



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

**ARTUR NEPOMUCENO SOARES**

**SUBSTITUIÇÃO INTEGRAL DA FARINHA DE SALMÃO POR FARINHA DE  
VÍSCERAS DE AVES *LOW-ASH*, EM RAÇÕES PARA JUVENIS DO CAMARÃO  
*Litopenaeus vannamei***

**FORTALEZA**

**2021**

ARTUR NEPOMUCENO SOARES

SUBSTITUIÇÃO INTEGRAL DA FARINHA DE SALMÃO POR FARINHA DE  
VÍSCERAS DE AVES *LOW-ASH*, EM RAÇÕES PARA JUVENIS DO CAMARÃO

*Litopenaeus vannamei*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar – Labomar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

FORTALEZA – CE

2021

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)

---

S652s Soares, Artur Nepomuceno.  
SUBSTITUIÇÃO INTEGRAL DA FARINHA DE SALMÃO POR FARINHA DE VÍSCERAS DE  
AVES LOW-ASH, EM RAÇÕES PARA JUVENIS DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* / Artur  
Nepomuceno Soares. – 2021.  
53 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

1. Camarão. 2. Nutrição. 3. Farinha de Peixe. 4. Farinha de Aves. I. Título.

CDD 551.46

---

ARTUR NEPOMUCENO SOARES

SUBSTITUIÇÃO INTEGRAL DA FARINHA DE SALMÃO POR FARINHA DE  
VÍSCERAS DE AVES *LOW-ASH*, EM RAÇÕES PARA JUVENIS DO CAMARÃO

*Litopenaeus vannamei*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar – Labomar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.

Área de concentração: Manejo de Ecossistemas para a Produção Biológica.

Linha de pesquisa: Prospecção, Manejo e Conservação de Recursos Costeiros e Oceânicos

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

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

---

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

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por estar sempre presente em minha vida.

A Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por concessão da bolsa de pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes, pela sua excelente orientação, grande apoio e por todos os conhecimentos e oportunidades que me foram oferecidos nesses anos de trabalho.

Aos meus pais, Fernanda Nepomuceno Soares e Glenilson Farias Soares, à minha irmã, Livia Nepomuceno Soares, pelo apoio em minhas decisões e pelos ensinamentos e incentivos dados nesses anos.

Aos meus amigos do LANOA, especialmente aqueles que me ajudaram diretamente em meu projeto.

A Sandra Maria do Nascimento Silva e ao Sebastião de Oliveira Silva Junior por serem grandes amigos, e se fazerem presentes nos momentos de necessidade nos meus anos de trabalho no LANOA.

A minha companheira, Rayssa Magalhães de Holanda e a sua família por serem mais um suporte nesses anos que se passaram.

A empresa BRF S.A. (Capinzal, SC) pela doação da amostra de farinha de vísceras de aves *low-ash* para realização desta pesquisa.

## RESUMO

O camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* é o crustáceo mais cultivado comercialmente no mundo. Nos últimos anos, o uso de farinha de peixe em rações industrializadas para organismos aquáticos se tornou um obstáculo dado às limitações na sua oferta e preço. Como consequência, pesquisas sobre o potencial de proteínas alternativas para uso em rações de camarões e outros organismos aquáticos têm crescido. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho zootécnico (1ª etapa) e a preferência alimentar (2ª etapa) de juvenis de *L. vannamei* alimentados com dietas com substituição progressiva (0, 25, 50, 75 e 100%) de uma farinha de salmão (FS) contendo 64,44% de proteína bruta (PB, base natural) e 8,71% de extrato etéreo (EE) por uma farinha de vísceras de aves *low-ash* (FVA), com 69,79% PB e 13,66% EE. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas, isocalóricas e isoaminoácídicas, com inclusões (% da dieta, base natural) de FS e FVA de 12,00 e 0 (dieta 12-0), 9,00 e 2,22 (9-2), 6,00 e 4,90 (6-5), 3,00 e 7,59 (3-8) e 0 e 10,27%, respectivamente. Na 1ª etapa, camarões com  $0,80 \pm 0,04$  g estocados em 28 tanques de  $0,5 \text{ m}^3$  mantidos em área coberta, foram cultivados durante 72 dias na densidade inicial de 123 animais/m<sup>2</sup>. A salinidade, temperatura e pH da água alcançaram uma média de  $30 \pm 5,2$  g/L,  $27,8 \pm 0,7^\circ\text{C}$  e  $7,9 \pm 0,3$ , respectivamente. Na 2ª etapa, camarões de  $8,07 \pm 4,5$  g foram estocados sob 70 animais/m<sup>2</sup> e cultivados durante 14 dias em 22 tanques de  $0,5 \text{ m}^3$ . A preferência alimentar foi determinada com base no consumo alimentar aparente de ração (CAR) por meio da oferta simultânea de duas dietas distintas em cada tanque, ofertadas em excesso duas vezes ao dia em duas bandejas de alimentação. Na despesca, não foi detectada diferença estatisticamente significativa na sobrevivência final ( $92,8 \pm 5,6\%$ ), ganho de produtividade ( $866 \pm 86 \text{ g/m}^2$ ), CAR ( $13,0 \pm 0,8$  g/camarão) e crescimento semanal ( $0,76 \pm 0,07$  g) dos camarões. Porém, a dieta 12-0 registrou um maior FCA ( $1,98 \pm 0,16$ ) comparada às dietas 9-2 ( $1,75 \pm 0,09$ ) e 6-5 ( $1,77 \pm 0,09$ ). O maior peso corporal foi alcançado com as dietas 3-8 ( $8,78 \pm 0,24$  g) e 6-5 ( $8,74 \pm 0,26$  g), seguido das dietas 0-10 ( $8,47 \pm 0,31$  g) e 9-2 ( $8,40 \pm 0,37$  g). Em conclusão, a FVA substitui em até 75% a FS em dietas práticas para engorda de juvenis do *L. vannamei*, sem detrimento ao desempenho zootécnico. É possível reduzir a inclusão dietética da FS de 12 para 3%, usando 8% de FVA. A substituição integral da FS pela FVA não causa efeitos deletérios na preferência alimentar do *L. vannamei*.

**Palavras-Chave:** Camarão. Nutrição. Farinha de Peixe. Farinha de Aves.

## ABSTRACT

The Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* is the most commercially farmed crustacean in the world. In recent years, the use of fishmeal in industrially-manufactured feeds for aquatic organisms has become an obstacle given the limitations in its supply and price. Consequently, research on the potential of alternative proteins for use in diets for shrimp and other aquatic organisms has grown. The present study aimed at evaluating the growth performance (1<sup>st</sup> stage) and the feed preference (2<sup>nd</sup> stage) of juveniles of *L. vannamei* fed diets with progressive replacement (0, 25, 50, 75 and 100%) of a salmon meal (SM) containing 64.44% crude protein (CP, as-is) and 8.71% ether extract (EE) for a low-ash poultry meal (PM) with 69.79% CP and 13.66% EE. Diets were formulated to be isoproteic, isocaloric and isoaminoacidic, with dietary inclusions (% of the diet, as-is) of SM and PM of 12.00 and 0 (diet 12-0), 9.00 and 2.22 (9-2), 6.00 and 4.90 (6-5), 3.00 and 7.59 (3-8) and 0 and 10.27%, respectively. In the 1<sup>st</sup> stage, shrimp of  $0.80 \pm 0.04$  g stocked in 28 indoor tanks of  $0.5 \text{ m}^3$  were reared for 72 days under 123 animals/m<sup>2</sup>. Water salinity, temperature and pH reached an average of  $30 \pm 5.2$  g/L,  $27.8 \pm 0.7^\circ\text{C}$  and  $7.9 \pm 0.3$ , respectively. In the 2<sup>nd</sup> stage, shrimp of  $8.07 \pm 4.5$  g were stocked under 70 animals/m<sup>2</sup> and grown for 14 days in 22 tanks of  $0.5 \text{ m}^3$ . Feed preference was determined based on the apparent feed intake (AFI) by simultaneously delivering two different diets in excess in each tank, twice a day in two feeding trays. At harvest, no statistically significant difference was detected in the final shrimp survival ( $92.8 \pm 5.6\%$ ), gained yield ( $866 \pm 86 \text{ g/m}^2$ ), AFI ( $13.0 \pm 0.8 \text{ g/shrimp}$ ) and weekly growth ( $0.76 \pm 0.07 \text{ g}$ ). However, the 12-0 diet registered a higher FCR ( $1.98 \pm 0.16$ ) compared to diets 9-2 ( $1.75 \pm 0.09$ ) and 6-5 ( $1.77 \pm 0.09$ ). The highest final shrimp body weight was achieved with diets 3-8 ( $8.78 \pm 0.24 \text{ g}$ ) and 6-5 ( $8.74 \pm 0.26 \text{ g}$ ), followed by diets 0-10 ( $8.47 \pm 0.31 \text{ g}$ ) and 9-2 ( $8.40 \pm 0.37 \text{ g}$ ). In conclusion, the PM replaces up to 75% the SM in practical diets for the grow-out of juveniles of *L. vannamei*, without detrimental effects to its growth performance. It is possible to reduce the dietary inclusion of SM from 12 to 3% when using 8% PM. The complete substitution of SM for PM does not cause any deleterious effects on the feed preference of *L. vannamei*.

**Keywords:** Shrimp. Nutrition. Fish meal. Poultry meal.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Variação da salinidade (g/L), temperatura (°C) e pH na água durante o cultivo do camarão <i>L. vannamei</i> . Cada ponto representa a média de 50 leituras diárias.....	35
Gráfico 2	Peso corporal final (média $\pm$ erro padrão) do <i>L. vannamei</i> alimentado com dietas com progressiva substituição de FS por FVA.....	37
Gráfico 3	Comparação do consumo alimentar de ração (CAR, %) de juvenis do <i>L. vannamei</i> alimentados com dietas com progressiva substituição de farinha de peixe por farinha de aves. 12-0 representa a dieta sem inclusão de farinha de vísceras de aves.....	38



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Perfil bromatológico e aminoacídico (% , base natural) das FVA e FS. Análise particular realizada no laboratório CBO (São Paulo, SP) .....	23
Tabela 2	Composição das dietas experimentais (% da dieta, base natural) .....	25
Tabela 3	Diâmetro (mm), comprimento (mm), dureza (kg), umidade (%) e estabilidade física (%) em água das dietas experimentais. Valores apresentados como média ( $\pm$ DP) de 30 (diâmetro e comprimento) e cinco (dureza, umidade e estabilidade) observações.....	34
Tabela 4	Desempenho zootécnico de juvenis do camarão <i>L. vannamei</i> cultivados em 28 tanques circulares de 0,5 m <sup>3</sup> sob condições de 123 camarões/m <sup>2</sup> durante 72 dias. Valores apresentados como média ( $\pm$ desvio padrão) de cinco tanques de cultivo, de cada um dos nove tratamentos.....	36

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AA	Aminoácidos
ABCC	Associação Brasileira dos Criadores de Camarão
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
AAE	Aminoácidos Essenciais
AANE	Aminoácidos Não Essenciais
AOAC	Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists
CAR	Consumo Aparente de Ração
CDA	Coeficiente de Digestibilidade Aparente
CEAC	Centro de Estudos de Ambientais Costeira
CMS	Carne Mecanicamente Separada
CV	Coeficiente de Variação
DP	Desvio Padrão
EE	Extrato Etéreo
FAO	Food and Agriculture Organization
FCA	Fator de Conversão Alimentar
FS	Farinha de Salmão
FVA	Farinha de Vísceras de Aves
FVAS	Farinha de Vísceras de Aves combinada com Soja
FVF	Farinha de Vísceras de Aves produzida através do método de secagem <i>flash-drying</i>
HUFA	Ácidos Graxos Altamente Insaturados
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LANOA	Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MM	Quantidade máxima de ração (g) que pode ser consumida diariamente
NRC	National Academy Press
PB	Proteína Bruta
PC	Peso Corporal
RPM	Rotação por Minuto
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVO</b> .....	13
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
<b>3.1 Proteínas do Abate de Animais Terrestres</b> .....	13
<i>3.1.1 Subprodutos do Abate de Aves</i> .....	14
<b>3.2 Legislação Sobre o uso de Proteínas Animais</b> .....	15
<b>3.3 Substituição da Farinha de Peixe por Farinhas de Resíduos de Aves</b> .....	16
<b>3.4 Digestibilidade Proteica</b> .....	20
<b>3.5 Atratividade e Palatabilidade</b> .....	22
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
<b>4.1 Local do Estudo</b> .....	24
<b>4.2 Delineamento Experimental</b> .....	24
<b>4.3 Perfil Nutricional da Farinha de Vísceras Aves e Farinha de Salmão</b> .....	24
<b>4.4 Dietas Experimentais</b> .....	26
<i>4.4.1 Análises Químicas e Físicas das Matérias Primas e das Dietas</i> .....	29
<b>4.5 Avaliação do Desempenho Zootécnico</b> .....	30
<i>4.5.1 Sistema de Cultivo</i> .....	30
<i>4.5.2 Preparação, Monitoramento e Correção dos Parâmetros de Qualidade de Água</i> .....	31
<i>4.5.3 Estocagem dos Camarões e Acompanhamento Populacional</i> .....	32
<i>4.5.4 Alimentação e Sistema de Manejo</i> .....	32
<i>4.5.5 Parâmetros de Desempenho Zootécnico</i> .....	33
<b>4.6 Preferência Alimentar</b> .....	33
<b>4.7 Análises Estatísticas</b> .....	34
<b>5 RESULTADOS</b> .....	35
<b>5.1 Qualidade Física das Dietas</b> .....	35
<b>5.2 Qualidade de Água</b> .....	35
<b>5.3 Desempenho Zootécnico dos Camarões</b> .....	37
<b>5.4 Preferência Alimentar</b> .....	39
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção do *Litopenaeus vannamei* alcançou 95% do total produzido pela carcinicultura no País, se tornando a espécie mais cultivada no Brasil. A espécie apresenta boas condições de adaptação ao clima da região do Nordeste brasileiro, com uma tecnologia de produção de larvas e de engorda de juvenis consolidada, além de possuir alta produtividade e ter grande aceitação pelo mercado consumidor, tanto interno como externo (ABCC, 2005; FLEGEL, 2007; RODRIGUES, 2005).

A farinha de peixe tem sido uma importante fonte de proteína em rações para muitas espécies de peixes e crustáceos cultivados dado à composição rica em aminoácidos (AA), vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais de cadeia longa da série omega-3 (XIE *et al.*, 2016). A produção global de farinha de peixe tem se mantido estável nos últimos 28 anos, variando entre 5 e 7 milhões de ton. ao ano. Em comparação, entre 2010 e 2018, a produção em cativeiro do *L. vannamei* aumentou de 2.648,5 para 4.966,2 milhões ton., respondendo por 52,9% de toda produção global de crustáceos (FAO, 2020).

O principal problema da aquicultura, no campo nutricional, tem sido o aumento exponencial da demanda na produção, mesmo havendo um fornecimento limitado de farinha de peixe no mercado. Esta dependência é particularmente forte na fabricação de rações para organismos aquáticos, em especial para cultivos de espécies de peixes carnívoros e camarões marinhos. Estima-se que em rações comerciais para organismos aquáticos se utilizam em média entre 12 e 25% de farinha de peixe, em função da espécie e fase de cultivo. Em resposta a restrições de oferta e preço, antecipa-se que o uso de farinha de peixe e do óleo de peixe em rações industrializadas deverá continuar a reduzir (XIE *et al.*, 2016; TACON; METIAN, 2008).

Nos últimos anos, inúmeras pesquisas científicas foram realizadas com o objetivo de substituir, parcial ou integralmente, a farinha de peixe em dietas para camarão, por proteínas alternativas, como a farinha de vísceras de aves, farinha de carne e ossos, farinha de sangue, farelo de soja, glúten de milho e concentrado proteico de soja. Por motivos de fornecimento dos ingredientes e preço de mercado, as proteínas vegetais têm sido o alvo principal dessas pesquisas. No entanto, o uso de uma proteína 100% vegetal, acarreta deficiência ou desequilíbrio de aminoácidos essenciais, redução nos níveis de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA) e presença de fatores antinutricionais. Dessa forma, a busca por proteínas de origem animal tende a aumentar devido o fato desses ingredientes não apresentarem tantos fatores antinutricionais (SOOKYING; DAVIS; SILVA, 2013; DAVIS *et al.*, 2004).

## 2 OBJETIVO

O objetivo geral do presente estudo foi determinar o nível de substituição da farinha de salmão *standard* (FS) por uma farinha de vísceras de aves *low-ash* (FVA) sem comprometimento do desempenho zootécnico e preferência alimentar em dietas práticas para juvenis do camarão *L. vannamei*. Os objetivos específicos do trabalho foram avaliar o perfil físico e nutricional das dietas, determinar o desempenho zootécnico dos camarões (sobrevivência, crescimento, peso corporal final, produtividade e eficiência alimentar) e avaliar o efeito da substituição da FS pela FVA sobre a preferência alimentar dos camarões.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Proteínas do Abate de Animais Terrestres

As farinhas de origem animal são derivadas de resíduos não destinados ao consumo humano, obtidos através do abate de animais terrestres de produção, tais como aves, suínos, ovinos e bovinos. Esses resíduos, quando processados, podem ser usados como fonte de proteína e (ou) lipídeos em dietas para peixes e camarões cultivados. Entre os subprodutos mais disponíveis e empregados estão: farinhas de resíduos de aves, farinha de sangue, farinha de penas hidrolisadas e farinha de carne e ossos. Devido sua ampla disponibilidade, valores competitivos e bom perfil nutricional, o uso dessas proteínas em dietas para camarões vem se intensificando (TACON; AKIYAMA, 1997; TACON *et al.*, 2002).

Nas indústrias de transformação de resíduos do abate de animais em farinhas e óleos para alimentação animal (graxarias), os processos para se obter as matérias-primas desejadas seguem uma ordem específica. Os resíduos são inicialmente secos e triturados, e posteriormente cozidos em digestores sob calor e pressão, prensados, moídos e armazenados. O processo de cozimento permite a separação das frações secas (farinhas) e líquidas (óleos) do ingrediente. Os processos de trituração e moagem permitem a redução da partícula, aumentando assim a assimilação do nutriente por parte do organismo (PASTORE *et al.*, 2016).

Com um aumento da demanda de alimento e proteína animal por parte da população humana (MERINO *et al.*, 2012), tem havido também um incremento na produção de resíduos do abate de animais. Segundo a FAO (2020), as proteínas animais mais produzidas em nível mundial são as de carne de aves e suínos, alcançando um total de 118 e 110 milhões de toneladas

produzidas somente no ano de 2019. Em 2018, estimou-se uma produção mundial de carnes de origem animal de 335,01 milhões de ton., 1,5% superior a 2017. Nos anos de 2012, 2013 e 2014, a somatória das carnes produzidas no mundo totalizaram 304,2, 308,5 e 311,8 milhões de ton., respectivamente. Em 2014, as carnes mais produzidas em ordem decrescente foram, a carne suína (115,5 milhões de ton.), carne de aves (108,7 milhões de ton.), carne bovina (68 milhões de ton.) e carne de ovinos (14 milhões de ton.) (FAO, 2014). No Brasil, em 2019, a produção de aves e suínos alcançou 13,245 e 3,983 milhões de ton., respectivamente. O País é o 3º maior produtor e o 1º no ranking de exportação de aves no mundo (BRASIL, 2020a; ABPA, 2020).

### ***3.1.1 Subprodutos do Abate de Aves***

Entre os subprodutos oriundos do abate de aves, destacam-se a farinha de penas e vísceras (FPV), a farinha de penas hidrolisadas (FPH), a farinha de vísceras (FVA), a farinha de resíduos de incubatórios (FRI) e a farinha de vísceras com ossos (FVO). AFPV é um produto resultante das penas limpas e não decompostas das aves, misturadas com resíduos do abate, tais como vísceras, pescoço e pés de aves abatidas. Esses resíduos são cozidos e então prensados para extração do óleo e da farinha (BELLAYER, 2002). A FPV tem um conteúdo proteico que varia entre 55 e 71% (base natural) e teor lipídico que pode alcançar até 15% (PASTORE *et al.*, 2016).

Já a FPH de aves é um produto resultante da cocção, sob pressão, de penas limpas e não decompostas de aves abatidas, hidrolisadas sob pressão. Este produto apresenta sangue em sua composição, porém essa inclusão não pode alterar de forma significativa a composição nutricional da FPH (PASTORE *et al.*, 2016). O nível de proteína bruta (PB) da FPH pode alcançar até 90%, porém a inclusão desse ingrediente contribui para uma baixa digestibilidade para peixes e camarões por apresentar um alto conteúdo de queratina em sua composição (CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2007). Um outro problema da FPH é sua deficiência em alguns aminoácidos essenciais, tais como Histidina, Lisina, Metionina e Triptofano (CHENG *et al.*, 2002; SAMOCHA *et al.*, 2004). Como em todos os casos, o processo de fabricação, quando bem realizado, pode promover uma proteína de melhor qualidade. A farinha de penas hidrolisada é resultado da junção dos processos de cozimento e pressão de penas limpas e não decompostas, que por fim é triturado até receber a forma física de pó (ABRA, 2020; BELLAYER, 2002; PASTORE *et al.*, 2016).

A FVA é um produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves. A matéria-prima (MP), que é disponível em abundância no mercado, passa primeiramente pelo processo de trituração e logo em seguida pelo processo de cozimento pressurizado. O processo de cozimento merece uma atenção especial, pois tanto a temperatura como o tempo empregado, são relevantes para a eliminação da *Salmonella spp.* As etapas seguintes são o processo de secagem e de moagem para se obter o produto em pó. Antioxidantes podem ser utilizados em sua composição para evitar a oxidação das gorduras presentes. A FVA não deve conter penas e nem resíduos de incubatórios e de outras matérias estranhas à sua composição. A FVA é composta mais especificamente por cabeça, pés e vísceras, nas concentrações de 3,6, 3,4 e 12%, respectivamente. O produto possui uma variação no seu conteúdo proteico de 55 a 65% (BELLAVÉR, 2002; MILLER; BOER, 1988).

No entanto, devido a variabilidade de materiais que compõe a farinha de vísceras aves, existe uma variação conhecida como “*low ash*”. Essa FVA *low ash* recebe essa nomenclatura por conta do baixo teor de matéria mineral presente na sua composição. Ela é obtida por meio da inclusão de vísceras de aves, miúdos, cartilagens e retalhos de carne. Porém, a inclusão de resíduo de processamento de carne mecanicamente separada e demais materiais ósseos como pés e cabeça, é significativamente menor do que as demais FVA no mercado, resultando em uma matéria-prima de maior qualidade e maior percentual proteico (AAFCO, 2017).

A FRI é um produto resultante da cocção, secagem e moagem da mistura de cascas de ovos, ovos inférteis e não eclodidos, pintos não viáveis e os descartados, removida ou não a gordura por prensagem. A FVO é um produto semelhante à FVA com a possibilidade de inclusão de ossos e cartilagens obtidos como resíduos da carne mecanicamente separada. A FVO e a FVORI são produtos semelhantes a farinha de vísceras com a possibilidade de inclusão de ossos e cartilagens obtidos como resíduos da carne mecanicamente separada (CMS) e resíduos de incubatório (cascas de ovos, ovos inférteis e não eclodidos, pintos não viáveis e os descartados) (BELLAVÉR, 2002).

### **3.2 Legislação Sobre o uso de Proteínas Animais**

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), determina a partir da lei Nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974 que, a inspeção e a fiscalização dos produtos destinados à alimentação animal, serão efetuadas, em todo o território nacional, obrigatoriamente, desde a produção até a comercialização, nos termos desta Lei. As inspeções

e as fiscalizações a cargo do MAPA, terão em vista os aspectos industrial, bromatológico e higiênico sanitário e serão realizados nos estabelecimentos que forneçam matérias primas (MP's) destinadas ao preparo de alimentos para animais, nos portos e postos de fronteira, nos estabelecimentos industriais, armazéns, cooperativas, e estabelecimentos atacadistas e varejistas. A lei também determina que as pessoas físicas ou jurídicas, inclusive cooperativas, associações de classe e entidades congêneres, devidamente registradas no órgão competente do MAPA, poderão receber, manipular, preparar, acondicionar, armazenar, distribuir ou vender MPs ou produtos destinados à alimentação animal. Com o decreto N° 9.013, de 29 de março de 2017, os critérios a serem adotados desde as boas práticas de fabricação, observando a higiene adequada nos estabelecimentos, como também a qualificação e quantificação dos produtos, e suas respectivas fiscalizações, foram bem estabelecidos e estão em vigor até hoje (BRASIL, 2020b; BRASIL, 2007).

### **3.3 Substituição da Farinha de Peixe por Farinhas de Resíduos de Aves**

A farinha de peixe é uma fonte proteica tradicionalmente empregada em rações para organismos aquáticos. Sua utilização se deve pelo seu elevado conteúdo de proteína, lipídeos, energia e minerais, além de aminoácidos essenciais em níveis que atendem às exigências nutricionais de peixes e crustáceos cultivados. A proteína da farinha de peixe ainda apresenta substâncias solúveis em água, o que confere uma alta atratividade e palatabilidade (CARVALHO *et al.*, 2016; AMAYA *et al.*, 2007). No entanto, entre os anos de 2016 e 2018, a aquicultura global aumentou sua produção em 7,3%, passando de 76,5 para 82,1 milhões de ton. Comparativamente, a produção de farinha de peixe, oriunda em sua maioria de peixes pelágicos da pesca extrativista, tem se mantido estável, entre 5 a 7 milhões de ton., desde 1990 (FAO, 2020). Como resultado, a indústria de rações para alimentação de animais de produção passou a empregar ingredientes alternativos com a finalidade de equilibrar seus custos de produção (XIE *et al.*, 2016; MARKEY; AMAYA; DAVIS, 2010).

Gamboa-Delgado *et al.* (2014) avaliaram a substituição de farinha de peixe (FS) por farinha de vísceras de aves (FVA) em dietas de juvenis do *L. vannamei*. Sete dietas experimentais isoproteicas (39%) e isocalóricas (4,7 kcal/g) com substituições de 0, 35, 50, 65, 80, 95, e 100% foram avaliadas. Os camarões com um peso corporal de  $0,16 \pm 0,02$  g foram estocados em 21 tanques de 60L cada em regime de recirculação e cultivados por 29 dias. Ao final do estudo, não foi observada diferença estatística na sobrevivência final dos camarões ( $89 \pm 5\%$ ) entre os tratamentos experimentais. No entanto, foi verificado que os camarões



alimentados com as dietas com 35% e 50% de substituição alcançaram os respectivos pesos corporais,  $0,79 \pm 0,025$  g e  $0,71 \pm 0,029$  g. Valores estatisticamente similares ao tratamento sem nenhuma substituição de farinha de vísceras de aves ( $0,87 \pm 0,029$  g). Nos outros tratamentos, os camarões alcançaram um peso corporal inferior a 0,65g. Os autores concluíram que as taxas de crescimento das dietas contendo FS e FVA, são equivalentes. Porém indicam que a alta inclusão dietética de FVA, como única fonte proteica em dietas, correlaciona-se com menores taxas de crescimento, quando comparados com dietas contendo simultaneamente FS e FVA. Os autores sugerem também que a baixa disponibilidade de ácidos graxos insaturados (HUFA) em dietas contendo altas proporções de FVA pode ser responsável por esse baixo crescimento.

Um trabalho similar ao de Gamboa-Delgado *et al.* (2014) foi conduzido por Luo *et al.* (2012) utilizando juvenis do *Penaeus monodon*. Os autores substituíram a farinha de salmão pela FVA nas proporções de 0 (dieta controle), 25, 50, 75, 100%. Uma outra dieta com 100% de substituição de farinha de peixe foi suplementada com o aminoácido cristalino, DL-Metionina. Os camarões foram estocados com peso corporal de  $0,21 \pm 0,01$  g em 24 tanques de 256 L e cultivados por oito semanas. Na despesca, os camarões alcançaram uma sobrevivência superior a 80%, sendo que os camarões alimentados com a dieta contendo 75% de substituição alcançou a maior sobrevivência (90%), seguidos dos tratamentos com 50% e 0% de substituição (ambos com 88,33% de sobrevivência) e 25% de substituição (85% de sobrevivência). Com relação ao peso corporal final, taxa de ganho de peso e o FCA (fator de conversão alimentar), os camarões alcançaram 2,90 g, 1.167 % e 2,88 g, respectivamente. Não houve diferença estatística entre os tratamentos experimentais, com exceção dos camarões alimentados com a dieta com 75% de substituição. Dessa forma, os autores concluíram que a FVA pode substituir totalmente a farinha de peixe em dietas para o *P. monodon* sem suplementação de aminoácidos cristalizados. Os autores também sugerem que a reposição de 100% da farinha de peixe poderia gerar a redução de 30% ou mais, nos custos com alimentação, em cultivos de camarão.

Roy *et al.* (2009) avaliaram a possível substituição da farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei* por fontes alternativas de proteína. Foram avaliados como possíveis substitutos, a farinha de vísceras de aves, farinha de ervilha e farinha de grãos secos solúveis. Os autores formularam quatro dietas, contendo 36% de PB e 8% de lipídios utilizados em dois sistemas de cultivos. A dieta sem substituição continha 10% de farinha de peixe e em cada uma das dietas testadas, foi realizada a inclusão de 10% de cada ingrediente alternativo. Em laboratório foram estocados 20 animais por tanque, mantidos em regime de recirculação de água com o volume total do sistema de 2500 L. Os camarões apresentavam um peso corporal inicial de 0,60 g e foram cultivados durante seis semanas. Em outro sistema de cultivo, mantido

em área aberta, foram estocados 20 animais por tanque de 600 L. Nesse caso, os camarões apresentavam peso corporal inicial de 0,45 g e foram cultivados durante nove semanas. Os resultados da avaliação realizada em tanques em regime de recirculação indicaram que a substituição da farinha de peixe por proteínas alternativas não resultou em diferenças significativas no crescimento do camarão, ganho de peso corporal, sobrevivência final e consumo alimentar. Contudo, nos testes realizados na fazenda, a dieta contendo a farinha de vísceras de aves apresentou os melhores resultados em relação ao peso corporal final (24,1 g), ganho de biomassa (476,2 g), com sobrevivência (98%) similar à obtida com a dieta contendo 10% de farinha de peixe (98%).

Hernández *et al.* (2008) avaliaram a substituição da farinha de peixe pela farinha de carne de suínos em dietas para o *L. vannamei*. Foram formuladas seis dietas isolipídicas e isonitrogenadas, nas seguintes porcentagens de substituição: 0, 25, 35, 45, 55 e 65%. O estudo foi realizado em um sistema de recirculação de água composto por 25 tanques onde cada um recebia uma taxa de renovação de 1,5% por minuto. Camarões com 0,55 g de peso corporal foram estocados sob 15 animais/tanque e cultivados durante 41 dias. A análise dos resultados demonstrou que o crescimento específico diminuiu significativamente (de 4,5 g para 3,6 g) à medida que a inclusão da farinha de carne de suínos foi aumentada. Os autores observaram que a baixa taxa de crescimento específico dos camarões (4,5%) possa estar relacionada com a baixa digestibilidade proteica e alta taxa de cinzas da farinha de carne de suínos. Foi observado também a redução do conteúdo total dos aminoácidos Isoleucina, Lisina, Metionina e Valina nas dietas quando a farinha de peixe foi substituída. O FCA aumentou de 1,4 para 1,8 à medida que se aumentou a inclusão da farinha de carne de suínos. No entanto, os autores não identificaram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. A farinha de carne de suínos apresentou um coeficiente de digestibilidade proteica aparente de 66,2%. Os autores concluíram que a farinha de carne de suínos é uma fonte de proteína animal adequada para o *L. vannamei* podendo substituir a farinha de peixe em até 35%.

Cruz-Suárez *et al.* (2007) relataram que a farinha de vísceras de aves pode ser considerada uma fonte proteica alternativa para dietas do *L. vannamei*. Os autores avaliaram a substituição da farinha de peixe (FS, 65% de PB), pela farinha de vísceras de aves (FVA, 66% de PB), em cinco níveis de substituição na dieta (FS-FVA): 0% (D1), 35% (D2), 50% (D3), 65% (D4) e 80% (D5). Foram usadas como tratamentos controles duas dietas comerciais, contendo 30% (D6) e 35% (D7) de PB. Os camarões foram cultivados em 54 tanques de fibra de vidro com 60L cada, com aeração e recirculação de água salgada constante. Foram povoados ao total, 280 animais com média de peso corporal inicial de 0,46 g. Após 28 dias de cultivo, os

camarões alimentados com as dietas D1 – D7, obtiveram um ganho de peso de 447, 395, 420, 382, 357, 308 e 273 g, respectivamente. Todos os tratamentos alcançaram uma sobrevivência média de 97,5%, com exceção do tratamento D7 com 90%. O FCA variou de 1,71 a 1,94 entre as dietas, sendo o maior valor alcançado com D2 e o menor com D6.

Yang *et al.* (2004) investigaram o uso da farinha de vísceras de aves e farinha de carne e ossos como fontes alternativas de proteína em dietas do camarão *Macrobrachium nipponense*. Os autores avaliaram cinco dietas isoenergéticas e isonitrogenadas contendo 38% de PB. Na dieta controle, houve uma inclusão de 54% de farinha de peixe. Nas demais dietas, duas substituíram a farinha de peixe por farinha de vísceras de aves em níveis de substituição de 15% e 50%. As outras duas dietas, a farinha de peixe foi substituída pela farinha de carne e ossos nos mesmos níveis anteriores. Ao final do experimento, foi observado que a substituição da farinha de peixe pela farinha de carne e ossos não afetou o crescimento dos camarões. Entretanto, a dieta com substituição de farinha de vísceras de aves a 15% apresentou a maior taxa de crescimento específico quando comparada com os demais tratamentos. Os autores concluíram que ambas as farinhas testadas, podem substituir, em 50% ou mais, a farinha de peixe em dietas do *M. nipponense*.

Em outro estudo, Davis & Arnold (2000) avaliaram a substituição da farinha de peixe por farinha de vísceras de aves em dietas para juvenis do *L. vannamei*. Os autores avaliaram dois tipos de farinha de vísceras, uma combinada com soja extrusada (FVAS) e outra produzida através do método de secagem pneumática de sólidos (*flash-drying*) (FVF). Na utilização do FVAS, os autores realizaram quatro níveis de substituição da farinha de peixe, 20, 40, 60 e 80%. A FVF substituiu a farinha de peixe em 40, 60 e 80%. Foi utilizada uma dieta controle, sem FVAS e FVF, com uma inclusão de 30% de farinha de peixe. Todas as dietas continham 32% de PB e 8% de lipídios. Um total de 32 tanques retangulares com 68 L foram estocados com camarões de 0,37 g na densidade de oito animais/tanque. Após seis semanas de cultivo, os autores relataram que ambos os ingredientes favoreceram a um aumento no peso corporal dos camarões proporcional ao nível de substituição de farinha de peixe. Nos tratamentos utilizando a FVF, a sobrevivência final manteve-se acima de 90% e não apresentaram diferença estatística significativa. Os autores concluíram que os resultados de desempenho zootécnico foram melhorados ou não sofreram influência significativa a partir da substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras de aves combinada com soja extrusada ou farinha de vísceras de aves seca pelo método pneumático de sólidos.

### 3.4 Digestibilidade Proteica

Conhecer a digestibilidade das matérias-primas é um dos principais objetivos dos pesquisadores da área de nutrição animal, devido à dificuldade de aferir o verdadeiro valor nutricional de um ingrediente. Dessa forma, laboratórios especializados realizam testes de digestibilidade, *in vivo* ou *in vitro*, analisando e avaliando o aproveitamento de uma dieta ou ingrediente específico, a partir da absorção desses nutrientes pelo organismo do animal.

Villarreal-Cavazos *et al.* (2014) avaliaram a digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e dos aminoácidos de seis farinhas utilizadas em dietas para o *L. vannamei*, sendo: duas farinhas de vísceras de aves (68,8%PB e 71,7%PB), duas farinhas de penas (89%PB), uma farinha de sangue (96%PB) e uma farinha de carne suína (57%PB). Todas as dietas foram formuladas contendo 70% de ingredientes comerciais e 30% dos ingredientes testes. O óxido de cromo foi adicionado em todas as dietas para atuar como um marcador inerte. Camarões de 5,1 g foram estocados na densidade de 25 animais por tanque em um total 28 tanques de 120 L mantidos em regime de recirculação de água. Após sete dias de alimentação foram recolhidas 12g de fezes por tanque para análise. Os autores observaram que a perda de aminoácidos por lixiviação nas dietas contendo as farinhas de vísceras de aves foram as menores entre todos os tratamentos (3 e 5%). As mesmas dietas registraram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente entre os tratamentos (70 e 73%), assim com os maiores valores de digestibilidade proteica (78 e 80%) comparado aos demais ingredientes (entre 65 e 76%).

Liu *et al.* (2013) realizaram em estudo para determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de 12 fontes proteicas utilizadas em dietas do *L. vannamei*, a seguir: farinha de peixe (FS), farinha de sangue (FS), farinha de carne e ossos (FCO), farinha de vísceras de aves (FVA), farinha de camarão (FC), farinha de lula (FL), farelo de soja (FSO), farelo de colza (FCL), farelo de algodão (FA), farelo de amendoim (FAM), farelo de glúten de milho (FGM) e levedura de cerveja (LC). Os camarões foram povoados com 4,45 g em 39 tanques de 1000 L na densidade de 20 animais/tanque. Os animais foram alimentados com uma dieta de referência ou dieta de teste (70:30) duas vezes ao dia até a saciedade. As fezes foram coletadas por sifonamento. A faixa observada de CDA das 12 farinhas variou entre 48,6-87,0% para matéria seca, 55,7-92,3% para PB e 51,1-97,2% para energia bruta. Os CDAs foram relativamente alto para matéria seca da FS (87,0%) e FCO (76,5%); para PB da FS (90,9%), FSO (92,3%) e FVA (88,8%); e para energia bruta da FS (97,2%), FCO (82,3%), FVA (84,0%)

e LC (84,6%). A FS, FSO e FVA apresentaram CDAs elevados para os aminoácidos totais (> 90%).

Luo *et al.* (2012) determinaram o CDA da FVA em dietas para o *P. monodon* e *L. vannamei*. A digestibilidade aparente foi determinada a partir de uma dieta com 70% de farinha de peixe e 30% de FVA, empregando o 0,5% de óxido de cromo como marcador inerte. Em cada tratamento, foram estocados 30 animais/tanque em 16 tanques de 256 L, totalizando 240 juvenis do *L. vannamei* com peso corporal de 0,28 g e 240 juvenis do *P. monodon* com peso corporal de 0,21 g. Todos os parâmetros físico-químicos da água de cultivo foram devidamente controlados. Tanto o *P. monodon* como o *L. vannamei* apresentaram um alto CDA para PB (77,6% e 84,2%, respectivamente) e energia bruta (72,8% e 84,0% respectivamente) para FVA. No entanto, o *L. vannamei* demonstrou uma melhor digestibilidade para FVA comparado ao *P. monodon*.

Yang *et al.* (2009) avaliaram os CDAs da matéria seca, PB, lipídios, energia bruta, fósforo e aminoácidos de diferentes farinhas utilizadas em dietas para *L. vannamei*. Os ingredientes avaliados foram farinha de peixe, farelo de soja fermentado, farelo de soja extrusado, farelo de soja, farelo de amendoim, farinha de glúten de trigo, farinha de glúten de milho, farinha de camarão, farinha de carne e ossos, farinha de aves e farelo de proteínas plasmáticas. Uma dieta de referência foi utilizada em conjunto com as dietas de teste (70:30). Um total de 1.440 camarões (peso corporal de 1,05 g) foi povoado aleatoriamente em 36 tanques com 500 L sob 40 camarões/tanque. Foram ofertadas quatro alimentações diárias (até a saciedade aparente) e as fezes coletadas 1,5 h após cada alimentação. Após seis semanas, os autores relataram que os CDAs da matéria seca variaram de 52,83 - 71,23% e 69,98 - 77,10%, para as farinhas de origem animal e de origem vegetal, respectivamente. As faixas de CDAs das proteínas de origem animal e vegetal foram de 75,00 - 92,34% e de 87,89-93,18%, respectivamente. Os CDAs para lipídios das farinhas de origem animal e vegetal foram de 91,57-95,28% e de 83,72-92,79%, respectivamente.

### 3.5 Atratividade e Palatabilidade

Suresh, Vasagam & Nates (2011) avaliaram as propriedades químicas de seis MPs utilizadas com relação aos seus fatores atrativos e palatilizante sem dietas para o camarão azul, *Litopenaeus stylirostris*. O estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foram avaliadas a atratividade e palatabilidade de oito ingredientes proteicos: dois tipos de FVA, farinha de sangue, farinha de penas hidrolisadas (FPH), farinha de anchova (FA), hidrolisado de peixe (HP), farinha de fígado de lula (FFL) e farinha de krill (FK). As análises bioquímicas dos ingredientes se mostraram consistentes com os resultados de atratividade e palatabilidade. Ambas as avaliações revelaram que a farinha de sangue e FPH, apresentavam um baixo conteúdo de aminoácidos livres, nucleotídeos e solubilidade proteica. Por outro lado, a FK apresentou altos níveis em todos os parâmetros, exceto quanto a solubilidade proteica. O perfil bioquímico da FVA foi moderadamente inferior ao da FA. O HP apresentou um alto conteúdo de aminoácidos livres e PB, porém com baixos conteúdo de nucleotídeos.

Na segunda etapa, os autores avaliaram sete dietas experimentais contendo a FVA como o principal ingrediente proteico. Nessa etapa, foi empregada uma dieta controle e outra de referência, além de cinco dietas contendo 3% de FA, FK, FFL, HP e farinha de sangue. Após seis semanas de cultivo, os resultados obtidos mostraram que as dietas contendo FFL e FK foram as mais atrativas. Porém, a dieta contendo FK apresentou a maior palatabilidade e crescimento nos camarões. Não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação ao desempenho zootécnico.

Nunes *et al.* (2006) avaliaram nove atrativos utilizados em dietas comerciais para juvenis do *L. vannamei*, com base na observação de respostas comportamentais dos animais. Na fase I do experimento, os autores validaram os métodos empregados comparando as seguintes MPs: farinha de peixe de origem brasileira (FPB), farinha de peixe de origem peruana (FPP), farinha de sangue, farinha de carne e ossos (FCO), farinha de lula (FL), óleo de peixe (OL) e solúveis de pescado (SP). As observações comportamentais foram feitas em um aquário com formato em Y estocado com um único camarão. Foram incluídos 3% de cada MP em *pellets* de gelatina neutra. Uma dieta sem nenhuma dessas MPs foi utilizada como controle. Em cada observação comportamental, dois ingredientes diferentes foram oferecidos simultaneamente em quantidades iguais, sendo distribuídos no final do braço do aquário.

Após a validação, teve início a fase II para avaliação dos seguintes atrativos comerciais: biomassa de vegetais seca com 80% de PB (BVS<sub>80</sub>), biomassa vegetal + glutamato + betaína com 68% de PB (BVS<sub>68</sub>), complexo de aminoácidos com molusco bivalve digerido

enzimaticamente (CAM), solúvel proteico condensado de pescado (SPC), farinha de fígado de lula (FFL), betaína (BE), solúvel de pescado seco com baixo teor de aminos biogênicos (SPB); solúvel de pescado seco com alto teor de aminos biogênicos (SPA) e hidrolisado proteico de lula inteira (HPL). Os atrativos foram incluídos a 3% em *pellets* de gelatina neutra, sem nenhuma fonte adicional de ingrediente. Os autores relataram que, na fase de validação, houve uma maior porcentagem de escolhas para FPB e FPP. FS e OL foram os ingredientes menos escolhidos. Na fase II, os quatro melhores atrativos comerciais (CAM, SPC, FFL e HPL) foram confrontados nos níveis de 0,5% e 1,0%. Os piores resultados foram observados para BE, SPB e, principalmente, para BVS<sub>80</sub> e BVS<sub>68</sub>.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local do Estudo

O estudo foi realizado nas instalações experimentais do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA), coordenadas 03°50'01,55" S e 038°25'22,74" W, do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC). O laboratório está localizado no Centro de Estudos Ambientais Costeiros (CEAC), situado nas margens do estuário do rio Pacoti, no município de Eusébio, Estado do Ceará, distante cerca de 20 km de Fortaleza.

### 4.2 Delineamento Experimental

O presente estudo avaliou o desempenho zootécnico e a preferência alimentar de juvenis do camarão *L. vannamei* quando alimentado com dietas com uma substituição progressiva (0, 25, 50, 75 e 100%) de FS por FVA. A pesquisa foi realizada em duas etapas experimentais consecutivas. A 1ª etapa avaliou, utilizando cinco repetições para cada tratamento, o desempenho zootécnico (crescimento, sobrevivência, peso corporal final, ganho de produtividade, consumo alimentar aparente e fator de conversão alimentar) de camarões juvenis cultivados em 28 tanques circulares de 0,5 m<sup>3</sup> mantidos em área coberta durante 72 dias. A 2ª etapa determinou, utilizando 8 repetições para cada confronto de dietas, a preferência alimentar dos camarões alimentados com as diferentes dietas durante 14 dias consecutivos. Foram empregados nesse estudo 22 tanques circulares de 0,5 m<sup>3</sup>.

### 4.3 Perfil Nutricional da Farinha de Vísceras Aves e Farinha de Salmão

Uma amostra de 200 kg de FVA *low-ash* (baixo teor de matéria mineral) foi fornecida pela empresa BRF S.A. (Capinzal, SC). Segundo o fabricante, o produto é derivado do abate de frangos de menor porte, estes destinados ao mercado dos países árabes, seguindo a certificação de alimentos HALAL. O processo de produção desta farinha é o convencional, envolvendo a cocção, prensagem e moagem. A FVA é constituída de vísceras, fígados, miúdos, ossos e carne de frango, sem conter resíduos de penas ou sangue. No entanto, a proporção de ossos nesse ingrediente é significativamente reduzida, devido ao frango abatido possuir porte menor, característica essa necessária para atender o mercado europeu. A FS é produzida pela



empresa Fiordo Austral Group (Pesquera Pacific Star, Puerto Montt, Chile) e foi adquirida no mercado local. A FS é produzida por secagem a vapor (*steam-drying*) e emprega os resíduos do processamento do salmão cultivado no Sul do Chile como matéria prima.

A FVA e a FS apresentam um teor de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) de 69,79 e 64,44% e 13,66 e 8,71%, respectivamente (Tabela 1). A FVA apresentou um maior teor de matéria seca (MS, 95,92%) comparado a FS (89,11%). Em relação à composição de aminoácidos essenciais (AE), a FS apresentou um maior conteúdo de histidina, lisina, metionina e tirosina comparado a FV. Esta por sua vez, apresentou valores mais elevados para Arginina, Leucina, Isoleucina, Fenilalanina, Treonina e Valina. Em relação aos aminoácidos não essenciais (ANE), o Ácido aspártico, Ácido glutâmico e a Prolina foram os que apresentaram um CV superior a 7%. Porém, a soma do AE e ANE não mostrou diferenças muito elevadas entre as duas farinhas.

Tabela 1 – Perfil bromatológico e aminoacídico (% base natural) das FVA e FS. Análise particular realizada no laboratório CBO (São Paulo, SP).

Parâmetro/Ingrediente	Composição nutricional (% base natural)		CV (%) <sup>1</sup>
	FVA	FS	
Matéria seca	95,92	89,11	5,20
Proteína bruta	69,79	64,44	5,64
Extrato etéreo	13,66	8,71	31,29
Matéria mineral	8,48	16,12	43,92
Fibra bruta	1,35	0,21	103,35
Cálcio	2,32	-	-
Fósforo	1,34	-	-
Aminoácidos essenciais (AAE)			
Arginina	4,60	3,91	11,41
Histidina	1,47	1,77	13,29
Isoleucina	2,79	2,67	3,08
Leucina	5,02	4,36	9,99
Lisina	4,36	4,97	9,33
Metionina (Met)	1,49	1,87	15,81
Met + Cis <sup>1</sup>	2,35	2,70	9,77
Fenilalanina	2,78	2,51	7,29

Tabela 1 (continuação).

Treonina	2,85	2,76	2,29
Tirosina	1,10	1,91	38,06
Valina	3,32	3,06	5,83
Aminoácidos não essenciais (AANE)			
Alanina	4,11	4,25	2,42
Ácido aspártico	5,92	4,82	14,46
Cisteína (Cis)	0,82	0,83	0,86
Glicina	5,39	5,75	4,60
Ácido glutâmico	8,85	7,37	12,86
Prolina	3,73	3,34	7,74
Serina	2,95	2,95	-
Soma AE	32,13	32,49	0,79
Soma ANE	31,76	29,31	5,66
Soma AE + ANE	63,89	61,80	2,35

<sup>1</sup>CV = coeficiente de variação (%).

#### 4.4 Dietas Experimentais

Para realizar o estudo, foram elaboradas cinco dietas isoproteicas e isocalóricas através de um software de formulação de rações, Optimal Fórmula 2000 (Optimal Informática Ltda., Campinas, SP). As dietas práticas foram fabricadas em laboratório utilizando ingredientes comercialmente disponíveis. Foram adotados níveis nutricionais buscando atender as exigências de juvenis de camarões marinhos cultivados (NRC, 2011).

Inicialmente uma dieta (dieta 12-0) foi formulada para conter 12,00% (base natural) de FS, sem FVA (Tabela 2). A partir da dieta 12-0, foram elaboradas quatro outras dietas contendo FVA nas inclusões de 2,22 (9-2), 4,90 (6-5), 7,59 (3-8) e 10,27% (0-10) em combinação com 9,00, 6,00 e 3,00% de FS, respectivamente. A inclusão de farelo de soja, farinha de trigo e concentrado proteico de soja foram fixados em todas as dietas em 38,00, 23,00 e 3,00%, respectivamente. Para manter o equilíbrio do perfil aminoacídico, as dietas foram suplementadas com os aminoácidos cristalinos L-Lisina, L-Treonina e DL-Metionina.

Tabela 2 – Composição das dietas experimentais (% da dieta, base natural).

Ingredientes	Dietas/Composição (% da dieta, base natural)				
	12-0	9-2	6-5	3-8	0-10
Farelo de soja <sup>1</sup>	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
Farinha de trigo <sup>2</sup>	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
Farinha de salmão <sup>3</sup>	12,00	9,00	6,00	3,00	-
Concentrado proteico de soja <sup>4</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Farinha de vísceras de aves <sup>3</sup>	-	2,22	4,90	7,59	10,27
Óleo de salmão <sup>5</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Carbonato de cálcio	2,19	2,06	1,89	1,73	1,57
Lecitina de soja	2,18	2,38	2,58	2,79	2,99
Glúten de trigo <sup>6</sup>	2,13	2,50	2,50	2,50	2,50
Monofosfato de sódio	1,39	1,45	1,50	1,54	1,59
Sulfato de magnésio	1,24	1,21	1,20	1,19	1,17
Sal	0,82	0,87	0,91	0,96	0,99
Cloreto de potássio	0,74	0,74	0,72	0,70	0,69
Premix vitamínico-mineral <sup>7</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aglutinante sintético <sup>8</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-Lisina <sup>9</sup>	0,41	0,50	0,56	0,62	0,68
L-Treonina <sup>10</sup>	0,20	0,22	0,22	0,23	0,23
DL-Metionina <sup>11</sup>	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25
Vitamina C <sup>12</sup>	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
Caolim	0,92	1,10	1,23	1,37	1,53
Composição bromatológica <sup>13</sup> (% , base natural)					
Matéria seca	89,45	90,83	90,99	90,60	89,67
Proteína bruta	35,77	35,85	36,30	35,40	35,00
Extrato etéreo	6,85	7,52	7,49	7,92	8,10
Fibra bruta	2,63	2,94	3,03	3,22	3,26
Matéria mineral	10,65	11,02	9,71	10,01	9,24
Extrato livre de nitrogênio <sup>14</sup>	33,57	33,50	34,46	34,05	34,07
Energia bruta <sup>15</sup> (MJ/kg)	19,03	19,15	19,39	19,37	19,49

<sup>1</sup>Farelo de soja (Bunge Alimentos S.A., Luiz Eduardo Magalhães, Bahia). 47,38% proteína bruta (PB, % na base natural), 2,28% lipídeos, 5,99% fibra, 6,05% cinzas, 10,30% umidade, 0,61% metionina (Met), 2,88% lisina (Lis), 1,28% Metionina+Cisteina (M+C).

<sup>2</sup>11,44% PB, 0,97% lipídeos, 0,19% fibra, 0,68% cinzas, 12,80% umidade, 0,18% Met, 0,27% Lis, 0,44% M+C.

<sup>3</sup>Ver Tabela 1.

<sup>4</sup>XSoy600 (Sementes Selecta S.A., Araguari, Minas Gerais) 62,24% PB, 2,35% lipídeos, 3,31% fibra, 6,80% cinzas, 5,35% umidade, 0,80% Met, 3,76% Lis, 1,62% M+C.

<sup>5</sup>Pesquera Pacific Star S.A. (Puerto Montt, Chile)

<sup>6</sup>Amytex 100 (TereosSyrat S.A.S., Marckolsheim, França). 79,68% PB, 2,44% lipídeos, 0,41% fibra, 1,87% cinzas, 7,96% umidade, 1,16% Met, 1,35% Lis, 2,68% M+C.

<sup>7</sup>Vaccinar Industria e Comercio Ltda. (Pinhais, PR). Níveis de garantia por kg de produto: vitamina A, 1.200.000 IU; 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.

<sup>8</sup>Nutri-Bind AquaVegDry, Nutri-AdInternational NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético para ração constituído de lignosulfonato de cálcio (94,00%) e goma de guar (6,00%).

<sup>9</sup>Biolys®, L-Lisina 54,6 %. Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha).

<sup>10</sup>ThreAMINO®, L-Treonina, 98,5%. Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha).

<sup>11</sup>DL-Metionina 99%. Evonik Nutrition and Care GmbH (Hanau, Alemanha).

<sup>12</sup>Rovimix® Stay C® 35. Mínimo de 35% da atividade da vitamina C fosforilada. DSM NutritionalProducts AG (Schweiz, Suíça).

<sup>13</sup>Determinados no laboratório CBO - Análises Laboratoriais Ltda. (Valinhos, SP) de acordo com Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2013).

<sup>14</sup>Calculado por diferença [matéria seca – (proteína bruta + lipídeos + fibra bruta + matéria mineral)].

<sup>15</sup>Energia bruta (EB, MJ/kg) dado na base seca. Calculado como  $EB = (4.143 + (56 \times \text{lipídeo} [\% \text{ matéria seca}]) + (15 \times \text{proteína bruta} [\% \text{ matéria seca}]) - (44 \times \text{matéria mineral} [\% \text{ matéria seca}])) \times 0,0041868$ . Fonte: Ewan (1989).

O processo de fabricação das dietas seguiu os métodos descritos por Nunes, Sá & Neto (2011). Os ingredientes foram individualmente pesados em uma balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, SP) seguindo os valores de cada formulação. Após a pesagem, cada um dos macros ingredientes secos foi peneirado e posteriormente misturado durante 5 min. em um misturador planetário para obter uma mistura homogênea. Os micros ingredientes (vitaminas, minerais, aglutinante sintético e aminoácidos cristalinos) foram pesados e transferidos para um misturador em Y que operou durante 10 min. a uma velocidade de 30 RPM. Em seguida, fez-se a mistura de todos os ingredientes (macro e micro ingredientes), depois foi adicionado o óleo de peixe, a lecitina de soja e água doce a temperatura ambiente, que foi despejado lentamente, na proporção de 2,5 L para cada 10 kg de ração, até a obtenção de uma mistura homogênea.

O processo de peletização foi realizado em um equipamento laboratorial (modelo Extrusora EX MICRO, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, São Paulo), ajustado para operar com uma temperatura de 90 °C. O diâmetro e o comprimento dos *pellets* foram regulados para produzir pellets de 2,5 a 2,7 mm de diâmetro e 4,5 mm de comprimento.

Em seguida foi realizado o processo de cozimento, onde porções da ração já peletizada (lotes de cerca de 2 kg) foram transferidas para cozimento a vapor em uma panela cuscuzeira, durante 3 min. sob 95 °C. Por último, os *pellets* úmidos foram espalhados em bandejas de aço inox para secagem em estufa com circulação contínua de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP), 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 min. para determinação de umidade em um analisador rápido de umidade com lâmpada alógena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, New Jersey, EUA). Ao final, as dietas foram resfriadas à temperatura ambiente, sendo removidos os finos com uso de uma peneira de 1.000 µm. As dietas finalizadas foram embaladas em sacos de polipropileno, etiquetadas e armazenadas em câmara fria a uma temperatura de -10 °C, até sua utilização.

#### **4.4.1 Análises Químicas e Físicas das Matérias Primas e das Dietas**

A FVA, a FS e as dietas foram analisadas quimicamente (AOAC, 2005). A matéria seca (MS) foi determinada por secagem de amostras em estufa de convecção por 24 h a 105 °C. O método de combustão de Dumas foi aplicado para análise da proteína bruta (AOAC 968,06), enquanto o extrato etéreo foi determinado por hidrólise ácida (AOAC 954,02). O teor de cinzas foi determinado por queima de amostras em 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 (AA) foi determinada usando a técnica de cromatografia líquida de alto desempenho (WHITE; MILLER, 1986; HAGEN; FROST; AUGUSTIN, 1989).

As dietas foram analisadas quanto ao comprimento e diâmetro dos *pellets*, dureza, umidade e estabilidade física em água. O comprimento (mm) e o diâmetro (mm) dos *pellets* foram medidos individualmente usando um paquímetro eletrônico (Starret 799, Itu, SP). A dureza (kg) dos *pellets* foi determinada com um medidor manual de dureza Kahl (Amandus Kahl GmbH & Co, Hamburgo, Alemanha) que avalia a resistência dos *pellets* ao esmagamento. Todos os parâmetros físicos foram realizados com 30 *pellets* de cada dieta.

Para determinar a umidade das dietas, 3 g de cada dieta foi submetida à estufa sob temperatura de 105 °C por 24 h. Logo após a retirada das amostras, elas foram mantidas em um dessecador até o resfriamento. A umidade é o resultado da divisão do peso inicial da ração subtraído do peso após a secagem em estufa, pelo peso inicial da ração, multiplicado por 100.

Para obter a estabilidade física (%) das dietas em água, foram pesados 25 g de cada dieta, transferidos para frascos de Erlenmeyer de 250 mL, onde se adicionou 100 mL de água com 30 g/L de salinidade. O frasco foi posicionado em um agitador orbital (Incubadora Shaker, Láctea Científica, São Paulo, SP) ajustado para funcionar a  $200 \pm 15$  rpm durante 30 min. Em seguida, a amostra foi transferida para uma peneira com malha com abertura de 0,860 mm (Tyler # 20). O sobrenadante retido na peneira foi colocado em uma bandeja de 220 mL e imediatamente submetida à secagem a 130 °C durante 24 h em uma estufa com circulação contínua de ar. A estabilidade da dieta em água é o resultado da divisão entre o peso final da amostra seca (g) pelo peso inicial da amostra (25 g) após a secagem em estufa. Foram realizadas cinco repetições para cada dieta.

## **4.5 Avaliação do Desempenho Zootécnico**

### **4.5.1 Sistema de Cultivo**

O sistema de cultivo empregado nesse estudo foi composto por 25 tanques circulares fabricados de polipropileno na cor azul (Plastsan Plásticos do Nordeste Ltda., Caucaia, CE), com volume individual de 0,5 m<sup>3</sup> e área útil de fundo de 0,57 m<sup>2</sup>. Os tanques de cultivo são mantidos em um galpão coberto, posicionados em dois blocos opostos um do outro, cada bloco composto por 10 fileiras de cinco tanques. Cada tanque é equipado com uma entrada e saída de água e sistema de aeração por mangueiras micro perfuradas, abastecido por dois sopradores de 2,5 cv. A iluminação foi feita com luminárias fluorescentes brancas quentes utilizando um fotoperíodo de 12 h de luz (a partir das 05:00 h) e 12 h de escuridão (a partir das 17:00 h) controlado por um temporizador. Os tanques foram cobertos com uma tampa circular, contendo três aberturas triangulares que permitiam a penetração parcial de luz e a troca de calor. Para evitar o escape dos camarões, foram fixadas telas de polipropileno de cor azul com abertura de malha de 0,5 cm.

#### ***4.5.2 Preparação, Monitoramento e Correção dos Parâmetros de Qualidade de Água***

A água utilizada para o cultivo foi captada as margens do estuário do rio Pacoti, distante 350 m do laboratório, através de bombeamento mecânico realizado sempre nas marés altas. A água captada foi armazenada em dois reservatórios de 20 m<sup>3</sup>, mantendo-se sob filtragem em um filtro de areia de 240 kg durante 36 h. A água filtrada foi transferida para os tanques de cultivo através de bombeamento para em seguida realizar a desinfecção com hipoclorito de cálcio em pó a 30 ppm (cloro granulado HTH®, Nordescolor S/A, Igarassu, PE).

A fertilização da água de cultivo consistiu na aplicação de 5 g/m<sup>3</sup> de ração comercial de camarão moída e 20 g/m<sup>3</sup> de melão de cana-de-açúcar durante dois dias consecutivos. Concentrações elevadas de compostos nitrogenados foram evitadas através da troca de 20% do volume total de água de cada tanque realizada semanalmente a partir do 10º dia de cultivo. Imediatamente após a troca de água, ocorreu a reposição ao volume original de cada tanque com água filtrada e desinfetada. Até o 21º dia de cultivo, em sequência à troca de água foi realizada a aplicação de melão a 20 g/m<sup>3</sup>. Os tanques operaram independentemente durante todo período experimental, ou seja, não foi permitida a mistura da água de cultivo entre os tanques. Esse procedimento individualizado teve como objetivo impedir a passagem de água de um tratamento para o outro, consequentemente, impedir a passagem de fezes e resíduos de ração de um tanque para o outro no mesmo sistema.

A oxigenação da água de cultivo foi constante e realizada por meio de difusores de ar, compostos por uma mangueira micro perfurada (Aero-Tube™, Tekni-Plex Inc., Austin, Texas, EUA) com 110 cm de comprimento, posicionadas em lado oposto da bandeja de alimentação de cada tanque, distantes cerca de 5 cm do fundo. A aeração foi provida por dois compressores radiais com 2,0 cv de potência (compressor radial modelo CR-08 MT, IBRAM Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos, São Paulo, SP).

Foi realizado um monitoramento diário da qualidade da água de cultivo, sendo determinados os seguintes parâmetros sempre às 09:00 h: pH, temperatura superficial (°C) e salinidade (g/L). O pH e a temperatura foram determinadas usando um medidor de pH portátil com termômetro acoplado (modelo pH-1700 Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., São Paulo, SP) e a salinidade através de um refratômetro (modelo RTS-101ATC, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., São Paulo, SP). Foram realizadas semanalmente medições de alcalinidade em três tanques aleatórios utilizando um kit de análise e um espectrofotômetro (DR 2800 Spectrophotometer, HachCompany, Loveland, EUA) de acordo com a recomendação do

fabricante. A correção da alcalinidade foi realizada com bicarbonato de sódio sempre que a alcalinidade alcançava um valor próximo ou abaixo de 120 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

#### **4.5.3 Estocagem dos Camarões e Acompanhamento Populacional**

Para o estudo, foram utilizados camarões juvenis da espécie *L. vannamei* obtidos como pós-larva 10 (PL10) de uma larvicultura comercial (Samaria Unidade de Pós-Larva Ltda., Nísia Floresta, RN). Um total de 60.000 PL's com  $2,5 \pm 0,3$  mg de peso corporal (PC) foram estocados em 50 tanques de 0,5 m<sup>3</sup> na densidade de  $2.504 \pm 58$  PL's/m<sup>3</sup> ou  $1.252 \pm 29$  PL's por tanque. Os camarões foram cultivados até alcançarem entre 0,7 e 1,0 g. Para dar início ao estudo, foram povoados 1.960 camarões juvenis com  $0,80 \pm 0,04$  g PC (CV = 5,1%;  $P > 0,05$ , ANOVA) na densidade de 123animais/m<sup>2</sup> (70 camarões por tanque) e aclimatados durante uma semana com ração comercial desintegrada contendo um mínimo de 40% de PB. A partir do 8º dia, os animais passaram a ser alimentados com suas respectivas dietas experimentais.

#### **4.5.4 Alimentação e Sistema de Manejo**

A alimentação no cultivo dos camarões foi realizada diariamente e as dietas experimentais foram ofertadas quatro vezes ao dia nos seguintes horários: 1ª refeição, 07:00 h; 2ª refeição, 10:00 h; 3ª refeição, 13:00 h, e 4ª refeição, 16:00 h. A refeição total diária foi parcelada obedecendo as seguintes proporções, 25, 15, 15 e 45% nos respectivos horários. Os camarões foram alimentados seguindo uma tabela de alimentação, de acordo com a equação  $MM = 0,0931PC^{0,6200}$  (NUNES; PARSONS, 2000; NUNES *et al.*, 2006; FAÇANHA *et al.*, 2018), onde MM é a quantidade máxima de ração (g) que pode ser consumida diariamente por um indivíduo com um PC específico. Para evitar o excesso de alimentação e posteriormente um aumento no fator de conversão alimentar (FCA), a refeição diária foi restringida em 30%.

Nos primeiros oito dias de cultivo, as refeições foram ofertadas considerando um ganho de peso diário de 0,10 g para cada indivíduo e uma mortalidade semanal de camarões de 0,77%. A partir da 2ª semana, foram realizadas biometrias semanais, capturando-se cinco camarões por tanque para a determinação do peso médio corporal. Com este valor, calculou-se o ganho semanal de PC para cada tanque, mantendo-se uma redução semanal da população em 0,77%. As dietas foram ofertadas exclusivamente em bandejas de alimentação (14,3 x 3,5 cm; diâmetro x altura), com o propósito de restringir a dispersão do alimento, averiguar as sobras e o consumo dos animais, sendo designada uma unidade por tanque.



#### 4.5.5 Parâmetros de Desempenho Zootécnico

O desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* foi avaliado após 72 dias de cultivo, incluindo a aclimatação. Na despesca, cada indivíduo foi contado e pesado usando uma balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, SP). Com esses dados determinou-se os seguintes parâmetros zootécnicos: sobrevivência final (%) = (número de camarões despescados ÷ número de camarões estocados) x 100; crescimento semanal (g/semana) = (peso corporal final – peso corporal inicial) ÷ número de dias de cultivo x 7; ganho de biomassa (g) = biomassa final – biomassa inicial; ganho de produtividade (g/m<sup>2</sup>) = ganho total de biomassa por tanque ÷ área de fundo do tanque; consumo aparente de ração (g de ração/camarão estocado) = quantidade total de ração seca ingerida ÷ número inicial de camarões; fator de conversão alimentar = consumo de ração aparente por tanque ÷ ganho de biomassa por tanque.

#### 4.6 Preferência Alimentar

Para a avaliação de preferência alimentar foram utilizados camarões com PC inicial de  $8,07 \pm 4.5$  g (n = 2000), advindos da avaliação anterior de desempenho zootécnico. Os camarões foram povoados na densidade de 40 camarões/tanque ou 70 camarões/m<sup>2</sup>. A preferência alimentar foi avaliada seguindo o método descrito por Nunes *et al.* (2019). A avaliação de preferência alimentar consistiu na alimentação simultânea de duas dietas distintas em cada tanque, ofertadas sem restrição duas vezes ao dia (às 08:00 e 13:00 h) em duas bandejas de alimentação.

O consumo aparente de ração em termos relativos (CAR, %) foi calculado dividindo-se a quantidade de ração seca não consumida (g) recuperada das bandejas de alimentação após uma hora de exposição à água pela quantidade de ração seca ofertada (g) multiplicada por 100. As sobras das rações coletadas foram submetidas à secagem em estufa a 105 °C durante 24 h. Posteriormente, o material seco foi pesado em uma balança digital de 0,01 g de precisão para determinação do CAR.

#### 4.7 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas usando o programa estatístico IBM® SPSS® Statistics 23.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Análises univariadas (One-Way ANOVA) foram aplicadas para determinar as diferenças nos seguintes parâmetros entre os tratamentos dietéticos: parâmetros de desempenho zootécnico dos camarões (sobrevivência final, crescimento, produtividade, peso corporal final e FCA); parâmetros físicos das dietas (umidade, granulometria, estabilidade física e dureza) e; parâmetros de qualidade de água (pH, salinidade e temperatura). Quando observadas diferenças significativas, foi aplicado o teste a posteriori de Tukey HSD para comparar os valores médios entre dois tratamentos individuais. O nível de significância foi fixado em 5%. O teste *t* de *Student* foi aplicado para comparar as diferenças no CAR entre duas dietas confrontadas entre si na avaliação de preferência alimentar.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Qualidade Física das Dietas

O diâmetro e comprimento dos *pellets* das dietas experimentais não apresentaram variação significativa ( $P > 0,05$ , Tabela 3). Em relação ao diâmetro, todas as dietas foram significativamente iguais, com exceção da dieta 12-0 que registrou *pellets* com  $2,50 \pm 0,09$  mm, o menor diâmetro entre todas as dietas avaliadas. O comprimento das dietas variou de  $4,11 \pm 0,44$  (6-5) a  $4,44 \pm 0,43$ mm (0-10). Apesar da dieta 12-0 ter o menor diâmetro, o comprimento mediano foi entre as dietas avaliadas. A dieta 0-10 apresentou *pellets* com maior comprimento, contudo não se diferenciou das dietas 9-2 e 12-0. O teor médio de umidade das rações variou de  $8,60 \pm 0,55$  (dieta 3-8) até  $11,87 \pm 0,69\%$  (dieta 12-0). O menor teor de umidade foi detectado com as dietas 3-8, 6-5, 9-2 e 0-10, enquanto o maior com a dieta 12-0. A dureza dos *pellets* da dieta 0-10 alcançou  $2,68 \pm 0,55$  kg, sendo significativamente mais elevada em relação as demais dietas, com exceção das dietas 12-0 e 3-8 ( $2,55 \pm 0,74$  e  $2,37 \pm 0,57$ ), respectivamente.

As dietas 6-5 e 12-0 foram as que apresentaram a maior estabilidade física em água de  $88,74 \pm 0,27$  e  $87,73 \pm 0,17\%$ , respectivamente. A dieta 3-8 apresentou a menor estabilidade entre todas as dietas ( $86,48 \pm 1,12\%$ ), exceto quando comparada com 0-10 e 9-2 ( $87,16 \pm 0,52$  e  $86,88 \pm 0,40$ ), respectivamente.

### 5.2 Qualidade de Água

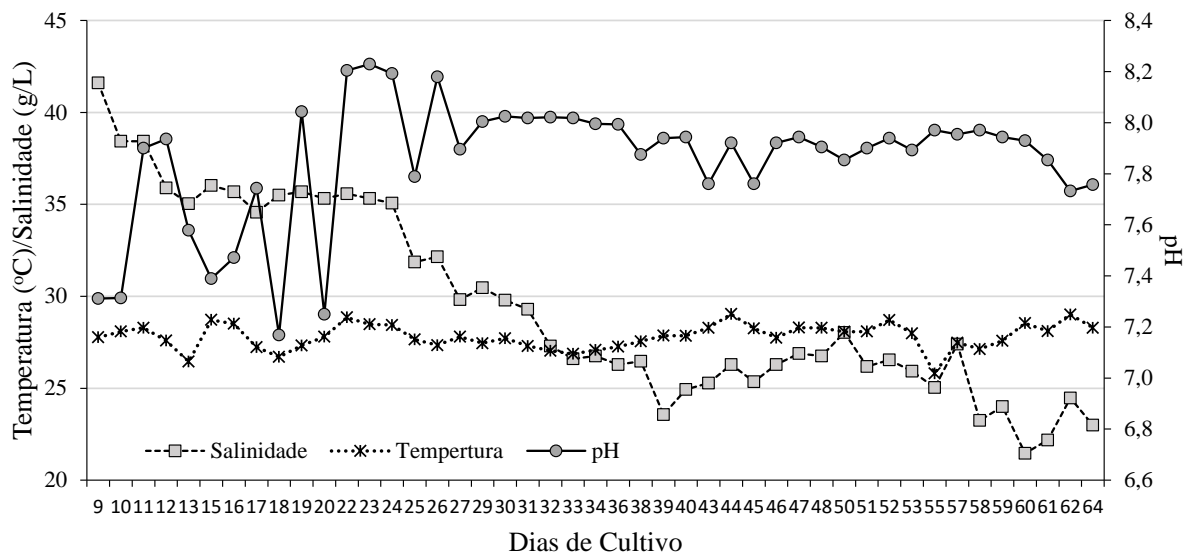
A salinidade, temperatura e pH da água de cultivo alcançaram uma média de  $30 \pm 5,2$  g/L (20-43 g/L;  $n = 1.260$ ),  $27,8 \pm 0,7$  °C (26,0-30,0 °C;  $n = 1.259$ ) e  $7,9 \pm 0,3$  (7,0-8,5;  $n = 1.260$ ), respectivamente. Não foi detectada diferença estatística significativa nesses parâmetros entre os tratamentos dietéticos. Porém, foi observada uma variação estatística significativa ao longo do cultivo (Gráfico 1). A salinidade reduziu uma média de  $37 \pm 2,3$  g/L entre os dias 9-16° de cultivo, para  $24 \pm 2,1$  g/L entre os dias 57-64 de cultivo. Por outro lado, a temperatura da água manteve-se estável ao longo de todo experimento. O pH apresentou variações no 1° mês de cultivo, porém manteve-se sempre na faixa entre 7,3 e 8,2.

Tabela 3 – Diâmetro (mm), comprimento (mm), dureza (kg), umidade (%) e estabilidade física (%) em água das dietas experimentais. Valores apresentados como média ( $\pm$  DP) de 30 (diâmetro e comprimento) e cinco (dureza, umidade e estabilidade) observações.

Dieta	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Dureza (kg)	Umidade (%)	Estabilidade (%)
12-0/150	2,50 $\pm$ 0,09a	4,17 $\pm$ 0,37ab	2,55 $\pm$ 0,74ab	11,87 $\pm$ 0,69a	87,73 $\pm$ 0,17ab
9-2/251	2,69 $\pm$ 0,10b	4,42 $\pm$ 0,55ab	2,20 $\pm$ 0,66bc	9,53 $\pm$ 0,65bc	86,88 $\pm$ 0,40bc
6-5/501	2,65 $\pm$ 0,11b	4,11 $\pm$ 0,44b	2,08 $\pm$ 0,67c	9,53 $\pm$ 0,38bc	88,74 $\pm$ 0,27a
3-8/751	2,68 $\pm$ 0,11b	4,12 $\pm$ 0,28b	2,37 $\pm$ 0,57abc	8,60 $\pm$ 0,55c	86,48 $\pm$ 1,12c
0-10/101	2,72 $\pm$ 0,10b	4,44 $\pm$ 0,43a	2,68 $\pm$ 0,55a	10,27 $\pm$ 0,60b	87,16 $\pm$ 0,52bc

Para letras iguais não existe diferença significativa entre as dietas ao nível  $\alpha = 0,05$  pelo teste de Tukey HSD.

Gráfico 1 - Variação da salinidade (g/L), temperatura (°C) e pH na água durante o cultivo do camarão *L. vannamei*. Cada ponto representa uma leitura diária de cada parâmetro.



### 5.3 Desempenho Zootécnico dos Camarões

Ao final do cultivo, os camarões apresentaram uma sobrevivência final elevada, acima de 90% (Tabela 4). Não houve um efeito significativo do tipo de dieta utilizada sobre este parâmetro ( $P > 0,05$ ). A sobrevivência média final alcançou  $92,8 \pm 5,6\%$ . O ganho médio de produtividade de camarões alcançou  $866 \pm 86 \text{ g/m}^2$ . Não foi observada diferença estatística significativa nesse parâmetro como resultado do tipo de dieta utilizada ( $P > 0,05$ ).

Na despesa dos camarões também não foi possível detectar diferença estatística significativa no consumo alimentar aparente de ração (CAR) entre as dietas avaliadas. O CAR médio alcançou  $13,0 \pm 0,8 \text{ g/camarão}$ . Similar ao ganho de produtividade, observou-se um aumento gradativo do CAR à medida que aumentava os níveis de inclusão da FVA nas dietas.

Diferente dos outros parâmetros de desempenho zootécnico, o FCA diferenciou-se estatisticamente entre os tratamentos dietéticos. A dieta 12-0 registrou um maior FCA ( $1,98 \pm 0,16$ ) comparada às dietas 9-2 ( $1,75 \pm 0,09$ ) e 6-5 ( $1,77 \pm 0,09$ ). O crescimento semanal dos camarões apresentou uma média de  $0,76 \pm 0,07 \text{ g}$ , não sendo afetado pelo nível de substituição da FS pela FVA.

Tabela 4 – Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivado em 28 tanques circulares de 0,5 m<sup>3</sup> sob condições de 123 camarões/m<sup>2</sup> durante 72 dias. Valores apresentados como média ( $\pm$  desvio padrão) de cinco tanques de cultivo, de cada um dos nove tratamentos.

Desempenho zootécnico	Dietas/Inclusão Farinha de Peixe-Farinha de Aves (% da dieta)					Média $\pm$ DP	ANOVA <i>P</i>
	12-0	9-2	6-5	3-8	0-10		
Sobrevivência final (%)	91,9 $\pm$ 7,3	96,6 $\pm$ 3,3	92,6 $\pm$ 6,6	92,6 $\pm$ 5,5	91,0 $\pm$ 4,6	92,8 $\pm$ 5,6	0,565
Crescimento (g/semana)	0,70 $\pm$ 0,10	0,75 $\pm$ 0,08	0,79 $\pm$ 0,06	0,79 $\pm$ 0,06	0,76 $\pm$ 0,07	0,76 $\pm$ 0,08	0,334
Produtividade <sup>1</sup> (g/m <sup>2</sup> )	797 $\pm$ 116	898 $\pm$ 97	896 $\pm$ 36	900 $\pm$ 40	848 $\pm$ 83	866 $\pm$ 86	0,168
CAR <sup>2</sup> (g/camarão)	12,8 $\pm$ 0,9	12,7 $\pm$ 1,0	12,9 $\pm$ 0,4	13,4 $\pm$ 0,6	13,2 $\pm$ 0,8	13,0 $\pm$ 0,8	0,570
FCA <sup>3</sup>	1,98 $\pm$ 0,16a	1,75 $\pm$ 0,09b	1,77 $\pm$ 0,09b	1,82 $\pm$ 0,09ab	1,92 $\pm$ 0,11ab	-	0,007

<sup>1</sup>Ganho de produtividade.

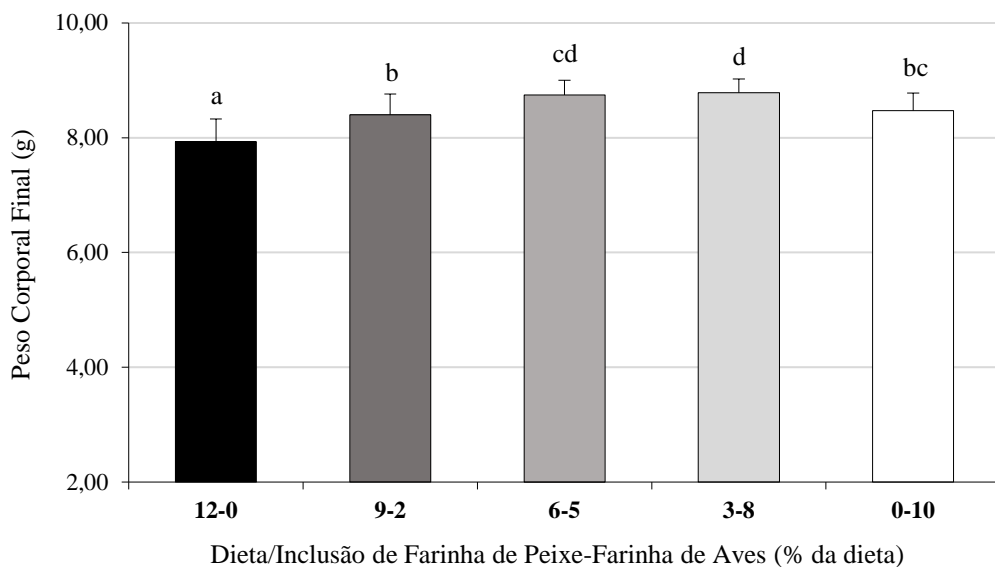
<sup>2</sup>Consumo aparente de ração.

<sup>3</sup>Fator de conversão alimentar.

Para letras iguais não existe diferença significativa entre as dietas ao nível  $\alpha = 0,05$  pelo teste de Tukey HSD.

Por outro lado, o peso corporal final dos camarões variou em função do nível de substituição da FS (Gráfico 2). Dentre todos os dados obtidos de desempenho zootécnico, o mais importante foi referente ao peso corporal. Registrou-se que o maior peso corporal foi alcançado com as dietas 3-8 ( $8,78 \pm 0,24$  g) e 6-5 ( $8,74 \pm 0,26$  g), seguido das dietas 0-10 ( $8,47 \pm 0,31$  g) e 9-2 ( $8,40 \pm 0,37$  g).

Gráfico 2 - Peso corporal final (média  $\pm$  erro padrão) do *L. vannamei* alimentado com dietas com progressiva substituição de FS por FVA. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre as dietas ao nível de  $\alpha = 0,05$  pelo teste de Tukey HSD.



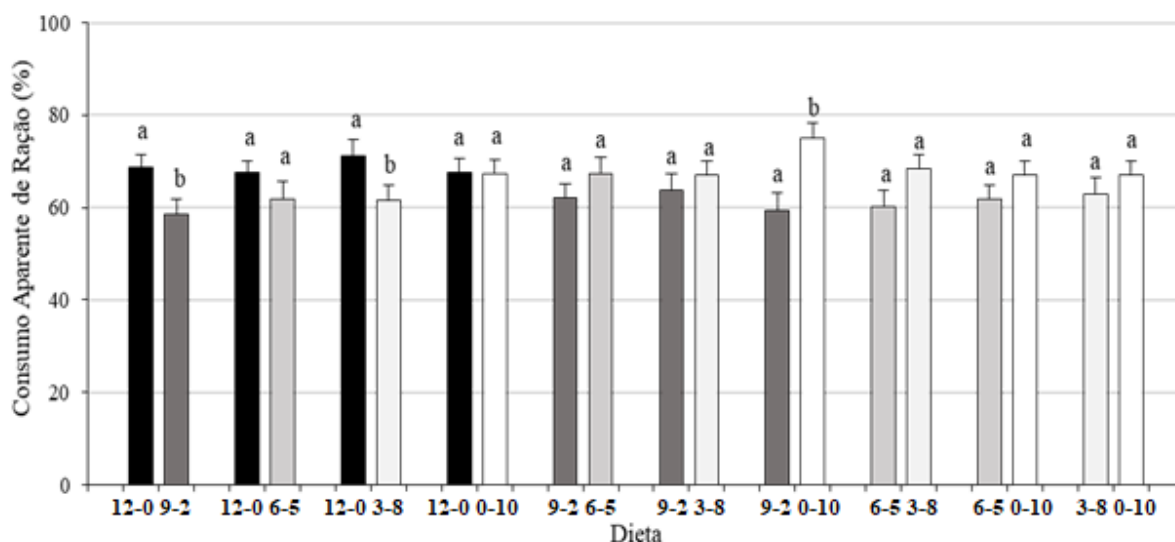
Os camarões alimentados com a maior inclusão de FS foram os que alcançaram o menor peso corporal (dieta 12-0,  $7,93 \pm 0,40$  g). Houve uma tendência no aumento do ganho de peso corporal dos camarões na medida que aumentava a inclusão da FVA nas dietas, atingindo o nível ótimo com 75% de substituição de FS por FVA.

#### 5.4 Preferência Alimentar

Durante a validação dos ensaios de preferência alimentar (Gráfico 3), a dieta 12-0 (sem inclusão de FVA) foi comparada com as dietas 9-2, 6-5, 3-8 e 0-10, contendo respectivamente 25, 50, 75 e 100% de substituição de farinha de peixe pela farinha de vísceras de aves. O consumo alimentar de ração (CAR) (%) das dietas 9-2, 6-5 e 3-8 apresentaram uma tendência quando comparadas entre si. Não foi verificada diferença estatística significativa nas

comparações com o grupo da dieta 0-10, com exceção do confronto com a dieta 9-2 ( $P > 0,05$ ), onde foi observado um CAR bastante superior ao da dieta com 100% de substituição. Entretanto, a dieta 0-10 não apresentou diferença estatística significativa quando comparada à dieta 12-0.

Gráfico 3 - Comparação do consumo alimentar de ração (CAR, %) de juvenis do *L. vannamei* alimentados com dietas com progressiva substituição de farinha de peixes por farinha de aves. 12-0 representa a dieta sem inclusão de farinha de vísceras de aves. As dietas 9-2, 6-5, 3-8 e 0-10, representavam a inclusão de 25, 50, 75 e 100%, respectivamente. As dietas foram confrontadas entre si usando duas bandejas de alimentação por tanque. Cada barra representa a média ( $\pm$  erro padrão) de 40 observações, com o total de 10 comparações durante o experimento. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas no CAR entre dietas ao nível  $\alpha = 0,05$ , de acordo com o teste *t* de Student.



Ao se analisar as comparações das dietas de um ângulo geral, não foi verificada diferença estatística significativa entre a grande maioria dos tratamentos dietéticos. Porém, se pode observar uma tendência dos animais ao consumo da dieta 0-10, tendo ela um CAR superior as outras dietas, em todas as comparações realizadas. Com exceção somente da comparação com a dieta 12-0, onde foram encontrados valores de CAR praticamente iguais.



## 6 DISCUSSÃO

Um dos importantes pontos a ser observado no presente estudo está relacionado as composições nutricionais, tanto da FVA como da FS. A partir da análise do perfil bromatológico e aminoacídico de ambos os ingredientes, observasse algumas vantagens da FVA *low-ash* em relação a FS. A princípio, o nível de proteína bruta da FVA foi claramente superior ao nível da FS, alcançando uma diferença de mais de 5% de PB entre os ingredientes, enquanto o nível de material mineral da FS foi bastante superior ao da FVA, alcançando quase o dobro do valor em sua diferença. Com relação aos aminoácidos essenciais, a FVA apresentou níveis maiores do que a FS em seis dos dez AAE, entre eles a Arginina, Leucina e Valina. Inclusive, foi observado que a somas dos AAE e AANE foi maior na FVA do que na FS. Sob essa perspectiva, se conclui que em matéria nutricional, a FVA *low-ash* é relativamente superior a FS.

Todas as dietas foram elaboradas de forma que seus níveis proteicos e energéticos fossem iguais. Assim, as inclusões de ingredientes altamente proteicos, como farelo de soja e concentrado proteico de soja foram fixados em todas as dietas. Ademais, com o objetivo de obter o equilíbrio do perfil aminoacídico das dietas, as dietas foram suplementadas com os aminoácidos cristalinos L-Lisina, L-Treonina e DL-Metionina.

De acordo com Dozier III, Dale & Dove (2003), Rojas & Stein (2013) e Zarei, Mohammadi & Hemmati (2014), devido a FVA ser um ingrediente derivado de diferentes partes do animal que possuem características e composições químicas distintas em gordura, proteína e matéria mineral, esse insumo depende desses materiais constituintes e da quantidade deles para avaliar sua composição final. Dessa forma, os teores de proteína, energia metabolizável e digestibilidade aparente dos nutrientes tendem a não possuir um valor padrão no mercado.

No entanto, a FVA utilizada no presente estudo, se diferencia das demais no mercado em todos os aspectos. A farinha de vísceras de aves *low-ash* é resultado do abate de aves cuja o objetivo de venda se destina ao mercado europeu. Essa ave possui um porte menor dos que as aves comuns no mercado, por isso a quantidade de material mineral é reduzida e seu nível proteico um pouco maior. Além de que, recebem tanto um manejo de cultivo como um abate especializado.

Outro ponto importante sobre os ingredientes testados nesse trabalho é sobre o fator econômico. Historicamente, o insumo com maior custo e amplamente utilizado por fabricas de ração é a FS. Segundo dados da FAO (2014), o Peru, maior exportador de FS do mundo, no ano

de 2014 capturou o equivalente a cerca de 1,71 milhões de toneladas, e os preços então chegaram a US\$ 2.400 por tonelada. De acordo com a FAO, a tendência do mercado era um aumento progressivo da produção, da exportação e do preço da FS.

No entanto, devido à crise global ocasionada pela pandemia do COVID-19, tanto as produções como os preços dos insumos, sofreram flutuações negativas, resultando em uma baixa na produção de pescado pela aquicultura ao redor do globo. Com isso, houve um acúmulo de matéria-prima e uma diminuição da produção da FS.

Atualmente, foram publicados dados positivos sobre a situação no mercado internacional, onde foi registrado nos primeiros três trimestres de 2020, a exportação de 764 618 toneladas de farinha de peixe do Peru. Sob essa perspectiva, no curto prazo os preços devem cair devido à oferta abundante do Peru. Porém, a extensão desse declínio não deve se prolongar, pois a recuperação do mercado junto com as recentes conquistas mundiais sobre a COVID-19 proporcionara em breve uma nova alta nesse insumo (FAO, 2021).

Inquestionavelmente, o uso excessivo da FS em dietas para o *L. vannamei* não é viável economicamente, como também não é viável para manter a qualidade do cultivo. Como já comentado, nos dias de hoje a busca por ingredientes que substituam a FS está cada vez mais alta, tendo esses futuros substitutos que atender tanto a critérios de desempenho zootécnico como critérios econômicos (XIE *et al.*, 2016; MARKEY; AMAYA; DAVIS, 2010).

Salienta-se ainda que, ao contrário da FS, a FVA *low-ash* não está submetida as fortes flutuações do mercado internacional. Por se tratar de um insumo produzido no Brasil, as vantagens econômicas da FVA *low-ash* como preço reduzido, maior facilidade de acesso, ampla disponibilidade no mercado nacional e redução de custos e tarifas com transporte, tornam a FVA *low-ash* uma grande favorita a substituir a FS em dietas para o *L. vannamei* no território brasileiro. Contudo, de acordo com Yu (2006), devido a fatores como o custo e o local de cada ingrediente, a diferença de preço entre a FS e a FVA no momento da compra e a taxa de substituição desses ingredientes determinada pelo nutricionista, podem não resultar em uma substituição compensatória desses ingredientes em dietas comerciais para o *L. vannamei*.

Com relação as qualidades físicas das dietas experimentais, foram registrados valores entre 2,50 e 2,72 mm de diâmetro, e valores de comprimento de 4,11 a 4,44 mm. Tan & Dominy (1997) recomendam o uso de *pellets* de 2,2 x 2,5 mm (diâmetro x comprimento) para camarões marinhos entre 4 e 10 g de peso corporal. No entanto, Nunes, Gesteria & Goddard (1997), a partir de seu estudo sobre o comportamento alimentar do camarão *Farfantepenaeus subtilis*, observaram que *pellets* menores que 2,3 x 1,3 mm (diâmetro x

comprimento) são mais bem utilizados por camarões nessa classe de peso do que *pellets* maiores.

Em seu estudo, Obaldo & Tacon (2001) observaram que *pellets* com 0,7 mm de diâmetro (forma desintegrada) apresentavam valores de estabilidade física inferiores quando comparados com *pellets* cilíndricos de 3 mm. Além disso, a relação entre a área superficial e o volume é aumentada na proporção em que partículas maiores são reduzidas até serem desintegradas. Portanto, rações com menor diâmetro tendem a apresentar uma relação inversamente proporcional entre os valores de estabilidade e de lixiviação de nutrientes em água. No presente estudo, se utilizou apenas rações com *pellets* cilíndricos. Logo, não foi possível detectar uma relação aparente entre diâmetro do pellet e estabilidade em água.

Foram registrados entre as dietas testadas valores de dureza de 2,08 a 2,68 kg. Não se sabe ao certo os valores ideais de dureza em ração para camarões marinhos. Porém, a observação de elevada quantidade de finos significa uma ração com *pellets* baixa dureza. Não foi observado padrões entre os valores de dureza e os demais parâmetros físicos das dietas. No entanto, foi observado que as dietas 12-0 e 0-10, que registraram os maiores valores de dureza,  $2,55 \pm 0,74$  kg e  $2,68 \pm 0,55$  kg, respectivamente, tiveram alguns dos menores pesos corporais entre os tratamentos,  $7,93 \pm 0,40$  g e  $8,47 \pm 0,31$  g, respectivamente.

Aparentemente, a dureza não apresenta uma correlação direta com a estabilidade física da ração em água, pois a dieta 6-5 que registrou o segundo maior peso corporal ( $8,74 \pm 0,26$  g), apresentou a maior estabilidade ( $88,74 \pm 0,27$  %), como também apresentou a menor dureza ( $2,08 \pm 0,67$  kg). No presente estudo, todas as dietas exibiram uma estabilidade acima de 80%, valor considerado ideal para rações comerciais. Isto sugere que a capacidade de suporte dos tanques não foi excedida. Uma maior estabilidade física poderia ter favorecido a menores perdas de matéria seca, resultando em uma menor oferta de ração, conseqüentemente, em um menor consumo aparente de ração e FCA.

Ao final do estudo, foi observado que a substituição da FS pela FVA não promoveu uma maior sobrevivência entre os tratamentos, embora também não tenha se observado uma diminuição nos índices desse parâmetro zootécnico. A sobrevivência final variou entre  $91,0 \pm 4,6\%$  e  $96,6 \pm 3,3\%$ . Além disso, foi verificado que as dietas 3-8 e 6-5, cujos pesos corporais foram os maiores dentre todos os tratamentos,  $8,78 \pm 0,24$  g e  $8,74 \pm 0,26$  g, respectivamente, apresentaram sobrevivências iguais no valor médio de 92,6%.

Davis & Arnold (2000) avaliaram a substituição da FS pela FVA produzida através do método de secagem pneumática de sólidos (*flash-drying*) (FVF). Ao final da pesquisa, foi observado em todos os tratamentos uma sobrevivência final acima de 90%. Os autores também

concluíram que a substituição da FS por FVA, não impactou negativamente nos índices desse parâmetro zootécnico. Chi *et al.* (2009) também avaliaram o potencial da FVA como fonte proteica em 7 dietas experimentais para o *L. vannamei* em diferentes níveis de substituição. Nos resultados, foi registrada uma sobrevivência acima de 90% em todos os tratamentos.

Concomitantemente, foi verificado um aumento de crescimento e ganho de produtividade em juvenis do *L. vannamei*, à medida que se aumentava a substituição de FS por FVA. Os resultados de crescimento entre os tratamentos variaram de  $0,70 \pm 0,10$  a  $0,79 \pm 0,06$  g/semana. Mais uma vez, foi verificado que as dietas 3-8 e 6-5, cujos pesos corporais foram os maiores dentre todos os tratamentos, apresentaram crescimentos iguais no valor médio e desvio padrão de  $0,79 \pm 0,06$  g/semana. Em análises gerais, o crescimento dos animais de todos os tratamentos foi relativamente lento. Acredita-se que esse baixo crescimento foi causado pela genética dos animais utilizados na pesquisa, pois não houve qualquer diferença entre os tratamentos no que diz respeito ao manejo de cultivo, qualidade de água ou manejo de alimentação utilizado.

Com relação ao ganho de produtividade, os resultados entre os tratamentos variaram de  $797 \pm 116$  a  $900 \pm 40$  g/m<sup>2</sup>. As dietas contendo FVA registraram valores de crescimento e ganho de produtividade superiores quando comparados com a dieta contendo somente a FS. Desta vez, as maiores produtividades foram registradas para as dietas 3-8 e 9-2,  $900 \pm 40$  e  $898 \pm 97$  g/m<sup>2</sup>, respectivamente. A dieta 9-2 (25%) mesmo não demonstrando um peso corporal tão alto ( $8,40 \pm 0,37$  g), alcançou a segunda melhor produtividade devido ao fato da sua sobrevivência ter sido a maior dentre todos os tratamentos ( $96,6 \pm 3,3$  %). Outrossim, foi detectada uma tendência de aumento na produtividade à medida que se aumentou a inclusão de FVA nas dietas, até a relação de 3-8 (75%).

A respeito do fator de conversão alimentar (FCA), houve alternância dos valores entre os tratamentos de  $1,75 \pm 0,09$  a  $1,98 \pm 0,16$ . Não foi observado diferença estatística significativa entre as dietas 12-0 (0%), 0-10 (100%) e 3-8 (75%), sendo seus valores os maiores registrados entre os tratamentos, na respectiva ordem,  $1,98 \pm 0,16$ ;  $1,92 \pm 0,11$  e  $1,82 \pm 0,09$ . Em relação ao peso corporal final, houve uma disparidade nos valores, tendo a dieta 3-8 (75%) apresentado o maior PC, e a dieta 12-0 (0%), o menor PC. Verifica-se então que quando relacionados os parâmetros desempenho zootécnico, a dieta 3-8, registrou os melhores resultados, com maior peso corporal final ( $8,78 \pm 0,24$  g), maior crescimento ( $0,79 \pm 0,06$ ) e maior ganho de produtividade ( $900 \pm 40$ ).

Contudo, foi observado que substituições acima de 75% podem causar efeitos deletérios nos animais, além de um aumento no FCA. Camarões alimentados com a dieta 0-10

(100%) registraram valores de desempenho inferiores quando comparados com a dieta 3-8, que por sua vez, também registrou valores de desempenho superiores a dieta 12-0 (0%). Desta forma, entende-se então que com proporções dietéticas semelhantes de proteína-energia, pode ser feita a substituição de FS por FVA *low-ash* em altos índices, melhorando assim o desempenho zootécnico dos camarões. Os animais foram cultivados em um ambiente controlado, proporcionando para todos iguais condições e consideradas adequadas para a espécie.

Suresh, Vasagam & Nates (2011) avaliaram sete dietas experimentais contendo a FVA como o principal ingrediente proteico para o camarão azul, *L. stylirostris*. Foi empregada uma dieta controle e outra de referência, além de cinco dietas contendo 3% de diversos ingredientes de origem animal. Ao final do experimento, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com relação ao desempenho zootécnico. Roy *et al.* (2009), observaram resultados similares quando comparadas duas dietas, uma com 10% de farinha de peixe, e outra com 10% de farinha de vísceras de aves. A dieta contendo a FVA apresentou os melhores resultados em relação ao peso corporal final (24,1g), biomassa (476,2 g), com sobrevivência (98%) similar à dieta contendo 10% de farinha de peixe (98%).

Gamboa-Delgado *et al.* (2014) reportaram resultados semelhantes em seu trabalho, no qual testaram sete dietas experimentais com substituições de FS por FVA nas proporções de 0, 35, 50, 65, 80, 95, e 100%. Ao final do experimento, foi verificado que os camarões alimentados com as dietas com 35% e 50% de substituição alcançaram valores de PC similares ao tratamento com 0% de substituição. Os autores concluíram que as taxas de crescimento das dietas contendo FS e FV, são equivalentes.

Chi *et al.* (2009), avaliaram o potencial da FVA como fonte proteica em 7 dietas experimentais para o *L. vannamei*. A FS foi substituída por 0, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 100% de FVA (dietas 1-7). Foi observado que os camarões alimentados com dietas 2 e 4 (30% e 50%) mostraram um crescimento significativamente maior do que aqueles alimentados com as dietas 6 e 7 (70% e 100%). Os autores concluíram que a FS pode ser substituída pela FVA em até 70% sem afetar negativamente os parâmetros de desempenho. Resultados similares foram demonstrados nos trabalhos de Cheng, Behnke & Dominy (2002), Tan *et al.* (2003), Zhu & Yu (2002) que relataram dados semelhantes nos parâmetros de crescimento e de produtividade quando testados os seguintes níveis de substituição de FS por FVA: 80, 80 e 66%, respectivamente.

Durante a primeira etapa do presente estudo, não foi verificada diferença estatística significativa no consumo aparente de ração (CAR), mesmo tendo os valores entre os

tratamentos variado de  $12,7 \pm 1,0$  a  $13,4 \pm 0,6$ . O CAR é um parâmetro de desempenho zootécnico não tão preciso quanto os demais, devido ao fato de não haver 100% de certeza quanto ao consumo de ração pelo animal, podendo o *pellet* ter sofrido um forte processo de lixiviação ou até mesmo ter sido removido do tanque em uma troca de água de rotina. É por tal razão que se classifica o consumo de ração como “aparente”. Sob a mesma perspectiva dos demais parâmetros de desempenho zootécnico, a dieta 3-8 (75%) registrou o maior CAR entre os tratamentos, alcançando o valor de  $13,4 \pm 0,6$  g/camarão.

Dessa forma, a resposta alimentar dos camarões está diretamente relacionada à substituição de FS por FVA. Mesmo sendo verificada uma resposta maior do CAR para a FS, dietas que possuem inclusão de FVA apresentam maior CAR dos camarões, à medida que se aumenta a substituição destes ingredientes nas dietas. Resultados semelhantes foram observados no trabalho de Nunes *et al.* (2006), que avaliaram nove atrativos de origem animal utilizados em dietas comerciais para juvenis do *L. vannamei*, com base na observação de respostas comportamentais dos animais. Os autores realizaram observações comportamentais em um aquário com formato em Y estocado com um único camarão, e em cada observação comportamental, dois ingredientes diferentes foram oferecidos simultaneamente em quantidades iguais. Os autores relataram uma maior porcentagem de escolhas para a FS, comprovando a eficácia atrativa da farinha de salmão.

Posteriormente, na segunda fase do estudo, que tinha como objetivo determinar a preferência alimentar dos camarões com relação as cinco dietas testes, foram analisados os confrontos entre todas as dietas, a partir do uso de duas bandejas por tanque com alimentação simultânea. Nesta 2<sup>o</sup> etapa, diferentemente da primeira, os animais foram alimentados durante os 14 dias ininterruptos de teste com uma quantidade de ração fixa por oferta e em excesso, com o propósito de que houvesse sobras de ração a serem coletadas, e a partir delas, fosse possível determinar o CAR e conseqüentemente a preferência alimentar do *L. vannamei*.

Em uma análise geral, não houve diferença estatística em 70% dos confrontos entre as dietas. Nos confrontos da dieta 12-0 com as dietas 9-2 e 3-8, foi verificado diferença estatística significativa, o que determinaria uma propensão para o aumento do CAR da dieta sem FVA. No entanto, não foi verificada diferença estatística significativa no confronto entre a dieta 12-0 e 6-5. Um dos principais resultados entre os tratamentos, foi com relação ao confronto das dietas 12-0 e 0-10 (0 e 100% de substituição, respectivamente), onde não foi observado diferença estatística significativa, sendo inclusive o confronto com resultados mais semelhantes dentre todos. Deste modo, se fazem necessários mais testes para determinar com

melhor precisão a preferência alimentar do *L. vannamei*, entre as dietas contendo FS e FVA *low-ash*.

Por outro lado, observou-se uma predisposição para o aumento do CAR das dietas 9-2 (25%), 6-5 (50%), 3-8 (75%) e 0-10 (100%) quando comparadas entre si, levando a concluir que quanto maior a inclusão de FVA, maior seria o CAR das dietas. Do ponto de vista estatístico, não foi verificada diferença significativa entre os confrontos destas dietas, com exceção apenas do confronto da dieta 9-2 e 0-10, onde o CAR da dieta com 100% de FVA se apresentou bastante superior ao CAR da dieta com 25% de substituição da FS por FVA. Portanto, se conclui que a FVA *low-ash* se mostrou um excelente atrativo para rações do *L.vannamei*, apesar da FS ser um atrativo mais eficiente quando comparada com a FVA.

Samocha *et al.* (2004) demonstrou a partir dos resultados de seu trabalho, que o *L. vannamei* não demonstra problemas de atratividade e palatabilidade, quando a FVA é utilizada para substituir 80 ou 100% da FS na dieta. Assim como não apresenta qualquer diferença em termos de sobrevivência ou crescimento. Suresh, Vasagam & Nates (2011) avaliaram as propriedades químicas de seis diferentes matérias-primas de origem animal, com relação aos seus fatores atrativos e palatáveis em dietas para o camarão azul, *L. stylirostris*. Os resultados dos testes experimentais e das análises bioquímicas, revelaram que os dados obtidos se mostraram consistentes, e que o perfil bioquímico da FVA foi moderadamente inferior ao da FS, proporcionando uma melhor atratividade e palatabilidade da FS quando comparada a FVA. Ainda assim, os resultados de desempenho zootécnico não foram afetados pela substituição.

Kawauchi *et al.* (2014) e Zarei, Mohammadi & Hemmati (2014), destacam que dentre os principais aspectos que afetam a digestibilidade das FVA, pode-se citar os relacionados diretamente à característica do ingrediente como a composição química, o processamento e a presença de contaminantes são aspectos que alteram os coeficientes de digestibilidade.

## 7 CONCLUSÃO

A partir do presente estudo, pode-se afirmar que a farinha de vísceras de aves *low-ash* (FVA) substitui em até 75% a farinha de salmão (FS) em dietas práticas para engorda de juvenis do *L. vannamei*, sem detrimento ao desempenho zootécnico desses animais, devido ao maior peso corporal ter sido encontrado com essa dieta. É possível reduzir a inclusão dietética da FS de 12% para 3% quando do uso de 8% de FVA, proporcionando dependendo do caso, uma diminuição no custo final da ração a ser produzida.

A substituição integral da FS pela FVA não causa efeitos deletérios na preferência alimentar do *L. vannamei*. Dessa forma, é indicado utilizar proporções de 50-50% ou 25-75% de FS e FVA, respectivamente, para promover melhora nos resultados de desempenho zootécnico animal, melhores índices de atratividade e possivelmente reduzir os custos com matérias-primas, resultando em rações de ótimo custo benéfico no mercado.



## REFERÊNCIAS

- ABCC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. **Programa de Biossegurança para Fazendas de Camarão Marinho**. Recife: ABCC, 2005. 68 p.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Notícias do Setor**. 2020. Disponível em: <<http://abpa-br.org/category/mercados/>>. Acesso em: 4 jun. 2020.
- ABRA. Associação Brasileira de Reciclagem Animal. **Produto**. 2020. Disponível em: <<https://abra.ind.br/blog/abra-produtos/farinhas-de-penas/>>. Acesso em: 28 maio 2020.
- AMAYA, E.A.; DAVIS, D.A.; ROUSE, D.B. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pound conditions. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 262, p. 393–401, 2007.
- AAFCO. Official Publication. Association of American Feed Control Officials. Aldrich, G., Lyons, T., Jacques, K., 2007. **USA poultry meal**: quality issues and concerns in pet foods. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries 467. 2017.
- AOAC. Determination of Moisture, Ash, Protein and Fat. **Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists**. 18th Edition, AOAC, Washington DC, 2005.
- BELLAVER, C. Uso de resíduos de origem animal na alimentação de frangos de corte. III SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, Chapecó, 2002. **Anais...** Chapecó, 09, 10 e 11 de abril de 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº4 de fevereiro de 2007**: aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitária e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Fabricantes de Produtos Destinados à Alimentação Animal e o Roteiro de Inspeção. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, 2007.
- BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Embrapa Suínos e Aves**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 4 jun. 2020a.
- BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Legislação - Alimentação Animal** Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/legislacao-alimentacao-animal>>. Acesso em: 27 de jul. 2020b.
- CARVALHO, R.A.P.L.F.; OTA, R.H.; KADRY, V.O.; TACON, A.G.J.; LEMOS, D. Apparent digestibility, of protein, energy and amino acids of six protein sources included at three levels in diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in high performance conditions. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 465, p. 223–234, 2016.
- CHENG, Z.J., BEHNKE, K.C., DOMINY, W.G. Effects of poultry byproduct meal as a substitute for fish meal in diets on growth and body composition of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 12, p. 71–83, 2002.

CHI, S.; TAN, B.; MAI, K.; ZHENG, S. Growth and feed efficiency of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* fed formulated diets containing different levels of poultry by-product meal. **Journal of Ocean University of China**, v. 399, 2009.

CRUZ-SUÁREZ, L.E.; NIETO-LÓPEZ, M.; GUAJARDO- BARBOSA, C.; TAPIA-SALAZAR M.; SCHOLZ, U.; RICQUE-MARIE D. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 272, p. 466–476, 2007.

DAVIS, D.A. ARNOLD, C.R. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus Vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 185, p. 291–298, 2000.

DAVIS, D.A.; SAMOCHA, T.M.; BULLIS, R.A.; PATNAIK, S.; BROWDY, C.; STOKES, A.; ATWOOD, H. Practical diets for *Litopenaeus vannamei*, (Boone. 1931): working towards organic and/or all plant production diets. Avances en Nutricion Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutricion Acuicola. Hermosillo, Sonora, Mexico. **Anais...** p.16–19, Noviembre, 2004

DOZIER III, W.; DALE, N.; DOVE, C. Nutrient composition of feed-grade and petfood-grade poultry by-product meal. **Journal of applied poultry research**, v.12, p. 526-530, 2003.

EWAN, R.C. Predicting the energy utilization of diets and feed ingredients by pigs. **Energy Metabolism, European Association of Animal Production Bulletin**. Pudoc Wageningen, Netherlands, n. 43, p. 271-274, 1989.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in Action**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.

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

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in Action**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.

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, n. 4, p. 1682–1689, 2018.

FLEGEL, T.W. The Right to Refuse Revision in the Genus *Penaesus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, p. 2-8, 2007.

GAMBOA-DELGADO J.; CASTAÑEDA-SOLÍS J.D.; NIETO-LÓPEZ M.G.; VILLARREAL-CAVAZOS D.A. Isotopic Evaluation of the Nutritional Contribution of Poultry by-product Meal and Fish Meal to the Growth of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. n/a, 2014.

HAGEN, S.; FROST. B.; AUGUSTIN, J. Precolumn Phenylisothiocyanate Derivatization and Liquid Chromatography of Amino Acids in Food. **Journal - Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, 1989.

HERNÁNDEZ, C. OLVERA-NOVOA, M.A. AGUILAR-VEJAR, K. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, B. DE LA PARRA, I.A. Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 277, p. 244-250, 2008.

KAWAUCHI, I.; SAKOMURA, N.; PONTIERI, C.; REBELATO, A.; PUTAROV, T.; MALHEIROS, E.; GOMES, M.; CASTRILLO, C.; CARCIOFI, A. Prediction of crude protein digestibility of animal by-product meals for dogs by the protein solubility in pepsin method. **Journal of Nutritional Science**, v. 3, 2014.

LIU, X.; YE, J.; KONG, J.; WANG, K.; WANG, A. Apparent Digestibility of 12 Protein-Origin Ingredients for Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 75, p. 90–98, 2013.

LUO, L.; WANG, J.; PAN, Q.; XUE, M.; WANG, Y.; WU, X.; LI, P. Apparent digestibility coefficient of poultry by-product meal (PBM) in diets of *Penaeus monodon* (Fabricius) and *Litopenaeus vannamei* (Boone), and replacement of fishmeal with PBM in diets of *P. monodon*. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1223-1231, 2012.

MARKEY J.C.; AMAYA E.A.; DAVIS D.A. Replacement of Poultry By-product Meal in Production Diets for the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, n. 06, 2010.

MERINO, G.; BARANGEA M.; BLANCHARD, J.L.; HARLE, J.; HOLMES, R.; ALLEN, I.; ALLISON, E.H.; BADJECK, M.C.; DULVY, N.K.; HOLT, J.; JENNINGS, S.; MULLON, C.; RODWELL, L.D. Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? **Global Environmental Change**, v. 22, p. 795-806, 2012.

MILLER, E.L.; BOER E.D. By-products of animal origin. **Livestock Production science**. v. 19, p. 159-196, 1988.

NRC (National Research Council). Nutrient requirements of fish. **National Academy Press**, Washington DC, p. 114, 2011.

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

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

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; ANDRIOLA-NETO, F. F.; LEMOS, D. Behavioral response to selected feed attractants and stimulants in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 260, n. 1, p. 244–254, 29 set. 2006.

NUNES, A.J.P.; SÁ, M. V. C. 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.; OLIVEIRA'NETO, S.; BURRI, L. Feed preference and growth response of juvenile *Litopenaeus vannamei* to supplementation of marine chemoattractants in a fishmeal-challenged diet. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. n/a, n. n/a, 2019.

OBALDO, L. G.; TACON, A. G. J. Manufacturing different diet sizes and its effect on pellet water stability and growth of three size classes of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Aquaculture**, Amsterdam, v. 11, n. 4, p. 57-66, 2001.

PASTORE, S.C.G.; GAIOTTO, J.R.; RIBEIRO, F.A.S.; NUNES, A.J.P. Formulação de rações e boas práticas de fabricação. In: FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P.; **Nutriaqua, nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis, 2016. Cap. 16, p. 295-343.

RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha desempenho em 2004. Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão. **Revista da ABCC**, Recife, v. 7, n. 2, p.38-44, 2005.

ROJAS, O.J., STEIN, H.H. Concentration of digestible and metabolizable energy and digestibility of amino acids in chicken meal, poultry byproduct meal, hydrolyzed porcine intestines, a spent hen-soybean meal mixture, and conventional soybean meal fed to weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p.3220-3230, 2013.

ROY, L.A.; BORDINHON, A.; SOOKYING, D.; DAVIS, D.A.; BROWN, T.W.; WHITI, G.N. Demonstration of alternative feeds for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters of west Alabama. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 496-503, 2009.

SAMOCHA, T.M., DAVIS, D.A., SAOUD, I.P., DEBAULT, K. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry byproduct meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, p. 197–203, 2004.

SOOKYING, D.; DAVIS, D.A.; SILVA, F.S.D. A Review of the Development and Application of Soybean-based Diets for Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, p. 441–448, 2013.

SURESH, A.V.; VASAGAM, K.P.K.; NATES, S. Attractability and palatability of protein ingredients of aquatic and terrestrial animal origin, and their practical value for blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* fed diets formulated with high levels of poultry byproduct meal. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 319, p. 132-140, 2011.

TACON, A.G.J.; AKIYAMA, D.M. Feed ingredients. In: D'Abramo, L.R.; Conklin, D.E.; Akiyama, D.M.(Eds.), Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, vol. 6, **World Aquaculture Society**, Baton Rouge, p. 411-472, 1977.

TACONA.G.J.; METIAN M. Global Overview on the use of Fish Meal and Fish Oil in Industrially Compounded Aquafeeds: Trends and Future Prospects. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 285, p. 146–158, 2008.

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

TAM, R. K. H.; DOMINY, W. G. Commercial pelleting of crustacean feeds. In: D'ABRAMO, L. R.; CONKLIN, D. E.; AKIYAMA, D. M. (Eds.), Crustacean Nutrition. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, p. 520-587. 1997.

TAN, B.P.; ZHENG, S.X.; YU, H.R.; YU, Y. Growth and feed efficiency of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed practical diets containing different levels of poultry by-products meal. **Asia Regional Office of the National Renderers Association Inc.**, Causeway Bay, Hong Kong. Research report n. 24, p. 8, 2003.

VILLARREAL-CAVAZOS, D.A.; RICQUE-MARIE, D.; PEÑA-RODRÍGUEZ, A.; NIETO-LÓPEZ, M.; TAPIA-SALAZAR, M.; LEMME, A.; GAMBOA-DELGADO, J.; CRUZ-SUÁREZ, L.E. Digestibilidad aparente de materias secas, proteínas crudas y aminoácidos de seis subproductos de rastrojo juveniles de *Litopenaeus vannamei*. **Ciencias Marinas**, v. 40, p. 163-172, 2014.

YANG, Y.; XIE, S.; LEI, W.; ZHU, X.; YANG, Y. Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 17, p. 105-114, 2004.

YANG, Q.; ZHOU, X.; ZHOU, Q.; TAN, B.; CHI, S., DONG, X. Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. **Aquaculture Research**, Amsterdam, v. 41, p. 78–86, 2009.

YU, Y. Use of poultry by-product meal and meat and bone meal in aquafeeds. **Malaysian Fisheries Society Occasional Publication**. n. 13, p. 224, 2006.

XIE, S.; LIU, Y.; ZENG S.; NIU, J.; TIAN, L. Partial replacement of fish-meal by soy protein concentrate and soybean meal-based protein blend for juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 464, p. 296–302, 2016.

WHITE, H. B.; MILLER, M. S. Isolation of avian riboflavin-binding protein. **Methods in Enzymology**, v. 122, p. 227-234, 1986.

ZAREI, A., MOHAMMADI, M., HEMMATI, B. Metabolizable Energy and Chemical Composition of Poultry by-Product Meal. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 4, 2014.

ZHU, W.H.; YU, Y. Effect of partial replacement of dietary fish meal with meat and bone meal or poultry byproduct meal on growth performance of white shrimp, *L. vannamei*. **Asia Regional Office of the National Renderers Association Inc.**, Causeway Bay, Hong Kong, Research Report n. 19, p. 5, 2002.