posteriormente, foram armazenadas em histocassetes e processadas utilizando método histológico padrão que consistiu na desidratação, diafanização, parafinização e inclusão das amostras em blocos de parafina. Os blocos foram cortados com a ajuda de um micrótomo de mão (4 µm) e as fitas formadas foram recolhidas em lâminas que foram coradas por hematoxilina-eosina. As lâminas foram analisadas com o auxílio de um microscópio óptico e interpretadas com foco nas características e (ou) alterações no perímetro e na área de vilosidades do camarão na porção mediana do intestino.

Figura 4 - Fixação de amostras de camarão em solução de Davidson para análise histológica (esquerda) e coleta da hemolinfa (direita).



Fonte: Alberto Nunes

2.8 Avaliação da Microbiota Intestinal

Foram coletadas amostras do intestino de cinco camarões de cada tanque por tratamento experimental. Com o auxílio de material cirúrgico esterilizado, os intestinos foram extraídos, pesados e homogeneizados. Posteriormente, foram diluídos em série (1/10) em solução salina estéril (3% NaCl) e 100 µL de cada diluição foram semeados com a ajuda de um cabo T estéril em placas de Petri contendo tiossulfato de ágar, citrato, bÍlis e sacarose (TCBS) com 3% de NaCl (meio seletivo para *Vibrio spp.*). As placas foram incubadas a 30 °C e após 24 h, foi realizada a contagem das colônias. Os dados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de intestino (UFC/g).

2.9 Análise Imunológica

A hemolinfa de dez camarões de cada tratamento (Figura 4) foi coletada. As amostras foram recolhidas com seringas esterilizadas de agulha de 21 g e resfriadas à 4 °C. Um total de 40 µL de hemolinfa de cada animal foi fixada em uma solução de 4% de formaldeído/Mas (citrato de sódio 27 mm, edta 9 mm, glicose 115 mm, NaCl 336 mm, pH 7,0) para contagem total de hemócitos (CTH). O restante da hemolinfa foi deixada para coagular a 4 °C. A hemolinfa coagulada foi congelada à -20 °C e repetidamente centrifugada a 10000 g durante 10 min. para obtenção do soro. Este foi aliqotado e armazenado a -20 °C para utilização posterior em outras análises imunológicas.

O número total de hemócitos por mL de hemolinfa (CTH, contagem total de hemócitos) foi estimado por uma contagem direta em uma câmara Neubauer. Para determinar o título de aglutinação do soro, foram diluídas em série amostras de soro de 50 µL em Tbs-1 (50 mm tris, 150 mm NaCl, 10 mm CaCl₂, 5mm MgCl₂, pH 7,4) numa placa de fundo plano de 96 microplacas. Depois de adicionar 50 µL de 2% de solução de eritrócitos e em solução Tbs-1, a microplaca foi incubada durante 3 h à 25°C numa câmara umidificada.

A atividade de phenoxidase (PO) foi determinada por espectrofotometria (490 nm) por meio da formação do pigmento dopa-cromo após oxidação do substrato l-dihidroxifenilalanina (l-dopa, Sigma Chemical Co., St. Louis, EUA). De forma

resumida, as amostras de soro foram diluídas (1:8) em Tbs-2 (10 mm tris, 336 mm NaCl, 5 mm CaCl₂, 10 mm MgCl₂, pH 7,6), e 50 µL desta solução foi pré-incubada com um volume igual da tripsina indutora da enzima (Sigma, 1 mg/mL) durante 15 min à 20 °C numa placa de fundo plano de 96 microplacas. Em seguida, a tripsina e o soro foram substituídos por Tbs-2. Após incubação, 50 µL de l-dopa (3 mg/mL) foi adicionado as microplacas, e a formação de dopa-cromo foi monitorizada após 5 min. Uma unidade da atividade específica da PO é equivalente à variação de 0,001 na absorvência/min./mg de proteína. A concentração de proteína na hemolinfa foi estimada pelo método de Bradford (1976) usando a soroalbumina bovina como padrão.

2.10 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o programa Statistical Package for Social Sciences, pacote 23 (IBM® SPSS® Statistics, Chicago, Illinois, EUA). O efeito da inclusão da farinha de peixe das dietas sobre o desempenho zootécnico, microbiota intestinal e parâmetros imunológicos dos camarões foi analisado por Análise de Variância (ANOVA) de uma via. Quando diferenças significativas foram detectadas, essas foram comparadas duas a duas com o teste de Tukey HSD. Um nível significância de 5% foi adotado em todas as análises.

3 RESULTADOS

3.1 Desempenho Zootécnico

A sobrevivência final dos camarões foi elevada ($92,8 \pm 4,0\%$) e não foi afetada pelos níveis dietéticos de farinha de peixe ($p > 0,05$; Tabela 3). Os camarões apresentaram um crescimento rápido sob todos os tratamentos dietéticos atingindo uma taxa de crescimento semanal superior a 1,3 g, com média de $1,34 \pm 0,08$ g ($p > 0,05$).

Igualmente, o ganho de produtividade dos camarões não foi influenciado por uma redução progressiva de farinha de peixe nas dietas, alcançando uma média de $1,358 \pm 76$ g/m² ($P > 0,05$; Tabela 3). Porém, o FCA foi estatisticamente mais elevado nos camarões alimentados com a dieta contendo 6% de farinha de peixe ($1,35 \pm 0,05$) comparado as demais ($P \leq 0,05$). Os animais alimentados com as dietas contendo zero, 12 e 18% de farinha de peixe não apresentaram diferença entre si para o FCA ($p > 0,05$). O CAR se mostrou estatisticamente diferente ($p \leq 0,05$) apenas entre as dietas contendo zero e 12% de farinha de peixe. Essa última apresentou um maior CAR ($17,9 \pm 1,0$ g/camarão) comparado com a dieta sem farinha de peixe ($17,5 \pm 1,2$ g/camarão).

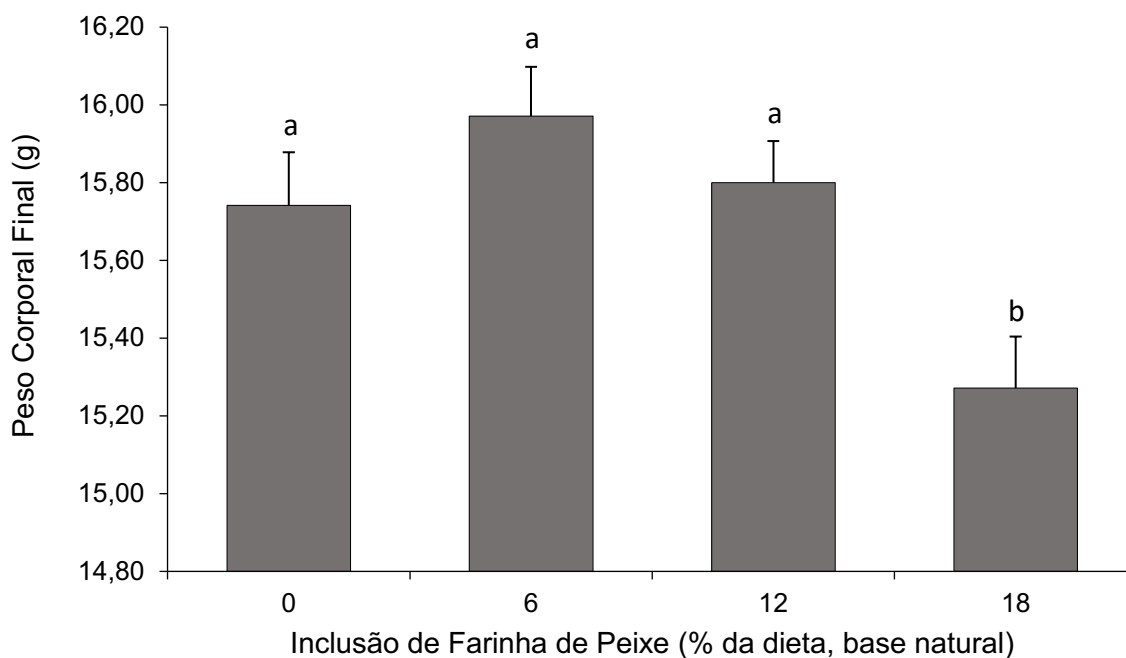
O peso corporal final dos camarões excedeu 14 g ao final do cultivo experimental (Gráfico 1). Foi observado uma redução do peso corporal final dos camarões na dieta contendo o nível mais alto de farinha de peixe ($15,27 \pm 1,81$ g).

Tabela 3 - Desempenho zootécnico de juvenis do *L. vannamei* alimentados com dietas submetidas a uma redução progressiva dos níveis dietéticos de farinha de peixe. Peso corporal inicial do camarão = $1,00 \pm 0,08$ g. Letras iguais nas colunas indicam diferença estatística não significativa segundo o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05.

Dieta	Sobrevivência Final (%)	Ganho de Produtividade (g/m ²)	Taxa de Crescimento (g/semana)	CAR ¹ (g/camarão)	FCA ¹
18%	93,9 ± 4,6	1,334 ± 116	1,30 ± 0,07	17,1 ± 0,4ab	1,29 ± 0,09ab
12%	94,7 ± 2,8	1,398 ± 60	1,35 ± 0,05	17,9 ± 1,0b	1,28 ± 0,04ab
6%	89,5 ± 3,5	1,329 ± 53	1,36 ± 0,05	17,9 ± 0,7ab	1,35 ± 0,05b
0%	93,4 ± 4,1	1,370 ± 76	1,34 ± 0,13	17,5 ± 1,2a	1,27 ± 0,02a
Média ± dp	92,8 ± 4,0	1,358 ± 76	1,34 ± 0,08	-	-
ANOVA <i>p</i>	0,049	0,595	0,056	0,043	0,026

¹CAR, Consumo Aparente de Ração; FCA, Fator de Conversão Alimentar

Gráfico 1 - Peso corporal médio final (\pm erro padrão) do camarão (PC, g) após 77 dias de cultivo. Os camarões foram alimentados com dietas com níveis decrescentes de farinha de peixe. Letras minúsculas em comum indicam diferença não estatisticamente significativa entre cada nível de farinha de peixe de acordo com o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05.



3.2 Análises Histológicas e Respostas Imunológicas

A análise histológica do intestino dos camarões não mostrou qualquer diferença estatística no perímetro e na área das vilosidades em resposta ao nível de farinha de peixe nas dietas (Tabela 4). Portanto, histologicamente, não foi detectado um efeito deletério sobre intestino médio dos camarões como resultado da eliminação da farinha de peixe nas dietas.

Tabela 4 - Alterações no perímetro e na área de vilosidades do intestino médio do *L. vannamei* como resultado do nível de inclusão de farinha de peixe nas dietas. Dados apresentados como média \pm desvio padrão. n = 10.

Dieta/% Farinha de Peixe	Perimetral ($\times 10^4 \mu\text{m}$)	Área ($\times 10^6 \mu\text{m}$)
18	0,62 \pm 0,23	0,86 \pm 0,18*
12	0,63 \pm 0,14	1,88 \pm 2,59
6	0,86 \pm 0,42	1,10 \pm 0,65
0	0,63 \pm 0,16	0,99 \pm 0,44
Média \pm dp	0,68 \pm 0,27	1,21 \pm 1,36
ANOVA <i>p</i>	0,243	0,930

Também não foi possível detectar uma resposta significativa dos parâmetros imunológicos avaliados do *L. vannamei* como resultado dos diferentes níveis de farinha de peixe (Tabela 5), com exceção da atividade de fenoloxidase (FO). A contagem total de *Vibrio spp.* no intestino médio dos camarões alcançou uma média de $5,54 \pm 0,63 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$. A contagem de hemócitos na hemolinfa (CTH), a concentração total de proteínas (CTP) e o título de aglutinação do soro do camarão (TAS) alcançaram médias de $41,02 \pm 6,60 \times 10^6 \text{ células/mL}$, $224,78 \pm 57,47 \text{ mg proteína/mL}$ e $9,33 \pm 1,00 \text{ Log}_2$, respectivamente. No caso da atividade de FO, os camarões alimentados com as dietas contendo 12% e zero de farinha de peixe exibiram os menores valores ($16,21 \pm 4,41$ e $14,97 \pm 4,52 \text{ U/min./mg}$, respectivamente) comparado com os animais alimentados com 6% ($19,46 \pm 3,18 \text{ U/min./mg}$). Este último não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) comparado com os animais alimentados com 18% de farinha de peixe ($20,42 \pm 7,39 \text{ U/min./mg}$).

Tabela 5 - Resposta imunológica de juvenis do *L. vannamei* a dietas com redução progressiva nos níveis de farinha de peixe. Os camarões foram despescados após 77 dias de cultivo. Os valores são apresentados com média (\pm dp) da contagem total de *Vibrio* spp. (Log_{10} UFC/g) no intestino do camarão, contagem total de hemócitos ($\times 10^6$ células/mL), concentração total de proteínas (mg proteína/mL), atividade de fenoloxidase (U/min./mg) e título de aglutinação do soro (Log_2). Dados apresentados como média \pm desvio padrão. Letras iguais em cada coluna indicam diferença estatística não significativa segundo o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05.

Dietas/% Farinha Peixe	Parâmetros Imunológicos ¹				
	<i>Vibrio</i> spp. (Log_{10} UFC/g)	CTH ($\times 10^6$ células/mL)	CTP (mg proteína/mL)	Atividade de FO (U/min./mg)	TAS (Log_2)
18	5,80 \pm 0,32	43,00 \pm 4,23	208,41 \pm 41,14	20,42 \pm 7,39ab	9,35 \pm 0,93
12	5,40 \pm 0,85	41,05 \pm 7,73	192,17 \pm 18,96	16,21 \pm 4,41a	8,75 \pm 1,09
6	5,45 \pm 0,95	39,72 \pm 7,52	247,83 \pm 82,40	19,46 \pm 3,18b	9,35 \pm 0,86
0	5,49 \pm 0,24	40,32 \pm 8,41	250,72 \pm 60,16	14,97 \pm 4,52a	9,89 \pm 1,07
Media \pm dp	5,54 \pm 0,63	41,02 \pm 6,60	224,78 \pm 57,47	-	9,33 \pm 1,00
ANOVA <i>p</i>	0,868	0,281	0,541	0,039	0,111

¹CTH, contagem total de hemócitos na hemolinfa; CTP, contagem total de proteínas; FO, atividade de fenoloxidase; TAS, título de aglutinação do soro.

4 DISCUSSÃO

O presente trabalho demonstrou que uma redução de 18% para 0% dos níveis de farinha de peixe em uma dieta prática para juvenis do *L. vannamei* não causa efeitos deletérios sobre o desempenho zootécnico, saúde intestinal ou *status* imunológico da espécie. Os resultados alcançados de sobrevivência final dos camarões foram elevados o que sugere que as condições de cultivo e o perfil nutricional das dietas atenderam as exigências da espécie. Esses resultados corroboram com os resultados de Jatobá *et al.* (2017). Os autores substituíram a farinha de peixe (20,9%) por concentrado proteico de soja em dietas para o *L. vannamei* em níveis de 0, 33, 66, e 100%. A sobrevivência final dos camarões variou entre $77,09 \pm 4,36$ e $83,08 \pm 3,59\%$ após 40 dias de cultivo. Esse resultado é inferior a sobrevivência final alcançada no presente trabalho que foi em média $92 \pm 4,0\%$ em 77 dias de cultivo.

Outros trabalhos já demonstraram que é possível eliminar a farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei* sem efeitos deletérios sobre a sobrevivência ou desempenho zootécnico. Por exemplo, Amaya *et al.* (2017) trabalharam com camarões com peso médio inicial de $0,743 \pm 0,031$ g estocados sob 37,5 camarões/m³ (30 camarões/tanque) em tanques circulares mantidos em área aberta. Os autores conseguiram reduzir a inclusão de farinha de peixe de 9% para zero aumentando a inclusão do farelo de soja de 32,58 para 39,08%. Nesse caso, os autores utilizaram também outras fontes proteicas, tais como farinha de vísceras de aves empregada na inclusão fixa de 16,0% em todas as dietas. A taxa de crescimento semanal dos camarões reportado pelos autores variou de 1,44 a 1,61 g. Esses resultados são superiores ao presente estudo já que a média alcançou $1,34 \pm 0,08$ g/semana. Porém, no presente trabalho as densidades de estocagem foram mais elevadas e os camarões foram mantidos em área coberta, com acesso limitado a alimento natural.

Muito embora o presente estudo tenha obtido êxito na substituição integral da farinha de peixe pelo farelo de soja, os resultados são atribuídos, em parte, pelo balanceamento de aminoácidos realizado. Todas as dietas, incluindo a dieta sem farinha de peixe, apresentaram um conteúdo total de metionina (metionina + cisteína), lisina e treonina relativamente similares (CV < 2%). Adicionalmente, as dietas foram formuladas para atender integralmente as exigências do *L. vannamei* dos aminoácidos

essenciais do *L.vannamei*. Caso essa condição não fosse atendida, provavelmente uma substituição total da farinha de peixe não teria sido conseguida. Por exemplo, Alvarez *et al.* (2007) realizando pesquisa com juvenis do *Litopenaeus schmitti* de peso corporal inicial de $0,35 \pm 0,01$ g utilizando 12 tanques de 40 L estocados com 10 animais/tanque obtiveram resultado similar ao presente estudo. As dietas apresentavam uma substituição progressiva de farinha de peixe (29, 22, 13, 6 e 0%) por farelo de soja (25, 32, 41, 48 e 54%, respectivamente). No entanto, os autores não suplementaram as dietas com aminoácidos cristalinos. Isto pode ter acarretado um conteúdo de um ou mais aminoácidos essenciais abaixo das exigências da espécie. Muito embora uma sobrevivência superior a 90% tenha sido alcançada, os autores reportaram que o máximo de substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja foi de 76,5%.

O farelo de soja contém fatores antinutricionais, portanto pode acarretar perda no desempenho zootécnico quando empregado em altas inclusões, como já observado em peixes de água doce. Xuran *et al.* (2020) avaliaram os parâmetros histológicos intestinais das carpas *Carassius auratus gibelio* e *Cyprinus carpio* alimentadas com dietas contendo níveis progressivos de substituição de farinha de peixe pelo farelo de soja (0, 20, 40, 60, 80 e 100%). Segundo os autores, uma maior substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja induziu alterações na proporção da microbiota intestinal da carpa. Como consequência, os níveis de substituição recomendados variaram de <38,52% a 41,81%. Porém, nossos resultados corroboram com o trabalho de Sooking e Davis (2012). Segundo os autores, desde que os nutrientes essenciais estejam equilibrados nas dietas para atender as exigências nutricionais dos camarões, o farelo de soja pode ser usado para substituir integralmente a farinha de peixe. Os autores trabalharam com dietas para juvenis do *L. vannamei* contendo apenas proteínas de origem vegetal e inclusões de entre 39 e 58% de farelo de soja. Em tanques mantidos em área aberta, estocados com 30 camarões/m², os autores reportaram um peso corporal final dos camarões entre 13,5 e 15,0 g, biomassa final entre 399 e 432 g e FCA entre 1,17 e 1,28.

Contudo, outras apresentações do farelo de soja têm sido investigadas de forma a reduzir os possíveis efeitos dos fatores antinutricionais sobre a saúde do animal. Chiu *et al.* (2016) trabalharam uma mistura fermentada de *Bacillus subtilis* E20 (FSFEM) contendo farelo de soja (SBM) e farinha de minhoca (EM) na proporção de

4:1 em dietas do *L. vannamei*. Com essa mistura, os autores conseguiram alcançar uma substituição de máxima de farinha de peixe de 80%. Além disso, camarões alimentados com dietas contendo essa mistura não tiveram diferenças significativas na sobrevivência após desafiado por *Vibrio alginolyticus*. Fan *et al.* (2021) trabalharam com um farelo de soja tratado com enzimas, os autores formularam dietas para substituir a farinha de peixe de 25 para 13% pelo farelo de soja submetido ao tratamento com enzimas. Segundo os autores, a sobrevivência final dos camarões e a taxa de crescimento específico não foram afetados pela redução da farinha de peixe. Porém, o FCA aumentou de forma significativa na maior inclusão do farelo de soja.

Tais resultados demonstram que outras formas de apresentação do farelo de soja podem promover uma melhoria na sua utilização, especialmente se combinado com as abordagens nutricionais adotadas no presente estudo.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que é possível eliminar a farinha de peixe em dietas práticas para juvenis do *L. vannamei* desde que o perfil aminoacídico dietético seja adequadamente balanceado. Para isso, é particularmente importante garantir que os níveis dietéticos de lisina, metionina, treonina e triptofano, os quais frequentemente se apresentam deficientes em dietas com pouca ou nenhuma farinha de peixe, atendam às exigências quantitativas de espécie mediante a suplementação com fontes sintéticas.

REFERÊNCIAS

AMAYA, Elkin; DAVIS, Donald. **Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei***. *Aquaculture*, 2007. V 262, 419–425 p.

ALVAREZ, Josefa; HERNANDEZ-LLAMAS, Alfredo; GALINDO, José; FRAGA, Iliana; GARCIA, Tsai; VILLARREAL, Humberto. **Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti***. *Aquaculture Research*, 2007. V 38, 689-695 p.

AVNIMELECH, Yoram; VERDEGEM, Marc; KURUP, Madhusoodana; KESHAVANATH, Perar. **Sustainable Land-based Aquaculture: Rational Utilization of Water, Land and Feed Resources**. *Mediterranean Aquaculture Journal*, 2008. V. 1, n. 1, p. 45-55.

BAUER, William; PRENTICE-HERNANDEZ, Carlos; TESSER, Marcelo; WASIELESKY Wasielesky; POERSCH Luãs. **Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp**. *Aquaculture*, 2012.

BROSNAN, John; BROSNAN, Margaret. **The sulfur-containing amino acids: an overview**. *Journal of Nutrition*, 2006. V 36 1636S–1640S p.

BULBUL Mahbuba; KOSHIO, Shunsuke; ISHIKAWA Manabu ;YOKOYAMA Saichiro, KADER Abdul. **Performance of kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus* fed diets replacing fishmeal with a combination of plant protein meals**. *Aquaculture*, 2013.

SHIEH-TSUNG, Chiu; SAOU-LIEN, Wong; YA-LI, Shiu; CHIU-HSIA, Chiu; WANG-CHEN, Guei; CHUN-HUNG, Liu. **Using a fermented mixture of soybean meal and earthworm meal to replace fish meal in the diet of white shrimp, *Penaeus vannamei*** (Boone). *Aquaculture Research*, 2016. v 47, 3489–3500 p.

COSTA, Bruna; STREIT, Danilo. **Cultivo de camarões em sistemas de bioflocos no Brasil: uma alternativa sustentável as intensificações na aquicultura**. Labomar, 2018.

CUZON, Guillaume. 1997. **Energy and Protein: Energy ratio**. *Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society, 1997.

FAÇANHA, Felipe. **Análise da exigência do aminoácido essencial metionina para juvenis do camarão branco *Litopenaeus vannamei*** (BOONE, 1931), com ênfase sobre os efeitos do sistema de cultivo, alimentação e estratégias nutricionais. 2018. 98 f. Tese (Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais). Fortaleza, 2018.

FAN, Yu; LUO, Kai; GUO, Yanlin; GAO, Weihua; XU, Qiaoqing; ZHANG, Wenbing; MAI, Kangsen. **Replacement of fish meal by enzyme-treated soybean on the growth performance, intestine microflora, immune responses and disease resistance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei***. *Aquaculture*, 2021.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**: Sustainability in action, 2020

FOX, Joe; HUMES, Melissa; DAVIS, Allen. **Evaluation of Methionine Supplements and Their Use in Grainbased Feeds for *Litopenaeus vannamei***. Journal of the World Aquaculture Society, 2011.

JATOBÁ, Adolfo; VIEIRA, Felipe; SILVA, Bruno; SOARES, Mariana. **Replacement of fishmeal for soy protein concentrate in diets for juvenile *Litopenaeus vannamei* in biofloc-based rearing system**. R. Bras. Zootec, 2017. v 46 p 705-713.

KOBLER, Cristoph. Dieta para aumentar o vigor de camarões. **Revista ABCC**, 2014. v. 16, n. 3.

NUNES, Alberto; SÁ, Marcelo; BROWDY, Craig; VAZQUEZ-ANON, Mercedes. **Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids**. Aquaculture, 2014. v 431.

NUNES, Alberto; PARSONS, G. **Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis***. Aquaculture, 2000.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington 2011.

SOOKYING, Daranee; DAVIS, D. Allen. **Use of soy protein concentrate in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under field conditions**. Aquacult Int (2012). V 20 357-371 p.

SOOKYING, Daranee; DAVIS, D. Allen. **A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei***. Aquaculture Nutrition 2013. v19 441-448 p.

YUN, Hyeonho; SHAHKAR, Erfan; HAMIDOGHLI, Ali; LEE, Seunghan. **Evaluation of dietary soybean meal as fish meal replacer for juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc system**. Int Aquat Res, 2017. v 9 p 11–24

XURAN, Liu; BEI, Han; JIE, Xu; JUNTAO, Hu WELONG, Wan; SHUAYAN, Miao. **Replacement of fishmeal with soybean meal affects the growth performance, digestive enzymes, intestinal microbiota and immunity of *Carassius auratus gibelio* and *Cyprinus carpio***. College of Animal Science and Technology, Yangzhou University. China, 2020.