



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

PEDRO HENRIQUE GOMES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS DO ABATE DE ANIMAIS TERRESTRES E DE
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES COMO FONTE DE PROTEINA
EM RAÇÕES PARA O CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO, *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931)**

FORTALEZA

2013

PEDRO HENRIQUE GOMES DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS DO ABATE DE ANIMAIS TERRESTRES E DE
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES COMO FONTE DE PROTEÍNA EM
RAÇÕES PARA O CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO, *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências
do Mar da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do Título
de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.
Área de concentração: Utilização e Manejo de
Ecossistemas Marinhos e Estuarinos

Orientador: Alberto Jorge Pinto Nunes, Ph.D.

FORTALEZA

2013

PEDRO HENRIQUE GOMES DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS DO ABATE DE ANIMAIS TERRESTRES E DE
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES COMO FONTE DE PROTEINA EM
RAÇÕES PARA O CAMARÃO BRANCO DO PACÍFICO, *Litopenaeus vannamei*
(BOONE, 1931)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências
do Mar da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do Título
de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais.
Área de concentração: Utilização e Manejo de
Ecossistemas Marinhos e Estuarinos

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Rodrigo Antonio Ponce de Leon Ferreira de Carvalho
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Prof. Dr. Marcelo Vinicius do Carmo e Sá
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A minha família que esteve ao meu lado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vitalidade que me fornece diariamente.

A minha noiva linda, Liana, que foi peça fundamental na minha vida acadêmica, meu maior exemplo de dedicação e esforço nessa jornada.

A meu orientador, Professor Alberto, que me recebeu de braços abertos e nunca se negou a ajudar, pela a oportunidade de trabalhar ao seu lado e assim enriquecer meus conhecimentos.

A Engenheira Agrônoma Silvia Cristina Gibello Pastore pelo auxílio na formulação das dietas e na obtenção dos ingredientes juntos a fornecedores locais.

As empresas, InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda., Guaraves Guarabira Aves Ltda. e APC do Brasil Ltda. pelo fornecimento dos ingredientes animais usados no estudo.

A Evonik Degussa do Brasil Ltda. pela realização das análises dos aminoácidos essenciais nos ingredientes animais estudados.

Aos meus companheiros de laboratório que sempre, de alguma forma, me ajudaram (Vitor, Leandro, Carol, Sandra, Hassan, Ricardo, Junior e Anderson).

A todos meus amigos.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo suporte financeiro que me proporcionou a sobrevivência durante todo o mestrado.

RESUMO

Os efeitos da utilização de subprodutos animais em dietas para o camarão *Litopenaeus vannamei* são pouco conhecidos. O presente estudo avaliou o desempenho zootécnico e as respostas alimentares de juvenis do camarão *L. vannamei* quando alimentados com dietas contendo subprodutos do abate de animais terrestres e de resíduos do processamento de peixes como substitutos parciais ou totais da farinha de peixe. O trabalho foi dividido em duas etapas, uma consistindo do cultivo de camarões de $2,03 \pm 0,21$ g por 72 dias em tanques de 500 l, sob um regime de recirculação e filtragem contínua da água. Na segunda etapa, os subprodutos animais foram avaliados em um aquário de dupla escolha quanto a sua atratividade alimentar para camarões de $7,12 \pm 0,65$ g. As dietas usadas no cultivo consistiram de um controle S14 contendo 14,37% de farinha de resíduos da filetagem de salmão cultivado, sendo as demais acompanhadas pela substituição parcial ou total deste ingrediente: dieta P17+S10 com 7,00% de farinha de plasma de sangue suíno ultra-filtrado e seco por pulverização, dieta Sg7+S9 com 7,00% de farinha de sangue seca por pulverização, dieta Ca13+S6 com 12,95% de farinha de carne e ossos 40, dieta Pn14+S4 com 14,39% de farinha hidrolisada de penas, dieta Cb18+S2 com 17,72% de farinha de carne e ossos 45, dieta Til15 com 15,12% de farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada, dieta PV15 com 16,24% de farinha de penas e vísceras de aves, dieta V16 com 16,24% de farinha de vísceras de aves e dieta Px19 com 18,67% de farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista. Para as avaliações de atratividade, os ingredientes foram incorporados a uma inclusão de 3,0% em uma ração constituída apenas por ingredientes de origem vegetal. Na despesca, foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos para todos os parâmetros zootécnicos avaliados. Com exceção da dieta Sg7+S9, todas as demais dietas levaram a uma redução no peso corporal final do *L. vannamei* em relação à dieta controle ($11,05 \pm 0,18$ g). Comparado à dieta S14, houve também uma perda significativa no ganho de produtividade (dieta PV15, 288 ± 30 vs. 555 ± 59 g/m²), crescimento semanal (dietas PV15, Til15 e Cb18+S2, $0,55 \pm 0,02$, $0,60 \pm 0,05$, $0,67 \pm 0,04$ vs. $0,87 \pm 0,07$ g, respectivamente), consumo alimentar (dieta PV15, $8,9 \pm 0,42$ vs. $13,5 \pm 0,02$ g/camarão) e fator de conversão alimentar (dieta PV15, $2,24 \pm 0,18$ vs. $1,74 \pm 0,08$). As avaliações de atratividade demonstraram que com exceção da farinha de carne e ossos 45, farinha hidrolisada de penas e farinha de vísceras de aves, todas as proteínas animais apresentaram um baixo percentual de escolhas e (ou) alta rejeição alimentar comparado com a farinha de salmão. Em conclusão, a

farinha de sangue seca por pulverização e a farinha de vísceras de aves mostraram-se, dentro dos níveis de inclusão adotados, como os ingredientes mais recomendados para substituições parciais e totais da farinha de salmão, respectivamente, em dietas para juvenis do camarão *L. vannamei*.

Palavras-chave: Nutrição. Ração. Camarão. Carcinicultura. *Litopenaeus vannamei*. Farinha de peixe. Proteínas. Ingredientes.

ABSTRACT

The dietary effects of land and aquatic animal by-products on the growth performance of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* are little known. This study evaluated the growth performance and feeding responses of juvenile shrimp *L. vannamei* when fed diets which partially or completely replaced a salmon byproduct meal for rendered animal byproducts obtained from the slaughtering of land animals and from fish processing waste. The work was divided into two phases, one consisting of rearing 2.03 ± 0.21 g shrimp for 72 days in 500 l tanks, under clear-water with continuous water recirculation and filtration. In the second phase, two-by-two comparisons were carried out with each individual ingredient in a double-choice aquarium using 7.12 ± 0.65 g shrimp. In the growth study, diets consisted of a control diet S14 with 14.37% of a salmon byproduct meal, while others contained animal proteins in partial or complete replacement of this ingredient: diet PL7+S10 with 7.00% spray-dried swine plasma meal, diet SG7+S9 with 7.00% spray-dried blood meal, diet Ca13+S6 with 12.95% meat and bone meal 40% crude protein (CP), diet Pn14+S4 with 14.39% hydrolyzed feather meal, diet CB18+S2 with 17.72% meat and bone meal 45% CP, diet Til15 with 15.12% farmed-tilapia processing waste meal, diet PV15 with 16.24% poultry byproduct with feather meal, diet V16 with 16.24% poultry byproduct meal and diet Px19 with 18.67% fisheries by-catch and processing waste meal. For the attractability assays, animal protein ingredients were added at a 3.0% dietary inclusion in a plant-based diet. At harvest, shrimp displayed statistically significant differences for all growth parameters evaluated. With the exception of diet S9+SG7, all other diets led to a reduction in the final body weight of *L. vannamei* compared to the control diet (11.05 ± 0.18 g). In comparison to diet S14, there was also a significant loss in the gain of yield (diet PV15, 288 ± 30 vs. 555 ± 59 g/m²), weekly growth (diets PV15, Til15 and CB18+S2, 0.55 ± 0.02 , 0.60 ± 0.05 , 0.67 ± 0.04 vs. 0.87 ± 0.07 g, respectively), feed intake (diet PV15, 8.9 ± 0.42 vs. 13.5 ± 0.02 g/shrimp) and feed conversion ratio (diet PV15, 2.24 ± 0.18 vs. 1.74 ± 0.08). The percentage of positive choices and (or) rejection of feed intake was poorer for all animal ingredients than the salmon byproduct meal, except for the meat and bone meal 45% CP, the hydrolyzed feather meal and the poultry by-product meal. In conclusion, in diets for juvenile shrimp *L. vannamei*, the spray-dried blood meal and the poultry by-product meal, were the most recommended animal ingredients for partial and total replacement of salmon byproduct meal, respectively, within the maximum levels of dietary inclusion adopted.

Keywords: Nutrition. Feeds. Shrimp. Shrimp farming. *Litopenaeus vannamei*. Fish meal. Proteins. Ingredients.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ingredientes avaliados no presente estudo. Da esquerda para direita, iniciando pelos ingredientes na parte superior: farinha de resíduos da filetagem de salmão cultivado (Salmão), farinha de plasma de sangue suíno (Plasma), farinha de sangue seca por pulverização (Sangue), farinha de carne e ossos 40 (C&O40), farinha hidrolisada de penas (Penas), farinha de carne e ossos 45 (C&O45), farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada (Tilápia), farinha de penas e vísceras de aves (P&V), farinha de vísceras de aves (Vísc), farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos (Respx).....

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico1 - Peso médio corporal (\pm erro padrão) de juvenis do camarão *L. vannamei* após 72 dias de alimentação com dietas contendo diferentes proteínas de origem animal. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. Colunas em vermelho representam dietas com substituição parcial e as azuis dietas com substituição total da farinha de salmão..... 55
- Gráfico 2 - Comparação do tempo de detecção, orientação e alimentação (em segundos) do camarão *L. vannamei* frente a diferentes ingredientes animais. Os dados são expressos como média \pm erro padrão das respostas positivas obtidas para cada ingrediente comparado a uma dieta com 3,0% de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado. Asterisco indica diferença estatística significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *t* de *Student*..... 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Tipos de farinhas de salmão comercializadas pela empresa Pesqueira Pacific Star, Puerto Montt, Chile.....	26
Tabela 2	- Qualidade e preço de mercado das proteínas animais avaliadas no estudo.....	35
Tabela 3	- Perfil centesimal analisado dos ingredientes proteicos usados na formulação das dietas experimentais.....	37
Tabela 4	- Aminoácidos essenciais (exceto tirosina) nos ingredientes avaliados e C.V, coeficiente de variação.....	38
Tabela 5	- Composição e perfil centesimal analisado das rações produzidas em laboratório para avaliação de desempenho zootécnico do camarão <i>L. vannamei</i>	40
Tabela 6	- Perfil aminoacídico das dietas utilizadas na avaliação de desempenho zootécnico do <i>L. vannamei</i>	42
Tabela 7	- Protocolo de ajuste alimentar utilizado no cultivo.....	47
Tabela 8	- Desempenho zootécnico (média \pm erro padrão) do camarão <i>L. vannamei</i> alimentado com dietas contendo diferentes fontes proteicas animais. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD.....	53
Tabela 9	- Número de comparações, percentual de escolha positiva e rejeição para cada ingrediente animal exposto ao camarão <i>L. vannamei</i> ($7,1 \pm 0,65$; $n = 273$) Cada comparação representa a resposta de um indivíduo exposto simultaneamente a duas dietas vegetais em um aquário em Y, uma contendo 3,0% do ingrediente avaliado e outra 3,0% de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado. Água com $29,8 \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ ($n = 273$) de temperatura, $36 \pm 0,8$ g/l ($n = 275$) de salinidade e $8,09 \pm 0,11$ ($n = 275$) de pH.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	Farinha de peixe e proteínas animais alternativas.....	17
2.2	Uso de proteínas alternativas de origem animal em rações para camarões marinhos.....	19
2.3	Caracterizações dos ingredientes proteicos animais avaliados no estudo.....	26
2.3.1	<i>Farinha de resíduos da filetagem do salmão cultivado.....</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Farinha de plasma de suínos.....</i>	<i>27</i>
2.3.3	<i>Farinha de sangue seca por pulverização.....</i>	<i>27</i>
2.3.4	<i>Farinha de carne e ossos.....</i>	<i>28</i>
2.3.5	<i>Farinha hidrolisada de penas.....</i>	<i>29</i>
2.3.6	<i>Resíduos da filetagem de tilápia cultivada.....</i>	<i>29</i>
2.3.7	<i>Farinhas de vísceras de aves.....</i>	<i>30</i>
2.3.8	<i>Resíduos da filetagem de peixes marinhos e rejeitos da pesca.....</i>	<i>31</i>
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	Local de Estudo.....	32
3.2	Delineamento experimental.....	32
3.3	Caracterização química dos ingredientes avaliados.....	33
3.4	Formulação das dietas experimentais.....	39
3.5	Fabricação das dietas experimentais.....	43
3.6	Caracterização dos sistemas de cultivo e atratividade.....	44
3.7	Cultivo de pós-larvas e juvenis.....	46
3.8	Parâmetros de desempenho zootécnico.....	48
3.9	Atratividade alimentar.....	49
3.10	Análises estatísticas.....	51
4	RESULTADOS.....	52
4.1	Desempenho zootécnico do cultivo.....	52
4.2	Atratividade.....	56
5	DISCUSSÃO.....	61
6	CONCLUSÃO.....	69

REFERÊNCIAS.....	70
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de peixes, crustáceos, moluscos e algas criados em fazendas aquáticas cresceu a uma taxa média anual de 8,2% entre os anos de 1970 a 2010 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2012). Entretanto, para manter este ritmo de crescimento há a necessidade de reduzir a dependência no uso de ingredientes não renováveis em rações para alimentação de peixes e camarões. Tradicionalmente, a farinha de peixe feita a partir de peixes pelágicos marinhos capturados tem sido o principal ingrediente proteico em dietas para organismos aquáticos. Contudo, o grande esforço de pesca tem levado a uma redução dos estoques pesqueiros, restringindo o acesso da população humana a um alimento de alto valor nutricional (NAYLOR *et al.*, 2000).

Juntamente com esta preocupação ambiental e social, a crescente demanda pela aquicultura por farinha e óleo de peixe e a competição de novos segmentos industriais, como o mercado de nutracêuticos, tem provocado um aumento no seu preço e restringido sua disponibilidade para alimentação animal (JACKSON, 2012). Como resultado, a farinha de peixe tem deixado de ser classificada como uma *commodity*, tornando seu uso restrito a dietas especiais ou em dietas voltadas a espécies em que sua inclusão é menos crítica do ponto de vista econômico.

Neste cenário, torna-se necessário buscar ingredientes proteicos alternativos, mais baratos e mais disponíveis no mercado, para uso em dietas de engorda para camarões marinhos. Entre os ingredientes alternativos estão os provenientes dos resíduos do abate de animais de produção, do processamento do pescado, tanto da pesca como do cultivo, rejeitos (*by-catch*) da pesca, além dos subprodutos do processamento de grãos, sementes e leguminosas. Algumas destas matérias-primas são abundantes no Brasil já que o país se configura entre os maiores produtores mundiais de soja (BRASIL, 2012a), carne bovina, suína e aves (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

Os subprodutos animais mais frequentemente utilizados na composição de rações comerciais para o cultivo de organismos aquáticos no Brasil são a farinha de vísceras de aves, farinha de penas, farinha de carne e ossos, farinha de sangue e farinha do resíduo da filetagem de peixes marinhos capturados ou de peixes cultivados de água doce (PASTORE *et al.*, 2012). No entanto, um dos grandes obstáculos para um uso mais amplo destes ingredientes é a pouca padronização no processamento e na composição dos subprodutos, interferindo diretamente

na sua qualidade nutricional (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000) e consequentemente das rações.

O presente estudo objetivou avaliar o desempenho zootécnico do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* e a atratividade de dietas práticas com substituições totais e parciais da farinha de resíduos da filetagem do salmão cultivado por proteínas alternativas, provenientes do abate e processamento de subprodutos de animais terrestres e (ou) aquáticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Farinha de peixe e proteínas animais alternativas

A farinha de peixe produzida a partir da captura de peixes pelágicos (*e.g.*, anchoveta, savelha, arenque, pescada branca) constitui-se uma das matérias-primas mais adequadas do ponto de vista nutricional para elaboração de rações destinadas a alimentação de organismos aquáticos. Este ingrediente apresenta um perfil ideal de aminoácidos essenciais, é rico em energia, ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais, com uma digestibilidade proteica acima de 80% para os camarões peneídeos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

Devido aos benefícios nutricionais da farinha de peixe em dietas aquáticas, a aquicultura tornou-se muito dependente deste ingrediente. Somente em 2006, Tacon e Metian (2009) estimaram que as rações aquáticas utilizaram 68,2% de toda produção mundial de farinha de peixe. Isto representou um total de 3,724 milhões de ton. de farinha de peixe, sendo necessária a captura de 16,6 milhões de ton. de peixes pelágicos forrageiros através da pesca. Estes grandes volumes de uso da farinha de peixe na alimentação de peixes e crustáceos tem levantado questões de ordem ética, quantos aos efeitos ambientais e sociais que esta pratica pode gerar (NAYLOR *et al.*, 2000). Uma das questões levantadas trata da restrição de acesso da população a um alimento de alto valor nutricional. Além destas preocupações, a alta volatilidade da oferta e valor de mercado da farinha e do óleo de peixe tem ocasionado preços muito elevados destes insumos (JACKSON, 2012).

Como resultado, nos últimos anos, as rações para organismos aquáticos cultivados vêm sofrendo uma substituição progressiva da farinha de peixes por outras proteínas mais baratas e disponíveis no mercado. A relação *fish in: fish out*, por exemplo, que indica a quantidade de peixe pelágico capturado necessário para se produzir 1 ton. de camarões cultivados, reduziu de 1,9 para 1,4 entre 1995 a 2006 (TACON; METIAN, 2009).

Embora estudos venham proporcionando uma melhor compreensão quanto ao uso de ingredientes alternativos em rações para camarões (farinha de sangue, DOMINY; AKO, 1988; farinha de penas, MEDONZA *et al.*, 2001; farinha de carne e ossos, FOSTER *et al.*, 2003; farinha de vísceras de aves, CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2007; farinha de vísceras de aves, LUO *et al.*, 2012), as proteínas substitutas da farinha de peixe, tais como as advindas da soja ou do abate de animais, possuem alguma característica que as tornam inferiores. Estas

características podem estar relacionadas a um desequilíbrio no perfil de aminoácidos essenciais, a presença de fatores antinutricionais, ou ainda a falta ou o excesso de algum nutriente ou constituinte (HARDY, 1996; GATLIN *et al.*, 2007).

Não obstante, dado ao rápido crescimento da aquicultura e com o uso mais frequente de rações balanceadas em cultivos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2012), os ingredientes alternativos são cada vez mais utilizados para fornecer os nutrientes essenciais e a energia exigidos pelos organismos aquáticos. Resíduos do abate de animais de produção, do processamento do pescado, tanto da pesca como do cultivo, rejeitos (*by-catch*) da pesca, além dos subprodutos do processamento de grãos, sementes e leguminosas, já são utilizados com mais frequência e em inclusões mais elevadas comparadas a um passado recente.

Neste cenário, o Brasil configura-se como um país de grandes oportunidades já que esta entre os maiores produtores mundiais de soja (BRASIL, 2012a) e de carnes bovina, suína e de aves (ROSGANO *et al.*, 2011). As proteínas advindas de resíduos de animais, seja marinho ou terrestre, são obtidas durante o abate do animal e posterior processamento, transformando-os em ingredientes de interesse para uso na alimentação animal. Os rejeitos da pesca são compostos pela fauna acompanhante, uma que é desembarcada, representada por exemplares das espécies de interesse econômico e com tamanho de comercialização; outra que é rejeitada, composta por indivíduos sem valor econômico ou por exemplares de pequeno porte das espécies exploradas (LOPES, 1996; BRANCO, 1999). Segundo Branco e Verani (2006) dentre os grupos integrantes da fauna acompanhante, os peixes são os mais abundantes e de maior interesse econômico.

No caso das farinhas de origem de animais terrestres, os subprodutos mais utilizados no país para compor rações para peixes e camarões são a farinha de vísceras de aves, farinha de penas, farinha de carne e ossos e a farinha de sangue (PASTORE *et al.*, 2012). Embora informações precisas sobre a produção global de subprodutos animais não estejam disponíveis, a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2012) estimou que em 2008 foram produzidos 13,0 milhões e 10,2 milhões de ton. de proteínas e gorduras animais, respectivamente. Recentemente, Jackson e Aldon (2013) estimaram que 4,63 milhões de ton. de subprodutos de peixes foi empregado para produzir ¼ de toda produção mundial de farinha e óleo de peixe em 2010.

Segundo Gatlin *et al.* (2007) a matéria-prima deve atender alguns critérios para viabilizar seu uso em substituição à farinha de peixe: (1) disponibilidade no mercado ao longo

de todo ano, em quantidades que possam atender as demandas da indústria; (2) preço competitivo em relação à farinha de peixe, considerando entre outros fatores, o custo por unidade de proteína e sua biodisponibilidade; (3) baixo potencial poluidor avaliado pelo conteúdo de fósforo e nitrogênio não digestível, e; (4) facilidade de manuseio, transporte e processamento até unidades fabris de ração. Além destes aspectos, os ingredientes alternativos devem apresentar um baixo teor de fibra, carboidratos (especialmente os não solúveis) e antinutrientes, alto conteúdo proteico, perfil equilibrado de aminoácidos essenciais, boa digestibilidade e palatabilidade razoável. Além destas questões, uma das grandes desvantagens dos ingredientes alternativos de origem animal é variação na qualidade do produto, dado às diferenças na sua composição e no processo de produção. Para tanto, torna-se importante que estes sejam bem caracterizados em relação ao processamento, composição e apresentação, permitindo a obtenção de dados mais precisos que possibilitem dietas adequadas (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000).

2.2 Uso de proteínas alternativas de origem animal em rações para camarões marinhos

Em função de toda a problemática que envolve a utilização da farinha de peixe como principal fonte proteica nas dietas para camarões marinhos, vários estudos vem sendo realizados no últimos anos com ingredientes alternativos que podem agir como potenciais substitutos.

Dominy e Ako (1988) realizaram um cultivo de 42 dias com juvenis do camarão *L. vannamei* entre 3 e 4 g estocados sob densidade de 50 camarões/m² em 25 tanques de 70 l. Os animais foram alimentados com dietas contendo quatro diferentes tipos de farinha de sangue: farinha de sangue *ring-dried* (secador de anel, dieta RD), farinha de sangue acidulada e secada ao sol (dieta AS), farinha de sangue acidulada e secada ao sol contendo metionina cristalina (ASAM) e farinha de sangue acidulada e secada ao sol, ligada de forma covalente a metionina (ASCM). A farinha de sangue substituiu 32% de uma mistura proteica marinha contendo farinha de lula, camarão e peixe na relação 1:1:1. Estas dietas foram comparadas a uma dieta controle com 45% da mistura proteica marinha. Ao final do cultivo, os autores não observaram diferença significativa na sobrevivência final (96,8 a 100%), ganho de peso (0,62 a 0,75 g/semana) e fator de conversão alimentar (1,6 a 2,0) do *L. vannamei*. Entretanto, as dietas AS e ASAM proporcionaram um menor ganho de biomassa quando comparadas com

as dietas RD e controle. Ambas as dietas ASCM e RD proporcionaram resultados equivalentes à dieta controle.

Em outra pesquisa, Davis e Arnold (2000) avaliaram uma farinha de vísceras de aves co-extrusada a soja (CEPM) e uma farinha de vísceras de aves seca por secagem rápida pneumática (*flash-dried*, FD-PBM) em substituição a farinha de peixe em dietas de juvenis do *L. vannamei*. Os níveis de substituição nas dietas variaram de 0% (dieta com 30,0% de farinha de peixe) até 80% (dieta com 6,0% de farinha de peixe). O cultivo foi realizado em tanques de 68 l em um sistema de recirculação semiaberto com água clara. Os camarões com $0,37 \pm 0,015$ g foram estocados sob densidade de 8 camarões/tanque e cultivados por 6 semanas. AS substituições da farinha de peixe pela CEPM e FD-PBM não levaram a uma perda no peso corporal final, ganho percentual de peso e eficiência alimentar. Somente a eficiência proteica nas dietas que sofreram substituição foi mais elevada comparada a dieta controle. Os animais alimentados com as dietas que substituíram 40, 60 e 80% da farinha de peixe pelo FD-PBM alcançaram um maior ganho de peso e eficiência alimentar em relação à dieta controle.

Medonza *et al.* (2001) conduziram um experimento para avaliar o potencial de substituição de uma farinha de penas comercial secada a vapor (SPFM) e de penas hidrolisadas enzimaticamente por 60 e 120 min. (EHF60 e EHF120) com substitutos de uma farinha de peixe em dietas de juvenis do *L. vannamei*. Tanto a farinha hidrolisada de penas enzimaticamente como a SPFM foram misturadas com farelo de soja (SBM) em uma extrusora na relação de 1:1 (EHF-SBM e SPFM-SBM). Dietas isoprotéicas e isolipídicas foram formuladas para conter 9% de EHF60-SBM, 9% de EHF120-SBM e 18% de EHF60-SBM. Estas dietas foram comparadas com um dieta contendo 13,5% de SPFM-SBM e uma dieta controle feita com 18,4% de farinha de peixe, sem farinha penas. O estudo foi dividido em duas etapas, um cultivo em condições laboratoriais e outro em condições comerciais de cultivo. No laboratório, camarões de 0,33 g foram estocados em 20 tanques de fibra de 60 l na densidade de 15 camarões/tanque, alimentados duas vezes ao dia durante quatro semanas. Em condições comerciais, camarões de 3,40 g foram povoados em 18 gaiolas de 1 m^3 , na densidade de 15 camarões/ m^3 , sendo alimentados exclusivamente em bandejas duas vezes ao dia por quatro semanas na taxa alimentar de 3,5% da biomassa estocada. Em condições laboratoriais, o ganho de peso corporal dos camarões alimentados com as dietas contendo farinha hidrolisada de penas (EHF) não se diferenciou daqueles alimentados com a dieta controle. Porém, os animais alimentados com a dieta contendo a farinha de penas comercial secada a vapor (SPFM) apresentaram um menor ganho de peso. Já sob condições comerciais

de cultivo, foi observado que a farinha hidrolisada de penas (EFH60 e EFH120), extrusada com farelo de soja na proporção de 2:1, podem ser incluídas nas dietas em 20% sem detrimento aos parâmetros zootécnicos dos camarões. Isto representou uma redução de 55% da farinha de peixe.

Foster *et al.* (2003) pesquisando sobre o desempenho zootécnico de juvenis do camarão *L. vannamei* alimentados com dietas contendo três fontes de farinha de carne e ossos (MBM) em substituição a uma farinha de peixes de alta qualidade nos níveis de substituição de 25, 50 e 75%. As farinhas de carne e ossos continham diferentes proporções de resíduos de bovinos, suínos e aves: MBM-A, 35% de bovino, 35% de suínos, 30% de aves; MBM-B, 90% de bovinos, 5% de suínos, 5% de aves; e, MBM-C 50% de bovinos, 50% de suínos. Os níveis de lipídeos das dietas foram mantidos consistentes utilizando óleo de peixe. O cultivo foi desenvolvido durante oito semanas em 12 tanques de 600 l com água clara utilizando camarões de $5,09 \pm 0,05$ g sob densidade 100 animais/m². Os resultados de desempenho zootécnico indicaram que a MBM foi capaz de substituir entre 25 a 75% de toda farinha de peixe, dependendo, no entanto da fonte utilizada. Os autores observaram uma redução no crescimento dos camarões para todas as fontes de MBM na medida em que as substituições excederam 25%.

Samocha *et al.* (2004) avaliaram a substituição de 60, 80 e 100% de uma farinha de peixe em dietas para juvenis do *L. vannamei* por uma farinha de vísceras de aves co-extrusada a soja contendo suplemento de ovos (CEPM). O cultivo foi iniciado com camarões de $1,13 \pm 0,06$ g por seis semanas em 30 tanques circulares de 650 l na densidade de 30 camarões/m². Os autores concluíram que a substituição da farinha de peixe pelo CEPM não causou nenhum detrimento ao peso corporal (6,43 a 7,07 g), ganho de peso corporal no período (5,29 a 5,92 g) e eficiência alimentar (50,6 a 56,3%) dos camarões.

Da mesma forma, Tan *et al.* (2005) observaram que a farinha de carne e ossos pode substituir até 60% da farinha de peixe em dietas para juvenis do camarão *L. vannamei* sem efeitos deletérios ao desempenho zootécnico da espécie. Os camarões com $0,88 \pm 0,01$ g foram cultivados por 56 dias em 21 tanques de 260 l sob regime de recirculação da água a uma densidade de 40 camarões/tanque. As dietas com 41% de proteína bruta e 8% de lipídeos foram fabricadas para substituir em 0, 20, 30, 50%, 60 e 80% a farinha de Anchoveta. Embora tenha sido observada uma redução nos níveis de metionina das dietas na medida em que se aumentou a substituição de farinha de peixes (de 1,05% da dieta a 0% de substituição a 0,63% da dieta a 80% de substituição), o peso corporal (de 6,36 a 6,93 g), sobrevivência (96,0 a

100,0%) e FCA (1,32 a 1,49) não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos dietéticos. No entanto, os autores detectaram uma perda significativa no ganho de peso (%) e na eficiência proteica das dietas.

Cruz-Suárez *et al.* (2007) analisaram o efeito da substituição de uma farinha de peixe (constituída de 50% de farinha de peixe de sardinha Mexicana e 50% de farinha de savelha) por uma farinha de vísceras de aves, *pet grade* (PBM-PFG, grau animais de companhia) em dietas para o *L. vannamei*. Os autores substituíram a farinha de peixe em 35, 50, 65 e 80% utilizando uma inclusão do PBM-PFG de 13,7, 19,6, 25,5 e 31,4% da dieta. Duas dietas comerciais fabricadas no México para camarões, contendo 30 e 35% de proteína bruta, foram empregadas como controle. As dietas foram alimentadas a camarões com 450 mg de peso corporal inicial durante um período de quatro semanas em aquários de 60 l contendo 10 camarões. Embora não tenha sido observada diferença significativa entre os tratamentos na sobrevivência final dos camarões, no fator de conversão alimentar e eficiência proteica, houve uma queda linear no consumo alimentar e crescimento dos camarões com o nível de substituição da farinha de peixe. Os autores concluíram que a PBM-PFG foi capaz de substituir até 80% da farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei*.

Hernández *et al.* (2008) estudaram o uso da farinha de carne de suínos (PMM) como uma substituto da farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei*. Os autores formularam seis dietas isoproteicas e isolipídicas com níveis de substituição da farinha de peixe pelo PPM de 0, 25, 35, 45, 55 e 65%. O cultivo foi conduzido em um sistema com recirculação de água durante 41 dias. Um total de 15 camarões com 0,55 g foram estocados em caixas circulares de 25 l. Na despesca, não foi detectada diferença estatística na sobrevivência final dos camarões (>90%). No entanto as dietas que proporcionaram o maior peso corporal e crescimento aos camarões continham até 35% de substituição de farinha de peixe.

Tacon *et al.* (2010) formularam treze dietas para juvenis do camarão *L. vannamei*. Uma dieta contendo 8% de farinha de Anchoveta e 2% de farinha de lula foi empregada como controle. As demais dietas foram produzidas para conter entre 15 a 20% de farinha de vísceras de aves, 0 a 5% de farinha de carne e ossos, 5% de farinha hidrolisada de penas e de 0 a 2,5% de farinha de sangue seca por pulverização. O cultivo foi realizado em 48 tanques circulares de 1 m³ com zero troca d' água estocados com camarões com peso corporal entre 1,98 e 2,83 g na densidade de 75 camarões/m³. Durante o cultivo, os camarões foram alimentados 8 vezes/dia em intervalos de 3 h, sendo cultivados por 10 semanas. Ao término do estudo, os

camarões alcançaram entre 17,6 a 18,9 g, FCA de 1,65 a 1,67, crescimento de 0,89 a 1,57 g/semana e sobrevivência entre 68,9 e 88,4%. Os autores concluíram que a substituição da farinha de peixe pelas proteínas de animais terrestres somente apresentaram êxito zootécnico e econômico ao se utilizar na dieta uma suplementação com metionina e (ou) lisina, em combinação com 2% de farinha de krill e 1% de óleo de peixe. Exceção foi encontrada ao se utilizar 5% de farinha de carne e ossos que, independente dos aportes de aminoácidos sintéticos e ingredientes marinhos, ainda apresentou resultados inferiores a dieta controle.

A utilização de farinha de células sanguíneas pulverizada a seco (SBCM) com suplementação de metionina como ingrediente em dietas para camarão *L. vannamei* em substituição a farinha de peixe já foi estudada por Niu *et al.* (2011). Neste estudo, camarões de $2,3 \pm 0,2$ g foram cultivados em 18 tanques circulares com 150 l em regime de recirculação e filtragem contínua da água. Os animais foram estocados na densidade de 30 camarões/tanque e cultivados por 56 dias. As dietas foram formuladas para substituir a farinha de peixe em 0, 20, 40, 60, 80 e 100% e conter 0, 3,5, 7,0, 10,5, 14,0 e 17,5% de SBCM combinada com 25,0, 20,0, 15,0, 10,0, 5,0 e 0% de farinha de peixe, além de 0, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2 e 1,4% de DL-metionina microencapsulada, respectivamente. Ao término do estudo, os camarões alimentados com as dietas com 80 e 100% de substituição apresentaram um crescimento mais lento e uma eficiência alimentar e proteica mais baixa comparado com as demais dietas. Os autores concluíram que a proteína da farinha de peixe podia ser substituída em até 60% sem efeitos deletérios no crescimento do *L. vannamei*.

Hernández *et al.* (2011) mostraram que o desempenho zootécnico do *L. vannamei* pode ser melhorado quando se utiliza pequenas quantidades de farinha hidrolisada de atum (em pequenas quantidades) juntamente com um grande aporte de farinha de carne de suínos. O estudo foi conduzido durante seis semanas em tanques de 70 l estocados com 10 camarões/tanque em um sistema de recirculação. Seis dietas foram formuladas, sendo um controle, contendo 32,41% de farinha de carne de suínos, quatro dietas com farinha hidrolisada de atum na inclusão de 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0% da dieta e uma dieta com 10,0% de farinha de atum comercial. Todas as dietas fabricadas continham 22% de farinha de sardinha e de 22 a 30% de farinha de carne de suínos. Ao término do cultivo, a sobrevivência dos camarões (de 83,3 a 96,8%) não foi afetada significativamente pelas dietas, embora tenha sido constatado um incremento deste parâmetro ao se suplementar as dietas com farinha hidrolisada de atum. Não foi detectado diferença estatística no consumo alimentar, mas os camarões alimentados com a dieta suplementada com 5,0% de farinha hidrolisada de atum

tiveram um maior ganho de peso corporal (8,6 g), melhor fator de conversão alimentar (1,3) e uma taxa de crescimento específico mais elevado (5,1%/dia) comparado com aqueles alimentados com dietas contendo mais farinha hidrolisada de atum hidrolisada (7,5 e 10,0%) ou com a dieta controle.

Ye *et al.* (2011) alcançaram bons resultados ao se buscar uma substituição da farinha de peixe em dietas do *L. vannamei* por uma mistura de farinha de carne e ossos (30,0%), farinha de vísceras de aves (30,0%), glúten de milho (25,0%) e farinha de sangue (15,0%). O cultivo foi conduzido durante seis semanas, com camarões de 5,7 g estocados em 18 tanques retangulares de 120 l na densidade de 18 camarões/tanque. As dietas foram fabricadas seguindo dois critérios: teor de proteína bruta da dieta e níveis de substituição da farinha de peixe. Nas dietas com 33% de proteína bruta (PB), as substituições de farinha de peixe foram de 35,5 e 71,4% e nas dietas com 38% PB, as substituições variaram de 51,4 e 78,4%. As dietas foram comparadas entre si e entre as dietas controles que continham 28% (nas dietas com 33% PB) e 37% (dietas com 38% PB) de farinha de peixe. Ao término do estudo a sobrevivência dos camarões foi elevada para todos os tratamentos. No entanto, o ganho de peso corporal e a conversão alimentar dos camarões foram afetadas tanto pelo conteúdo de PB das dietas como pelos níveis de substituição adotados de farinha de peixe. Os animais alimentados com as dietas com os aportes máximos dos subprodutos testados (20% para dietas com 33% PB e 30% para dietas com 38% PB) apresentaram um menor ganho de peso e uma maior fator de conversão alimentar comparados com camarões alimentados com suas respectivas dietas controle. Os pesquisadores concluíram que a mistura de subprodutos pode substituir até 35,7% da farinha de peixe em dietas com 33% PB e 51,4% nas dietas com 38% PB.

Suresh, Vasagam e Nates (2011) avaliaram o desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus stylirostris* por um período de 42 dias e a palatabilidade de dietas com 40,1 a 42,9% de proteína bruta, sem farinha de peixes contendo 20% de farinha de vísceras de aves em combinação com 3% de um dos seguintes ingredientes: farinha de sangue seca por pulverização, farinha de krill, farinha de fígado de lula, hidrolisado de peixe ou farinha de Anchoveta. Os camarões de 1,5 g foram estocados em 21 tanques de 1.827 l em área aberta, sem troca d'água na densidade de 50 animais/tanque. Os autores constataram que a dieta contendo 3% de farinha de krill ou farinha de fígado de lula aumentaram a palatabilidade das dietas. Contudo, apenas a dieta com farinha de krill proporcionou uma melhoria no crescimento dos camarões.

Em um estudo recente, Luo *et al.* (2012) demonstraram que é possível substituir integralmente a farinha de peixe (FM) por uma farinha de vísceras de aves grau animal de companhia (PBM) em dietas para o camarão *Penaeus monodon* sem comprometimento do desempenho zootécnico da espécie. Camarões com $0,21 \pm 0,01$ g de peso corporal foram cultivados em água clara durante oito semanas em tanques de 256 l na densidade de 30 camarões/tanque. Um total de seis dietas isonitrogenadas e isoenergéticas foram fabricadas, PBM0, PBM25, PBM50, PBM75, PBM100 e PBMA100 contendo 0, 8,87, 17,74, 26,60, 35,47 e 35,40% de PBM da dieta em combinação com 0, 9,25, 18,50, 27,75, 37,00 e 37,00% de farinha de peixe (FM). A dieta PBMA100 foi suplementada com 0,16% de DL-Metionina de forma a atender o mesmo nível de metionina da dieta PBM0. Os resultados de sobrevivência dos animais foram maiores que 80% para todos os tratamentos e sem diferença estatística entre os diferentes tratamentos. O peso corporal final (de 2,48 a 2,90 g), a taxa de ganho de peso (de 971 a 1.167%) e o fator de conversão alimentar (de 2,88 a 3,59) não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos dietéticos. No entanto, os autores detectaram diferença significativa no fator de conversão proteica (FCP). Os camarões alimentados com a dieta contendo 35,47% de farinha de vísceras de aves suplementada com DL-metionina (substituição de 100% da farinha de peixe) apresentaram o menor FCP, enquanto aqueles alimentados com a dieta contendo 26,60% de farinha de aves (75% de substituição da farinha de peixe) apresentou o maior FCP.

Nguyen, Pérez-Gálvez e Bergé (2012) avaliaram os efeitos da suplementação dietética de hidrolisados feitos da cabeça de atum sobre a sobrevivência e o crescimento de juvenis do *L. vannamei*. Os camarões com 4,34 g foram estocados em tanques de 150 l na densidade de 30 camarões/tanque. Os tratamentos consistiram de 11 dietas com 40% de proteína bruta, sendo uma dieta controle contendo 44,6% de cabeça de atum como a principal fonte proteica, nove dietas substituindo 50% da cabeça de atum por um hidrolisado de cabeça de atum produzidos por liofilização (extrato seco da fração aquosa, dietas DS2, DS3 e DS6) e outro por secagem a 40°C (material sólido obtido após secagem, dietas DM2, DM3 e DM6), ambos submetidos à proteólise por 2, 3 e 6 h, respectivamente. Uma dieta comercial foi utilizada como referência. Após seis semanas de cultivo, os resultados indicaram que as dietas suplementadas com as proteínas solúveis e insolúveis feitas a partir da cabeça de atum melhoraram de forma significativa o crescimento e a sobrevivência dos camarões, como também o fator de conversão alimentar e o fator de eficiência proteica.

2.3 Caracterização dos ingredientes proteicos animais avaliados no estudo

2.3.1 Farinha de resíduos da filetagem do salmão cultivado

A farinha de resíduos da filetagem do salmão cultivado disponível no país é geralmente oriunda de um único fabricante localizado no Chile (Pesqueira Pacific Star, Puerto Montt, Chile), a empresa disponibiliza quatro tipos do produto diferenciando o perfil nutricional (Tabela 1). Segundo este fabricante, de forma a preservar a qualidade dos resíduos da filetagem do salmão durante o processamento é empregado um grande aparato tecnológico que inclui: equipamentos projetados com limpeza automática, controle automatizado dos processos de produção, produtos analisados com a tecnologia NIRS (*near-infrared spectroscopy*) e secagem por troca térmica indireta.

Tabela 1 - Tipos de farinhas de salmão comercializadas pela empresa Pesqueira Pacific Star, Puerto Montt, Chile.

Especificações (%)	Classificação da farinha de salmão ¹			
	Premium	Especial 60%	Especial 64%	Standard
Proteína bruta (mín.)	67	65	64	60-63
Gordura total (máx.)	10	12	12	14
Umidade (máx.)	10	10	10	10
Sal e areia (máx.)	5	5	5	5
Cinzas (máx.)	18	20	20	20
TVN (mg N/100g)	120	120	150	Sem garantia
Ácidos graxos (mín.)	10	12	12	13
Histamina (máx.)	500	500	500	500

¹Fonte: <http://www.pesquerapacificstar.cl/>

De forma genérica, o processamento da farinha de peixe é realizado por extração mecânica, composta pelo tecido limpo, seco e moído de peixes inteiros e (ou) em pedaços, com ou sem a extração de óleo (TACON; METIAN; HASSAN, 2009). A qualidade da farinha de peixe depende de vários fatores, tais como: temperatura na hora da captura da matéria prima, temperatura e tempo de armazenagem do peixe capturado precedendo seu processamento, tipo ou composição do peixe e método de pesca. A composição química das

farinhas de peixe varia muito e depende principalmente da espécie utilizada, além do período e latitude onde foram capturados (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). A farinha de salmão utilizada tinha uma coloração marrom, fina granulometria e odor forte.

2.3.2 Farinha de plasma de suínos

A proteína da farinha de plasma de suínos é composta por imunoglobulinas, peptídeos, fatores de crescimento e outros nutrientes que possuem funções biológicas, e é utilizado tradicionalmente na nutrição de leitões (MORÉS *et al.*, 2007). Esta matéria prima é oriunda de matadouros de suínos, sendo o plasma separado do sangue por pulverização a seco. Durante o processo, geralmente se adiciona citrato de sódio como anticoagulante, sendo os eritrócitos são removidos por centrifugação (VAN DIJK, 2001). Este ingrediente possui uma coloração bege, finíssima granulometria e odor forte. Segundo Rostagno *et al.* (2011) o plasma do sangue de animais pode conter 71,9% de proteína bruta, 1,1% de gordura total, 11,9% de matéria mineral 4.5802 kcal/kg de energia bruta, 0,19% de cálcio e 0,45% de fósforo total (na matéria natural).

2.3.3 Farinha de sangue seca por pulverização

A farinha de sangue é uma matéria-prima oriunda do abate de animais, mais precisamente da fração não utilizada para alimentação humana, sendo mais comumente produzida a partir do sangue bovino e de aves. Entre os métodos de processamento da farinha de sangue estão: *drum-drying* (secagem rotativa de tambor), *ring-drying* (secador de anel), *flash-drying* (secagem rápida pneumática) e *spray-drying* (secagem por pulverização). O método de secagem empregado tem um efeito na digestibilidade proteica da farinha de sangue (PASTORE *et al.*, 2012). A farinha de sangue é produzida a partir do sangue do animal limpo e fresco, excluindo qualquer material estranho. No processo de secagem por pulverização, grande parte da umidade é removida por um evaporador a vácuo sob baixa temperatura até conter aproximadamente 30% de sólidos. Em seguida, o produto é seco por pulverização através de uma corrente de ar quente para reduzir o tamanho das partículas (TACON; METIAN; HASSAN, 2009).

Segundo Rostagno *et al.* (2011) a farinha de sangue pode conter 83,5% de proteína bruta, 0,46% de gordura total, 3,4% de matéria mineral, 5.134 kcal/kg de energia

bruta, 0,23% de cálcio e 0,22% de fósforo total (na matéria natural). Embora bastante proteica, esta matéria-prima possui um perfil desbalanceado de aminoácidos essenciais. A farinha de sangue seca por pulverização contendo 88,6% de proteína bruta (na matéria natural), por exemplo, possui 7,1% de leucina, porém apresenta apenas 1,0% de metionina e 0,8% de isoleucina (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011). A farinha de sangue apresenta uma coloração vermelha com tonalidade escura, geralmente contendo em sua composição algumas partículas pretas com finíssima granulometria.

2.3.4 Farinha de carne e ossos

A farinha de carne e ossos é produzida em graxarias por coleta de resíduos, ou em frigoríficos a partir de ossos e tecidos, após a desossa completa da carcaça de bovinos e (ou) suínos, picados, cozidos, prensados para extração de gordura e moídos. O produto não deve conter pelos, cascos, chifres, sangue, conteúdo estomacal e fezes (BELLAYER, 2001; COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009). No mercado nacional são especificados três tipos de farinha de carne e ossos com base na proteína bruta, 35, 40, ou 45.

O perfil nutricional das farinhas de carne e ossos depende da qualidade da matéria prima. Tanto as fontes de obtenção da matéria prima como as partes ou resíduos do abate dos animais utilizados na fabricação da farinha interferem diretamente na qualidade nutricional do produto final (FOSTER *et al.*, 2003). Por isso há uma grande inconsistência sobre os dados da composição química deste produto.

Segundo Rostagno *et al.* (2011) a farinha de carne e ossos 40 pode conter 40,8% de proteína bruta, 12,5% de gordura total, 38,4% de matéria mineral, 3.286 kcal/kg de energia bruta, 13,67% de cálcio e 6,53% de fósforo total (na matéria natural). Comparativamente, ainda segundo os autores, a farinha de carne e ossos 45 contém 45,9% de proteína bruta, 12,0% de gordura total, 35,1% de matéria mineral, 3.665 kcal/kg de energia bruta, 11,94% de cálcio e 5,97% de fósforo total (na matéria natural). Quando comparados com outras fontes de proteínas animais, alguns aminoácidos essenciais são limitados, principalmente, a isoleucina, a metionina e a cistina (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). A farinha de carne e ossos quando analisada visualmente, possui uma tonalidade, fina granulometria com algumas partículas mais claras (possível indicativo da presença de resíduos de ossos) e odor característico de carne.

2.3.5 Farinha hidrolisada de penas

A farinha de penas é um produto resultante do processamento sob pressão de penas livres e não decompostas de frangos abatidos, ausentes de aditivos e (ou) catalisadores. O produto não deve conter menos de 75% de proteína bruta e ser digestível pelo método da digestibilidade em pepsina (TACON; METIAN; HASSAN, 2009).

Segundo Rostagno *et al.* (2011) a farinha de penas pode conter 74,9% de proteína bruta, 6,1% de gordura total, 3,0% de matéria mineral, 5.206 kcal/kg de energia bruta, 0,35% de cálcio e 0,63% de fósforo total (na matéria natural). Embora esta matéria prima possua níveis elevados de proteína, devido ao alto conteúdo de queratina (proteína insolúvel, fibrosa e com fortes ligações químicas), sua digestibilidade fica comprometida (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). Portanto, o processamento por hidrólise é um pré-requisito para promover a digestibilidade proteica do produto (MENDOZA *et al.*, 2001). Além disto, a concentração de alguns aminoácidos essenciais, tais como, histidina, lisina, metionina e triptofano, é considerada deficiente (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). A aparência física da farinha de penas varia com o tipo de penas utilizadas no processamento. Algumas possuem coloração marrom com alguns grãos brancos (podendo ser indicativo de alguma cartilagem), fina granulometria e odor forte.

2.3.6 Resíduos da filetagem de tilápia cultivada

A tilápia é a espécie de peixe mais cultivada no Brasil (BRASIL, 2012b) e possivelmente um dos produtos aquáticos cultivados mais processados no país. O processamento da tilápia é realizado para obtenção de filé fresco ou congelado, sem pele, destinado ao consumo humano. A cabeça, escamas, pele, vísceras e carcaça são os principais subprodutos do processamento da espécie (GALAN, 2010). Segundo Boscolo (2002), os resíduos do processamento da filetagem da tilápia representam entre 62,5 e 66,5% do peso original do peixe antes do abate. Portanto, o processamento destes resíduos em farinha tem o potencial de reduzir do impacto ambiental e possibilitar agregação de valor a tilápia cultivada.

A farinha de tilápia é obtida a partir do cozimento, prensagem e da moagem de vísceras, cabeças, nadadeiras e pele com escamas, oriundos dos resíduos sólidos do processamento da espécie (BOSCOLO, 2005). Esta farinha apresenta um menor perfil de

aminoácidos comparada às farinhas feitas a partir de peixes inteiros capturados (BOSCOLO, 2008). Visualmente a farinha de tilápia apresenta uma coloração marrom, com fina granulometria e odor não muito forte.

2.3.7 Farinhas de vísceras de aves

A farinha de vísceras de aves é um subproduto proveniente de algumas partes de frangos abatidos, tais como a carcaça limpa, pescoço, pés, ovos não desenvolvidos e vísceras, excluindo as penas e casca de ovos, quando esta se trata da farinha de vísceras pura. Porém, existe também a farinha de penas e vísceras de aves em que a participação de carcaças de aves abatidas e sangue podem ocorrer desde que a inclusão não altere significativamente a composição estipulada (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009). Segundo Rostagno *et al.* (2011) a farinha de vísceras de aves pode conter 57,7% de proteína bruta, 14,2% de gordura total, 15,2% de matéria mineral e 4.750 kcal/kg de energia bruta (na matéria natural). Comparativamente, ainda segundo os autores, a farinha de penas e vísceras de aves contem 65,7% de proteína bruta, 14,6% de gordura total, 6,6% de matéria mineral e 5.231 kcal/kg de energia bruta (na matéria natural).

Além das diferenças na composição química das farinhas de vísceras comercializadas, atribuídas à natureza do tecido animal, há também diferenças como resultado dos métodos adotados de processamento (SURESH; VASAGAM; NATES, 2011). O método clássico de processamento da matéria prima é através de cocção em que a matéria prima é cozida a pressão de vapor de 110° à 130° de três a seis horas. Após a remoção da gordura o produto é seco e triturado. Outro método é o processamento a seco que consiste no corte da matéria prima para acelerar a penetração do calor e a liberação da gordura. Em seguida, se cozinha com temperatura inicial de 100°C, aumentado gradativamente para 125°C, levando a evaporação da água e a separação da gordura por pressão ou extração por solvente (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). As farinhas de vísceras de aves pode alterar sua tonalidade de cor, de um marrom claro para uma tonalidade mais escura quando se compara a farinha de vísceras com a farinha de penas e vísceras. A farinha de vísceras de aves possui um odor forte de aves e uma fina granulometria.

2.3.8 Resíduos da filetagem de peixes marinhos e rejeitos da pesca

As devoluções de capturas acessórias pela pesca extrativista e a falta de aproveitamento no processamento de subprodutos marinhos são um grande desperdício de matérias-primas, pois estas podem ter um bom valor nutricional possibilitando o uso em dietas para aquicultura como ingredientes alternativos (LI *et al.*, 2004). A estimativa combinada dos descartes com os resíduos do processamento de peixes excedem o tamanho dos estoques pesqueiros direcionados anualmente para a produção de farinha de peixe (GODDARD; AL-SHAGAA; ALI, 2008).

O *by-catch* utilizado como ingrediente em dietas para organismos aquáticos consiste em uma grande variedade de peixes marinhos obtidos nas capturas acessórias da pesca de arrasto de camarão. Já os subprodutos marinhos são oriundos principalmente das plantas de processamento de animais cultivados. A farinha oriunda do *by-catch* da pesca extrativista pode conter 41,8% de proteína bruta e 13,5% de lipídeos. A farinha dos resíduos do camarão *L. vannamei* cultivado pode conter 40,7% de proteína bruta e 13,8% de lipídeos e a farinha dos resíduos da cabeça de salmão pode conter 41,3% de proteína bruta e 18,5% de lipídeos (WHITEMAN; GATLIN, 2005).

A conversão dos produtos das capturas acessórias em farinha de peixe enfrenta algumas dificuldades logísticas e financeiras. As matérias-primas são extremamente variáveis e de baixo valor econômico, no entanto deve ser manuseado e preservado logo após as capturas para garantir a qualidade. Além disso, o abastecimento regular se faz necessário para a manutenção do mercado. Os subprodutos da pesca e resíduos dos processamentos possuem um teor proteico e lipídico menor e elevados conteúdos de cinzas em suas composições quando se compara as farinhas de peixe de primeira qualidade (GODDARD; AL-SHAGAA; ALI, 2008).

Para a plena utilização destes subprodutos em dietas para aquicultura é necessário um desenvolvimento dos métodos de processamento para remoção de estruturas indesejadas na matéria-prima (quitinas, ossos), métodos que melhorem a palatabilidade e absorção, além de um aperfeiçoamento das técnicas de formulação em que as fontes proteicas se combinem e preencham as lacunas nutricionais nas dietas (HARDY; SEALEY; GATLIN, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) situado do Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC). O CEAC está localizado no município do Eusébio-CE (3°53'15" S; 38°22'30" O), distante cerca de 20 km de Fortaleza.

3.2 Delineamento experimental

No presente trabalho foram avaliados o desempenho zootécnico e a resposta alimentar de juvenis do camarão marinho do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, alimentados com dietas com redução parcial ou total de farinha de resíduos da filetagem de salmão cultivado (Salmão). Uma dieta contendo 14,37% de farinha de salmão foi empregada como controle. As substituições da farinha de salmão foram acompanhadas pelo aporte de ingredientes oriundos de subprodutos de animais terrestres e aquáticos: farinha de plasma de sangue suíno ultra-filtrado e seco por pulverização (Plasma), farinha de sangue seca por pulverização (Sangue), farinha de carne e ossos 40 (C&O40), farinha hidrolisada de penas (Penas), farinha de carne e ossos 45 (C&O45), farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada (Tilápia), farinha de penas e vísceras de aves (P&V), farinha de vísceras de aves (Vísc; *feed grade*, destinada à alimentação animal) e farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista (Respx). A partir da dieta controle, os ingredientes foram individualmente incorporados em inclusões entre 9,7 a 18,7% da dieta (na matéria natural).

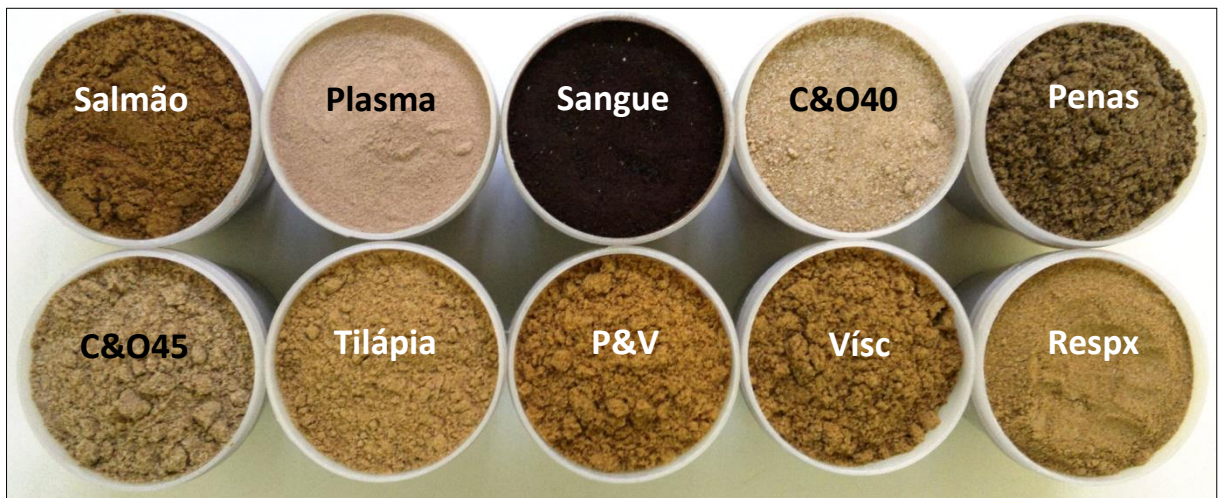
O desempenho zootécnico (*i.e.*, crescimento corporal, sobrevivência, produtividade, consumo e conversão alimentar) do camarão *L. vannamei* alimentado com as dez dietas experimentais foi investigado em um sistema de cultivo operando em ambiente coberto (sistema *indoor*) com filtragem e recirculação contínua da água. Neste sistema, foram utilizados 50 tanques para o estudo, com cinco tanques de cultivo como repetição. Os tratamentos foram distribuídos de forma randomizada para evitar tendências experimentais.

Subsequentemente, cada ingrediente das dietas foi avaliado individualmente quanto a sua atratividade. Este estudo consistiu na mensuração das respostas alimentares de juvenis do camarão *L. vannamei* em um aquário de dupla escolha (em forma de Y). As dietas experimentais que continham o ingrediente teste foram confrontadas 20 vezes com a dieta controle (dieta contendo a farinha de resíduos da filetagem de salmão cultivado), alternando-se o lado da oferta a cada observação realizada.

3.3 Caracterização química dos ingredientes avaliados

No presente estudo, foram avaliadas nove diferentes proteínas animais obtidas no mercado local, dos próprios fabricantes ou diretamente de distribuidores (Figura 2). Todos os ingredientes foram produzidos no Brasil, com exceção da farinha do resíduo da filetagem de salmão cultivado (Salmão), empregada como ingrediente controle e fabricada a partir de resíduos do processamento da espécie cultivada no Chile (Pesqueira Pacific Star S.A., Puerto Montt, Chile).

Figura 1 - Ingredientes avaliados no presente estudo. Da esquerda para direita, iniciando pelos ingredientes na parte superior: farinha de resíduos da filetagem de salmão cultivado (Salmão), farinha de plasma de sangue suíno (Plasma), farinha de sangue seca por pulverização (Sangue), farinha de carne e ossos 40 (C&O40), farinha hidrolisada de penas (Penas), farinha de carne e ossos 45 (C&O45), farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada (Tilápia), farinha de penas e vísceras de aves (P&V), farinha de vísceras de aves (Vísc), farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos (Respx).



Os seguintes critérios foram adotados na seleção dos ingredientes para o estudo: (1) ingrediente derivado do abate de animais terrestres ou do processamento de resíduos de peixes; (2) fácil disponibilidade no mercado nacional; (3) preço de mercado similar ou inferior à farinha de resíduo da filetagem de salmão (Salmão); (4) teor mínimo de proteína bruta da ordem de 40%; (5) matéria-prima ainda não avaliada ou com uso frequente na composição de rações comerciais para camarões marinhos.

Os ingredientes selecionados foram inicialmente submetidos à análise química em laboratório especializado, quanto à sua digestibilidade proteica em pepsina, nível de peróxidos (Tabela 2), perfil centesimal (Tabela 3) e aminoacídico (Tabelas 4). As avaliações químicas obedeceram a procedimentos padrões (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 2005).

Tabela 2 – Qualidade e preço de mercado das proteínas animais avaliadas no estudo.

Ingredientes	Digestibilidade em pepsina (%)¹	Nível de peróxidos (meq de O₂/kg)	Preço (R\$/ton.)²	Custo por unidade de proteína (R\$)
Salmão ³	76,6	5,1	2.500	37,8
Plasma ⁴	99,1	0,0	8.700	110,8
Sangue ⁵	61,7	10,9	750	15,5
C&O40 ⁶	45,5	3,1	800	19,5
Penas ⁷	11,1	12,2	750	9,9
C&O45 ⁸	54,6	5,6	1.000	21,0
Tilápia ⁹	79,6	2,2	1.900	30,2
P&V ¹⁰	42,5	65,6	1.400	22,5
Vísc ¹¹	59,3	3,1	1.400	24,0
Respx ¹²	51,7	10,4	1.800	35,8

¹digestibilidade em pepsina a 0,0002%;

²preço FOB Paraíba. Dados coletados no mercado em 22/junho/2011;

³farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado. Pesqueira Pacific Star (Puerto Montt, Chile). Cortesia da InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda. (São Lourenço da Mata, Pernambuco);

⁴farinha de plasma de sangue suíno ultra-filtrado e seco por pulverização. Cortesia da APC do Brasil Ltda. (Chapeco, Santa Catarina);

⁵farinha de sangue seca por pulverização (*spray-dried*). Cortesia da InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda. (São Lourenço da Mata, Pernambuco);

⁶farinha de carne e ossos 40. Nordal Nordeste Derivados de Animais Ltda. (Maracanaú, Ceará);

⁷farinha hidrolisada de penas. Nordal Nordeste Derivados de Animais Ltda. (Maracanaú, Ceará);

⁸farinha de carne e ossos 45. Nordal Nordeste Derivados de Animais Ltda. (Maracanaú, Ceará);

⁹farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada. Cortesia da InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda. (São Lourenço da Mata, Pernambuco);

¹⁰farinha de penas e vísceras de aves. Cortesia da Guaraves Guarabira Aves Ltda. (Guarabira, Paraíba);

¹¹farinha de vísceras de aves (*feed grade*, destinada à alimentação animal). Cortesia da Guaraves Guarabira Aves Ltda. (Guarabira, Paraíba);

¹²farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista. Cortesia da InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda. (São Lourenço da Mata, Pernambuco).

O preço de mercado os ingredientes avaliados variou de R\$ 1.800,00 a R\$ 2.500,00/ton. para as matérias-primas feitas a partir de resíduos de peixes (resíduos da pesca marinha, tilápia cultivada e salmão cultivado). As farinhas de carne e ossos 40 e 45 selecionadas para o estudo apresentavam um preço de mercado entre R\$ 800,00 e R\$ 1.000,00/ton., enquanto as farinhas de vísceras de aves, com ou sem penas, tinham um preço de R\$ 1.400,00/ton. A farinha de sangue seca por pulverização e a farinha hidrolisada de penas foram cotadas a R\$ 750,00/ton., enquanto a farinha de plasma a R\$ 8.700,00. O custo das matérias-primas por unidade de proteína bruta (PB) seguiu uma tendência semelhante ao preço de mercado. As proteínas aquáticas apresentaram um custo igual ou superior a R\$ 30,00/unidade de PB, enquanto aquelas advindas de resíduos de aves ou de carnes (P&V, Vísc, C&O40, C&O45) apresentaram um custo entre R\$ 19,5 a R\$ 24,0/PB. A farinha de penas (Penas) e a farinha de sangue (Sangue) foram as que apresentaram o menor custo, entre R\$ 9,9 e R\$ 15,5/PB, respectivamente. A farinha de plasma de sangue suíno foi à matéria-prima com maior custo entre todas as avaliadas (Tabela 2).

Embora tenha se buscado selecionar ingredientes com o maior frescor possível, alguns apresentaram um nível de peróxidos superior a 10 meq/kg (*e.g.*, Sangue, Penas, P&V e Respx). A digestibilidade proteica em pepsina também variou substancialmente entre os ingredientes avaliados, de um mínimo de 11,1% para Penas até um máximo de 99,9% para o Plasma (Tabela 2).

O teor de proteína bruta (PB) dos ingredientes seguiu três categorias: (1) C&O40 e C&O45, ingredientes com menos de 50% de PB; (2) Respx, Vísc, P&V e Tilápia, ingredientes contendo entre 50 a 63% de PB, e; (3) Penas, Plasma, Salmão e Sangue, ingredientes com mais de 75% de PB (Tabela 3). No entanto, os ingredientes também podem ser categorizados em relação ao seu teor de cinzas: (1) Sangue, Penas e Plasma, ingredientes com menos de 10% de cinzas na sua composição; (2) P&V, Vísc, Salmão, ingredientes contendo entre 14 e 15% de cinzas, e; (3) Tilápia, Respx, C&O45 e C&O40, ingredientes com mais de 23% de cinzas. A grande maioria dos ingredientes apresentou um teor de gordura inferior a 12%, com exceção da P&V e Vísc. O perfil aminoacídico sofreu uma grande variação entre os ingredientes, acima de 18% (Tabela 4), sendo a cistina o aminoácido com maior variabilidade entre as matérias-primas estudadas.

Tabela 3 – Perfil centesimal analisado dos ingredientes proteicos usados na formulação das dietas experimentais.

Ingrediente	IFN ¹	Perfil centesimal (% na matéria natural)						
		Umidade	Proteína bruta	Gordura total	Fibra total	Cinzas	Fósforo	Cálcio
Salmão	5-02-012	7,7	66,1	10,0	0,1	15,4	2,3	3,6
Plasma	5-00-382	8,4	78,5	0,1	0,0	8,2	0,3	0,1
Sangue	5-00-381	7,0	87,2	0,4	0,1	5,4	0,2	0,6
C&O40	5-00-388	6,0	41,1	10,1	0,6	41,8	6,5	15,7
Penas	5-03-795	8,3	75,6	6,9	0,7	5,6	0,3	1,5
C&O45	5-00-388	5,0	47,6	11,9	1,3	34,7	5,3	11,6
Tilápia	---	6,3	62,8	6,9	0,1	23,1	4,0	8,5
P&V	---	7,4	62,4	13,6	0,3	14,4	2,5	4,7
Vísc	5-03-798	6,2	58,5	17,2	0,4	15,4	2,7	4,9
Respx	---	7,4	50,3	7,8	0,5	32,2	5,0	11,1

¹International Feed Number.

Tabela 4 – Aminoácidos essenciais (exceto tirosina) nos ingredientes avaliados. CV, coeficiente de variação.

Aminoácidos	Composição Aminoacídica dos Ingredientes (% na base seca)										CV (%)
	Essenciais	Salmão	Plasma	Sangue	C&O40	Penas	C&O45	Tilápia	P&V	Vísc	
Arginina	4,17	4,91	4,11	2,84	5,68	3,46	4,62	4,47	4,27	3,63	18,9
Histidina	1,57	2,88	6,03	0,54	1,01	0,83	1,34	1,30	1,21	1,02	91,4
Isoleusina	2,46	3,08	1,37	1,04	4,02	1,22	1,92	2,56	2,09	1,78	42,5
Leucina	4,49	8,27	12,20	2,09	6,93	2,58	3,65	4,76	3,89	3,19	59,7
Lisina	4,48	7,43	8,26	2,01	2,36	2,31	3,73	3,22	3,47	3,40	52,5
Metionina	1,72	0,70	0,89	0,52	0,64	0,57	1,49	1,08	1,23	1,36	41,1
Cistina	0,53	2,79	0,88	0,23	4,14	0,35	0,45	1,34	0,48	0,39	112,2
Fenilalanina	2,46	5,01	6,39	1,25	4,12	1,50	2,13	2,67	2,17	1,91	56,4
Treonina	2,68	4,72	3,81	1,06	3,87	1,38	2,47	2,61	2,18	2,06	42,8
Triptofano	0,60	1,46	1,40	0,16	0,65	0,21	0,41	0,55	0,50	0,41	70,4
Valina	3,09	5,46	8,29	1,67	6,07	1,88	2,50	3,47	2,61	2,21	58,3

3.4 Formulação das dietas experimentais

As fórmulas experimentais utilizadas na avaliação de desempenho zootécnico do *L. vannamei* foram desenvolvidas utilizando o software de formulação linear Feedsoft® Enterprise 2010 (Feedsoft Corporation, Richardson, Texas, EUA). As dietas foram desenhadas para apresentarem um nível de proteína bruta e gordura total de $39,7 \pm 0,5\%$ e $7,9 \pm 0,4\%$ (na base seca), respectivamente (Tabela 5).

Inicialmente foi formulada uma dieta basal contendo 14,37% (na matéria natural) de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado (Salmão). A partir desta dieta, outras dietas foram desenhadas com a mesma composição de ingredientes, substituindo parcialmente ou totalmente a farinha de salmão pelo ingrediente avaliado. As inclusões do ingrediente avaliado obedeceram a níveis máximos permitidos segundo a literatura (TACON; METIAN; HASAN, 2009; HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). Todas as dietas apresentaram uma inclusão fixa de 45,00% de farelo de soja, 30,00% de farinha de trigo, 2,00% de óleo de peixe, 2,00% de lecitina de soja, 1,00% de premix vitamínico-mineral, 0,50% de aglutinante sintético e 0,03% de cloreto de potássio (na matéria natural). As dietas foram desenhadas para que as proteínas vegetais (*i.e.*, farinha de trigo e farelo de soja) atendessem $\frac{3}{4}$ de todo aporte de proteína bruta da dieta, sendo o restante proporcionado pelo aporte de proteína animal, seja advindo da farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado (Salmão) e (ou) de outros ingredientes animais avaliados.

Não se buscou balancear as dietas para micronutrientes, como aminoácidos essenciais, ácidos graxos ou minerais, apenas para os níveis de proteína bruta e gordura total. Foi empregado o óleo de soja de forma a manter as dietas equilibradas quanto ao conteúdo de gordura. As inclusões de caulim variaram em cada dieta, permitindo assim uma participação mais elevada do ingrediente avaliado frente à farinha de salmão. A substituição parcial da farinha de salmão ocorreu quando a inclusão máxima do ingrediente avaliado não atendeu aos níveis mínimos de proteína bruta fixados na fórmula.

Embora não se tenha buscado equilibrar o perfil aminoacídico das dietas, o mesmo se mostrou com pouca variabilidade no caso de alguns aminoácidos essenciais (Tabela 6). Com exceção da cistina, histidina e da valina, os demais aminoácidos essenciais apresentaram um coeficiente de variação entre as dietas inferior a 10%. A metionina, por exemplo, variou em 6% entre as dietas avaliadas, de um mínimo de 0,58% (dieta Cb18+S2) a um máximo de 0,69% (dieta S14, na base seca).

Tabela 5 - Composição e perfil centesimal analisado das rações produzidas em laboratório para avaliação de desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei*.

Composição	Composição das Dietas Experimentais (% na matéria natural)									
	S14	PI7+S10	Sg7+S9	Ca13+S6	Pn14+S4	Cb18+S2	Til15	PV15	V16	Px19
Salmão	14,37	9,67	8,80	6,32	3,98	1,75	-	-	-	-
Plasma	-	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Sangue	-	-	7,00	-	-	-	-	-	-	-
C&O40	-	-	-	12,95	-	-	-	-	-	-
Penas	-	-	-	-	14,39	-	-	-	-	-
C&O45	-	-	-	-	-	17,72	-	-	-	-
Tilápia	-	-	-	-	-	-	15,12	-	-	-
V&P	-	-	-	-	-	-	-	15,27	-	-
Vísc	-	-	-	-	-	-	-	-	16,24	-
Respx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,67
Caulim	4,40	1,60	2,47	-	0,40	-	3,25	4,20	3,23	0,10
Óleo de soja	0,70	1,20	1,20	0,20	0,70	-	1,10	-	-	0,70
Outros ¹	80,53	80,53	80,53	80,53	80,53	80,53	80,53	80,53		80,53
Perfil centesimal (% na base seca)										
Proteína bruta	40,0	41,0	41,1	38,5	43,4	38,2	38,7	38,3	38,6	39,6
Extrato etéreo	7,7	7,9	8,0	8,0	8,3	7,5	8,0	7,2	9,1	7,7
Fibra bruta	3,0	2,7	3,4	2,2	2,8	3,1	3,2	3,1	2,9	2,6

Cinzas	10,6	7,8	8,1	11,0	5,8	11,4	10,9	10,5	10,0	10,9
Umidade	11,3	13,3	11,0	12,0	13,5	12,7	12,3	12,7	12,6	11,7
Cálcio	1,0	0,6	0,6	2,8	0,6	2,8	1,7	1,1	1,3	2,6
Fósforo	0,8	0,8	0,6	1,5	0,5	1,6	1,1	0,8	0,9	1,5

¹45,00% de farelo de soja, 30,00% de farinha de trigo, 2,00% de óleo de peixe, 2,00% de lecitina de soja, 1,00% de premix vitamínico-mineral, 0,50% de aglutinante sintético (a base de ureia formaldeído) e 0,03% de cloreto de potássio.

Tabela 6 – Perfil aminoacídico das dietas utilizadas na avaliação de desempenho zootécnico do *L. vannamei*.

Aminoácidos	Composição Aminoacídica das Dietas (% na base seca)										
	S14	PI7+S10	Sg7+S9	Ca13+S6	Pn14+S4	Cb18+S2	Til15	PV15	V16	Px19	CV (%)
Arginina	2,77	2,98	2,82	2,83	3,24	2,92	2,92	2,90	2,92	2,86	4,5
Histidina	1,04	1,20	1,39	0,99	1,05	1,01	1,03	1,03	1,03	1,01	11,4
Isoleusina	1,87	2,02	1,82	1,82	2,26	1,81	1,83	1,94	1,89	1,86	7,2
Leucina	2,94	3,39	3,56	2,87	3,57	2,89	2,88	3,07	2,98	2,90	9,3
Lisina	2,02	2,39	2,36	1,94	1,94	1,90	1,97	1,90	1,98	2,02	8,9
Metionina	0,68	0,66	0,65	0,62	0,61	0,58	0,67	0,61	0,65	0,69	6,0
Cistina	0,54	0,73	0,57	0,53	1,13	0,54	0,54	0,68	0,55	0,54	29,3
Fenilalanina	1,94	2,23	2,26	1,92	2,34	1,93	1,93	2,03	1,97	1,95	7,9
Treonina	1,59	1,84	1,70	1,52	1,92	1,52	1,60	1,63	1,58	1,59	8,1
Triptofano	0,54	0,63	0,61	0,52	0,59	0,51	0,52	0,55	0,55	0,53	7,3
Valina	2,09	2,38	2,51	2,08	2,73	2,07	2,05	2,21	2,11	2,0	10,5

As dietas empregadas nas avaliações de atratividade com o camarão *L. vannamei* não levou em conta aspectos de ordem nutricional. As dietas empregaram em sua composição apenas matérias-primas de origem vegetal por possuírem pouco ou nenhum poder de atratividade alimentar em camarões marinhos. A composição das dietas foi fixada adotando-se 55,0% de farelo de soja, 35,0% de farinha de trigo, 4,0% de quirera de arroz, 3,0% de glúten de milho e 3,0% do ingrediente animal avaliado (na matéria natural). Com isto, foi possível avaliar de forma isolada, a atratividade e a palatabilidade de cada ingrediente animal.

3.5 Fabricação das dietas experimentais

Foram empregados equipamentos laboratoriais para a fabricação das dietas experimentais. A preparação das matérias primas teve início com a moagem em um moinho do tipo martelo (moinho industrial da marca Vieira, modelo 280 com potência de 5 cv, Tatuí, São Paulo). Cada ingrediente foi moído individualmente em malha de 600 µm. Apenas o aglutinante sintético, o caulim, a farinha de trigo, o premix vitamínico-mineral e o cloreto de potássio não foram moídos, pois já apresentavam uma fina granulometria.

Após a moagem, todos os ingredientes sólidos e líquidos (óleo de peixe e lecitina de soja) foram pesados em balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do Brasil, São Paulo, São Paulo) e misturados em uma bateadeira planetária industrial (amassadeira rápida AR-25, G. Paniz, Caixas do Sul Rio Grande do Sul) por 10 minutos. No caso dos micronutrientes, estes foram inicialmente misturados com uma parcela da farinha de trigo em um misturador em Y durante 10 minutos para maior homogeneização. Esta mistura foi então incorporada aos demais ingredientes da dieta durante a mistura na bateadeira planetária. Durante a mistura de todos os ingredientes, foi adicionado 30% de água doce em temperatura ambiente e misturado por mais 5 minutos até a formação de uma massa compacta. Subsequentemente, esta massa alimentar seguiu para compactação e formatação em uma extrusora laboratorial com cozimento a seco sob temperatura de 90°C (Micro extrusora para laboratório com capacidade para 15 kg/h, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, São Paulo), equipada com uma matriz de 1,8 mm de diâmetro.

Durante o processo de extrusão houve a formação de filamentos alimentares o qual foi distribuído em bandejas de aço inox para secagem a 60°C em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo), até ser alcançada uma umidade

final entre 10 e 12%. As medidas de umidade durante o processo de extrusão ocorreu por meio de um analisador rápido de umidade com lâmpada halôgena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, New Jersey, EUA). Na estufa, os filamentos foram revirados a cada 10 minutos para alcançar uma secagem homogênea em toda a dieta. Findo o processo de secagem as dietas foram cortadas em *pellets* com 5 mm de comprimento em um multiprocessador, embaladas em sacos plásticos, identificadas e congeladas sob temperatura de -20°C. O mesmo processo de fabricação foi adotado para as dietas empregadas na avaliação de atratividade alimentar.

3.6 Caracterização dos sistemas de cultivo e atratividade

O estudo de desempenho zootécnico foi conduzido em regime de recirculação de água, operando em área coberta (*indoor*), filtragem e aeração contínua durante todo o cultivo. Este sistema é constituído por um total de 100 tanques de polipropileno de cor azul (Plastsan Plásticos do Nordeste Ltda. Caucaia, Ceará) com volume individual de 500 l e área útil de fundo de 0,57 m², dos quais se utilizou a metade destes tanques no estudo. Os tanques são mantidos em um galpão coberto de 500 m² onde a influência de variáveis ambientais (*e.g.*, temperatura, chuva, iluminação solar, ciclo lunar) sob o cultivo é reduzida para um maior controle dos parâmetros em estudo. Os tanques possuíam água clara isenta de organismos que poderiam atuar como alimento natural para os camarões cultivados.

Os tanques são interligados por canos de PVC soldáveis formando dois conjuntos de 50 tanques, cada uma operando em regime de recirculação contínua de água de forma isolada. Cada conjunto de 50 tanques é equipado com três eletrobombas (WEG Indústrias S.A., Guarulhos, SP) de serviço contínuo, monofásica, na potência de 1/4 cv, tensão de 220 V e vazão nominal de 3,8 m³/h, além de um tanque de 20.000 l e dois de 10.000 l posicionados na área externa do galpão. A água de cultivo foi submetida a uma filtragem contínua, inicialmente em um filtro mecânico de areia de alta vazão (Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro) com área filtrante de 0,07 m² ligado a uma eletrobomba, e em seguida através de *bag-nets* com malhas de 20 e 15 µm. Estas malhas foram trocadas e lavadas diariamente ao longo de todo cultivo.

Durante o cultivo, os tanques foram mantidos cobertos por uma tampa azul de PVC para evitar o escape de camarões, minimizar o excesso de luminosidade e a interferência de fatores externos. As tampas possuíam uma abertura central, em formato triangular, para

permitir a introdução e a remoção de bandejas de alimentação. A água de cultivo foi oxigenada de forma contínua através de um sistema de aeração composto por três compressores radiais (Ibram Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos, São Paulo, São Paulo), equipados com supressores de ruído e com motores trifásicos de 2,0 cv de potência. Dois pontos de alimentação de ar, composto por duas pedras porosas localizadas em lados opostos do tanque, foram posicionados distantes cerca de 20 cm do fundo de cada tanque.

O sistema de atratividade para avaliação das respostas alimentares do camarão *L. vannamei* foi o mesmo utilizado por Nunes *et al.* (2006) e Andriola (2009) com algumas modificações. Este sistema foi inicialmente desenvolvido com base nas descrições apresentadas por Lee (1992), Costero e Meyers (1993), Lee e Meyers (1996, 1997) e Mendoza, Montemayor e Verde (1997). O sistema foi constituído basicamente por um aquário de vidro transparente formando um labirinto em Y.

O aquário possuía as seguintes dimensões: 130 cm de comprimento, 30 cm de largura e 40 cm de altura, operando com um volume de 70 l de água. A extremidade posterior do aquário foi ramificada em duas extensões em forma de V, com um ângulo de 80°, cada uma medindo 30 cm de comprimento por 15 cm de largura. Estas extensões foram empregadas para posicionar e confrontar o alimento contendo dois diferentes ingredientes teste. O lado anterior do aquário foi dividido em duas câmaras com lâminas de vidros móveis denominadas de guilhotinas. A 1ª câmara foi usada para a drenagem da água após cada observação e a 2ª para a aclimação dos camarões precedendo as observações de comportamento alimentar. Para minimizar a ação de efeitos externos sob o comportamento alimentar dos camarões, a lâmina de vidro da câmara de aclimação foi suspensa por uma corda posicionada na sua parte superior.

O aquário foi equipado com um substrato sintético de cor verde para auxiliar na locomoção do camarão. O aquário foi mantido sob uma estrutura de barras de alumínio com 150 cm de comprimento, 90 cm de largura e 150 cm de altura. Uma filmadora digital (Sony Handycam, modelo DCR-SR62E23, Sony Electronics Inc., San Diego, EUA) foi fixada no teto da sala de observação, de modo a enquadrar toda área do aquário e registrar o comportamento alimentar do camarão. A filmadora foi conectada a um computador para visualização e registro das imagens. Quatro lâmpadas de 75 W, PAR38 de cor vermelha, equipadas com *dimer* para controle da intensidade luminosa, foram acopladas nas extremidades da estrutura de sustentação de alumínio do aquário. A sala onde ocorreram as observações

comportamentais foi isolada através de uma porta tipo sanfona. O aquário foi provido de pontos de aeração com pedra porosa nas suas extremidades, um em cada extensão e outra na câmara de aclimatação.

O aquário de dupla escolha foi alimentado com água salgada previamente filtrada por um filtro de areia de alta vazão (Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro), provinda de um tanque externo de 5.000 l de capacidade. O aquário possuía água com níveis de qualidade semelhante aos utilizados durante as observações comportamentais, provido de aeração constante e substrato sintético, semelhante ao utilizado no aquário em Y.

3.7 Cultivo de pós-larvas e juvenis

Inicialmente, pós-larvas com 12 dias (PL12) do camarão *L. vannamei* foram adquiridas da larvicultura comercial Aquatec Industrial Pecuária Ltda (Canguaretama, Rio Grande do Norte). Os camarões foram transportados para as instalações do Laboratório de Organismos Aquáticos (LANOA) do LABOMAR/UFC em sacos plásticos duplos com 16 l de água salgada cada. Na chegada ao laboratório os camarões foram divididos e estocados em seis tanques berçários com capacidade de 3.000 l cada. Um total de 3.000 PL foi estocado em cada tanque. Os camarões foram cultivados nos tanques berçários por 45 dias até alcançarem de 1g de peso corporal.

Subsequentemente a fase de cultivo nos tanques berçários, os camarões foram classificados quanto ao seu peso corporal, a fim de uniformizá-los, sendo posteriormente transferidos para tanques circulares com 1.000 l em área descoberta (*outdoor*), sob densidade de 250 animais/m². Ao alcançarem $2,03 \pm 0,21$ g (média \pm desvio padrão; $n = 2.000$), os camarões foram transferidos para 50 tanques de 500 l em área coberta (*indoor*). O povoamento dos camarões ocorreu ao longo de dois dias. No dia 25/07/2011, foram povoados 35 tanques e em 26/07/2011 houve o povoamento de mais 15 tanques.

Após três dias do 1º povoamento, os camarões passaram a ser alimentados com as respectivas dietas experimentais durante um período total de 72 dias. Ao longo de todo estudo, os camarões foram alimentados diariamente, às 07:30 e 16:00 h. Os camarões foram continuamente expostos às dietas por períodos de 9 h (de 07:30 às 15:30) e 16 h (de 16:00 às 07:00). Para reduzir a lixiviação das dietas quando imersas em água, estas foram distribuídas em bandejas circulares de alimentação, confeccionadas com aros de PVC (141 mm de diâmetro e bordas com 35 mm de altura) e forradas na parte inferior com tela de náilon (malha

com 640 μm de abertura). Uma bandeja foi distribuída para cada tanque e instalada na sua parte central. A cada alimentação, as bandejas foram individualmente inspecionadas para detectar a presença de alimento não consumido, o qual quando observado, foi coletado para pesagem e armazenamento.

No primeiro dia de cultivo, a quantidade da dieta ofertada obedeceu à biomassa estocada de camarões em cada tanque de cultivo, calculando a taxa alimentar de acordo com o peso corporal do camarão (NUNES; PARSONS, 2000). Nos dias seguintes de cultivo, os camarões foram alimentados sob um regime de demanda alimentar, permitindo realizar mudanças na quantidade de alimento ofertado em relação a cada oferta de ração e em função do apetite alimentar dos animais. O alimento não consumido foi contabilizado, através da pesagem diária, em cada tanque e horário de alimentação por meio da coleta de sobras encontradas nas bandejas de alimentação. Sempre que necessário, foram realizados ajustes nas refeições a cada horário de alimentação (*i.e.*, sobras de alimento das 0730 h empregado para ajuste da refeição das 1600 h). Um protocolo de ajuste alimentar foi usado para alterar as refeições quando as sobras fossem acima, abaixo ou igual das refeições originalmente calculadas (Tabela 7).

Tabela 7 - Protocolo de ajuste alimentar utilizado no cultivo.

% de Sobra de Ração nas Bandejas	Ajuste nas Refeições
< 10%	Nenhuma mudança na refeição
\geq 10%	Diminuir em 10% a refeição original
Nenhuma sobra	Aumentar em 5% a refeição original

Durante o experimento os camarões encontrados mortos foram coletados, subtraídos da população inicial e contabilizados. No entanto, durante o cultivo não houve a reposição de animais mortos. Os parâmetros de qualidade (temperatura, salinidade e pH) da água foram mensurados uma vez ao dia em todos os tanques de cultivo. A temperatura foi determinada por um oxímetro (YSI 550 DO Instrument, YSI Incorporated, Yellow Springs, EUA), o pH por um pHmetro portátil (PHTEK pH-100, marca SAMMAR, Burrows, Fortaleza, CE) e a salinidade da água por um refratômetro (RTS-101ATC, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., São Paulo, SP).

Os camarões utilizados para as observações de atratividade foram cultivados em tanques de 1.000 l em área descoberta (outdoor) da fase de PL12 até juvenil, alimentados com

uma ração comercial para engorda de camarão marinho. Apenas animais entre 6 e 8 g de peso corporal (média de $7,12 \pm 0,65$ g, $n = 273$) foram utilizados nas observações. Para realização das observações comportamentais, os camarões foram capturados, transferidos para um aquário de vidro com capacidade de 200 l e submetidos a um jejum de 7 a 14 h. Para minimizar comportamentos agressivos, estresse e canibalismo, um número máximo de 10 indivíduos foi transferido e estocado por vez no tanque de espera de 200 l. As observações tiveram início com a seleção de camarões ativos, aparentemente saudáveis, sem sinais de enfermidades ou deformidades, na fase de intermuda e com todos os seus apêndices (pereiópodos, maxilípedes, antênulas e antenas) intactos.

3.8 Parâmetros de desempenho zootécnico

O desempenho zootécnico do camarão marinho *L. vannamei* foi avaliado ao término do cultivo, com base no peso corporal de cada indivíduo determinado no povoamento e na despesca. Os camarões foram pesados em uma balança de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, São Paulo). Na despesca, todos os camarões vivos foram contados e pesados individualmente para mensurar os seguintes parâmetros zootécnicos:

$$\text{CRC} = ((\text{PSf} - \text{PSi}) \div \text{PR}) \times 7 \quad (1) \quad \text{onde,}$$

CRC = crescimento semanal dos camarões (g);

PSf = peso corporal úmido (g) dos camarões na despesca;

PSi = peso corporal úmido (g) dos camarões no 1º dia de cultivo;

PR = número total de dias de cultivo.

$$\text{SR} = (\text{POPf} \div \text{POPi}) \times 100 \quad (2) \quad \text{onde,}$$

SR = sobrevivência final dos camarões na despesca (%);

POPf = número total de camarões vivos por tanque no momento da despesca;

POPi = número total de camarões povoados por tanque.

$$\text{PRDT} = ((\text{POPf} \times \text{WGf}) - (\text{POPi} \times \text{WGi})) \div \text{AR} \quad (3) \quad \text{onde,}$$

PRDT = ganho de produtividade de camarões por tanque (g/m^2);

AR = área de fundo do tanque (m^2).

O consumo aparente de ração (AFI) correspondeu à subtração da oferta total de ração pela soma total das sobras de ração coletadas em cada tanque durante todo cultivo. Tanto o fator de conversão alimentar (FCA) como o consumo aparente de ração (AFI) foi expresso à base seca. Para isto, a umidade presente em cada dieta avaliada foi determinada e subtraída da quantidade total de ração ofertada em cada tanque durante todo cultivo.

O FCA foi determinado pela seguinte equação:

$$FCA = \Sigma CAP \div BIO \quad (4) \quad \text{onde,}$$

FCA = fator de conversão alimentar a base seca;

CAP = consumo aparente de ração (g) por tanque ao longo de todo ciclo de cultivo;

BIO = biomassa despescada de camarão (g) por tanque, onde:

$$BIO = (POPf \times PSf) - (POPi \times PSi) \quad (5) \quad \text{onde,}$$

3.9 Atratividade alimentar

A determinação da atratividade foi realizada de acordo com o estímulo alimentar de juvenis do camarão *L. vannamei* proporcionado por uma dieta basal contendo 3,0% de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado (Salmão, controle positivo) com outra contendo a mesma inclusão dos outros ingredientes sob avaliação.

Para medição da atratividade, um camarão por vez foi transferido para a câmara de aclimatação do aquário em Y e mantido nesta condição durante 60 segundos. Simultaneamente, as dietas experimentais foram alocadas separadamente (2 g) na extremidade contrária da câmara de aclimatação, individualmente em cada uma das extensões do aquário. Para permitir uma rápida dissolução do ingrediente avaliado em água, cada dieta foi mantida em contato próximo a um ponto de aeração durante 2 min. Após este período, o ponto de aeração foi removido e o camarão liberado da câmara de aclimatação.

As respostas alimentares exibidas pelos camarões e registradas por uma filmadora foram quantificadas seguindo modificações do modelo comportamental de crustáceos segundo Lee e Meyers (1996), Zimmer-Faust *et al.* (1984), Zimmer-Faust (1987), Costero e Meyers (1993), Pittet *et al.* (1996) e Andriola (2009):

1. detecção: tempo percorrido, em segundos, que se inicia com a percepção da presença do alimento pelo camarão, através dos quimiorreceptores situados nas antênulas, partes bucais e pereiópodos.

2. orientação: tempo percorrido, em segundos, após o final da detecção até a chegada à dieta. Esta fase inicia-se quando o camarão altera sua posição em relação ao ponto de detecção, em direção a favor ou contra a dieta ofertada, movimentando-se vagarosamente ou rapidamente, procurando alcançar a fonte alimentar.
3. alimentação: após a localização do alimento, o tempo decorrido da chegada do camarão a fonte alimentar até a ingestão, sua continuação ou interrupção da ação alimentar. O camarão alcança a dieta, cessa a movimentação dos apêndices e manipula o alimento, ingerindo-o ou rejeitando-o.

Foram também contabilizadas as escolhas positivas e negativas para cada dieta confrontada com a dieta controle. A resposta alimentar positiva ocorria quando ocorria alimentação do camarão a uma determinada dieta. A recusa ao consumo alimentar de uma dieta escolhida no sistema foi contabilizada como sendo rejeição alimentar. Durante as observações, sempre que o alimento não foi detectado ou localizado dentro dos primeiros 300 segundos de observação, a gravação de vídeo foi interrompida e o animal substituído por outro indivíduo.

Para determinar a possível influência dos lados, esquerdo e direito do sistema em Y sobre a escolha alimentar do camarão, foi realizado uma prova de validação interna antecedendo os confrontos entre as dietas. Para esta validação, uma dieta somente a base de ingredientes vegetais foi ofertada simultaneamente em ambas às extremidades do aquário de dupla escolha. Esta dieta também foi confrontada com a dieta controle positiva (Salmão). No total, foram realizados 20 confrontos entre cada dieta experimental e a dieta controle positivo, alternando os lados de exposição (esquerdo e direito) da dieta controle positivo a cada 10 comparações com respostas alimentares positivas.

Ao término de cada sessão, a água do aquário em Y foi completamente drenada, o aquário lavado com água doce e posteriormente cheio com água do mar filtrada. Tanto a temperatura como a salinidade da água foi mantida estável e com uma variação mínima entre cada sessão comportamental.

3.10 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o programa Statistical Package for Social Sciences, versão Windows 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). A Análise de Variância Univariada (ANOVA) foi aplicada para determinar as diferenças estatísticas entre as dietas. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre dietas, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05. O teste *t* foi aplicado para testar a igualdade entre duas variáveis. Os dados de escolhas positivas e de escolhas negativas foram submetidos à análise do Qui-Quadrado (X^2). As médias foram comparadas pelo teste *Z* quando as diferenças foram estatisticamente significativas ($P < 0,05$). Os tempos de detecção, de orientação e de alimentação foram submetidos ao teste *t* de *Student* para analisar as diferenças individuais entre ingredientes.

4 RESULTADOS

4.1 Desempenho zootécnico do cultivo

A qualidade de água durante o cultivo apresentou-se com pouca variação e dentro dos níveis considerados ideais para a criação de camarões marinhos. A salinidade, pH e temperatura alcançaram uma média (\pm desvio padrão) de $29 \pm 2,8$ g/l ($n = 3.100$), $7,9 \pm 0,25$ ($n = 3.100$) e $26,9 \pm 0,30^\circ\text{C}$ ($n = 3.050$), respectivamente.

Na despesa dos camarões foi observada diferença estatisticamente significativa entre dietas para todos os parâmetros zootécnicos avaliados ($P < 0,05$, ANOVA; Tabela 9). A sobrevivência final dos camarões foi elevada e superior a 90% para maioria das dietas, exceto no caso dos animais alimentados com PI7+S10 ($86,5 \pm 3,9\%$), PV15 ($79,5 \pm 4,4\%$), V16 ($88,5 \pm 3,1\%$) e Px19 ($89,0 \pm 2,3\%$). Destas dietas, apenas a dieta PI7+S10 continha farinha de resíduos da filetagem de salmão cultivado.

O ganho de produtividade foi mais elevado para os camarões alimentados com a dieta que não sofreu nenhuma substituição da farinha do resíduo da filetagem de salmão cultivado (S14, 555 ± 59 g/m²), ou com as que tiveram uma substituição parcial, tais como Ca13+S6 (567 ± 20 g/m²), Sg7+S9 (535 ± 32 g/m²) e Pn14+S4 (515 ± 22 g/m²). Embora as dietas sujeitas à substituição total da farinha do resíduo da filetagem de salmão cultivado (PV15, Til15, Px19 e V16) não tenham apresentado diferença estatisticamente significativa no ganho de produtividade em relação à dieta controle S14 ($P < 0,05$, Tukey HSD), todas estas exibiram produtividades abaixo de 500 g/m². Entretanto, a simples presença da farinha do resíduo da filetagem de salmão cultivado na dieta não foi o único fator determinante para uma maior produtividade, já que a dieta PI7+S10 também não alcançou o patamar de 500 g/m².

O crescimento semanal dos camarões também variou estatisticamente em função da dieta ofertada ($P < 0,05$, Tukey HSD). Os crescimentos semanais superiores a 0,8 g somente foram alcançados com as dietas S14 ($0,87 \pm 0,07$ g), Sg7+S9 ($0,82 \pm 0,03$ g) e Ca13+S6 ($0,81 \pm 0,03$ g), embora estatisticamente, somente as dietas PV15 ($0,55 \pm 0,02$ g) e Cb18+S2 ($0,67 \pm 0,04$ g) proporcionaram crescimentos inferiores à dieta controle S14. Surpreendentemente, os camarões alimentados com a dieta Til15, contendo a farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada, alcançaram um crescimento mais lento do que aqueles alimentados com as dietas S14, Sg7+S9, Ca13+S6 e V16 ($0,78 \pm 0,04$ g; $P < 0,05$, Tukey HSD).

Tabela 8 - Desempenho zootécnico (média \pm erro padrão) do camarão *L. vannamei* alimentado com dietas contendo diferentes fontes proteicas animais. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Dietas	Sobrevivência (%)	Produtividade (g/m ²)	Crescimento (g/semana)	Cons. Alimentar (g/camarão)	FCA
S14 ¹	90,0 \pm 2,6ab	555 \pm 59a	0,87 \pm 0,07ce	13,5 \pm 0,92ac	1,74 \pm 0,08a
Pl7+S10 ²	86,5 \pm 3,9ab	480 \pm 57a	0,79 \pm 0,05acd	11,5 \pm 0,92ac	1,71 \pm 0,07a
Sg7+S9 ³	92,0 \pm 2,7ab	535 \pm 32a	0,82 \pm 0,03ac	13,4 \pm 0,78ac	1,76 \pm 0,02a
Ca13+S6 ⁴	98,0 \pm 0,5b	567 \pm 20a	0,81 \pm 0,03ac	14,6 \pm 0,32c	1,82 \pm 0,04a
Pn14+S4 ⁵	94,0 \pm 1,7b	515 \pm 22a	0,77 \pm 0,04acd	13,3 \pm 0,39ac	1,81 \pm 0,03a
Cb18+S2 ⁶	93,0 \pm 1,2cb	442 \pm 20ab	0,67 \pm 0,04ab	11,0 \pm 0,59ab	1,74 \pm 0,03a
Til15 ⁷	92,0 \pm 1,5ab	391 \pm 34ab	0,60 \pm 0,05bd	10,5 \pm 0,76ab	1,91 \pm 0,06ab
PV15 ⁸	79,5 \pm 4,4a	288 \pm 30b	0,55 \pm 0,02b	8,9 \pm 0,42b	2,24 \pm 0,18b
V16 ⁹	88,5 \pm 3,1ab	487 \pm 43a	0,78 \pm 0,04ae	12,4 \pm 0,83ac	1,79 \pm 0,04a
Px19 ¹⁰	89,0 \pm 2,3ab	444 \pm 30a	0,71 \pm 0,02abc	10,8 \pm 0,52ab	1,72 \pm 0,04a
ANOVA P	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

¹dieta com 14,37% (na matéria natural) de inclusão de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado;

²dieta com 7,00% (na matéria natural) de farinha de plasma de sangue suíno ultra-filtrado e seco por pulverização e 9,67% de farinha de resíduos de salmão;

³dieta com 7,00% (na matéria natural) de farinha de sangue seca por pulverização (na matéria natural) e 8,80% de farinha de resíduos de salmão;

⁴dieta com 12,95% (na matéria natural) de farinha de carne e ossos 40 e 6,32% de farinha de resíduos de salmão;

⁵dieta com 14,39% (na matéria natural) de farinha hidrolisada de penas e 3,98% de farinha de resíduos de salmão;

⁶dieta com 17,72% (na matéria natural) de farinha de carne e ossos 45 e 1,75% de farinha de resíduos de salmão;

⁷dieta com 15,12% (na matéria natural) de farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada;

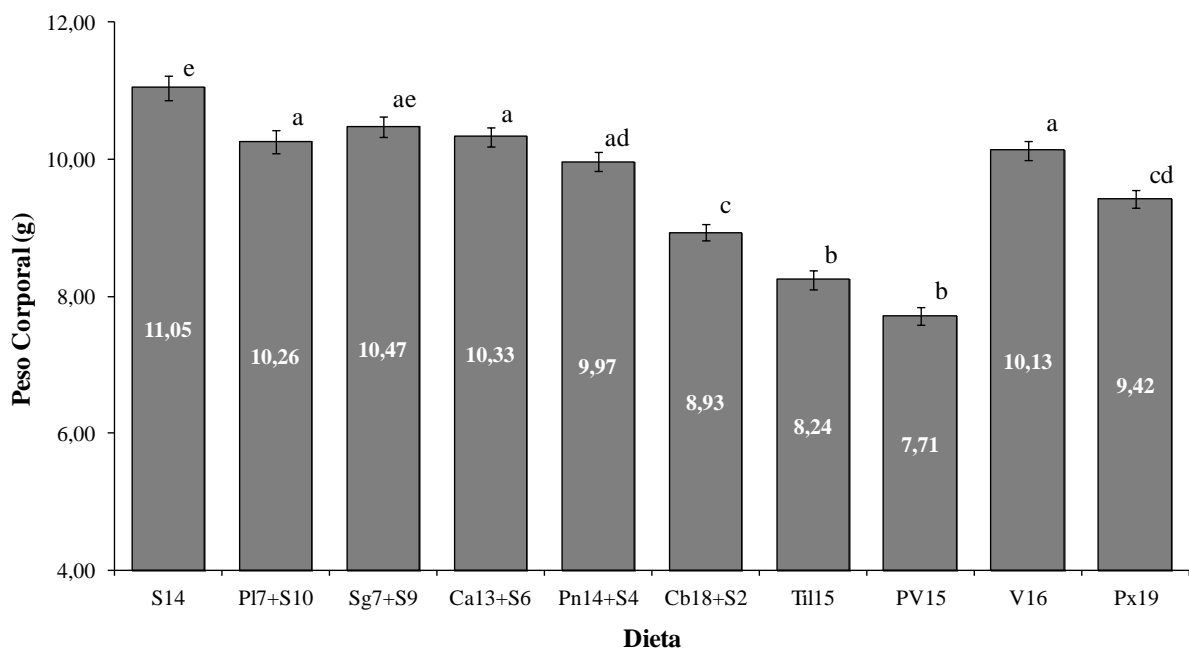
⁸dieta com 15,12% (na matéria natural) de farinha de penas e vísceras de aves;

⁹dieta com 16,24% (na matéria natural) de farinha de vísceras de aves (*feed grade*, destinada à alimentação animal);

¹⁰dieta com 18,67% (na matéria natural) de farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista.

O consumo alimentar dos camarões não foi afetado negativamente com as inclusões da maioria dos ingredientes animais utilizados. Com exceção da dieta PV15 ($8,9 \pm 0,42$ g/camarão), contendo farinha de penas e vísceras de aves (P&V), todas as demais dietas proporcionaram um consumo alimentar semelhante à dieta controle, S14 ($13,5 \pm 0,92$ g/camarão; $P > 0,05$, Tukey HSD). No caso do FCA (Fator de Conversão Alimentar) este se manteve no patamar entre 1,7 e 1,8, com exceção dos camarões alimentados com as dietas PV15 ($2,24 \pm 0,18$) e Til15 ($1,91 \pm 0,06$) os quais tiveram uma perda significativa na eficiência alimentar ($P < 0,05$, Tukey HSD).

Gráfico 1 - Peso médio corporal (\pm erro padrão) de juvenis do camarão *L. vannamei* após 72 dias de alimentação com dietas contendo diferentes proteínas de origem animal. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. Colunas em vermelho representam dietas com substituição parcial e as azuis dietas com substituição total da farinha de salmão.



Ao término do cultivo também pode ser detectada diferença estatística significativa no peso médio corporal dos camarões (Gráfico 1; $P < 0,05$, Tukey HSD). Praticamente todas as dietas que substituíram parcial ou totalmente a farinha de resíduo da filetagem de salmão cultivado levaram a um detrimento significativo no desempenho zootécnico do *L. vannamei* ($P < 0,05$, Tukey HSD). As perdas mais significativas no peso corporal foram observadas com os camarões alimentados com as dietas Til15 ($8,24 \pm 0,13$ g)

e PV15 ($7,71 \pm 0,13$ g; $P < 0,05$, Tukey HSD). Também foi detectada uma redução de mais de 10% no peso corporal dos camarões, em relação àqueles alimentados com a dieta controle S14 ($11,05 \pm 0,18$ g), nos tratamentos Pn14+S4 (10,9% de perda, $9,97 \pm 0,14$ g), Px19 (17,3%, $19,12 \pm 0,13$ g) e Px19 (17,3%, $9,12 \pm 0,13$ g). Por outro lado, não foi observada diferença estatística no peso corporal entre os camarões alimentados com a dieta Sg7+S9 ($10,47 \pm 0,15$ g) e a controle, S14 ($P > 0,05$, Tukey HSD).

4.2 Atratividade

Foi realizado um total de 275 comparações entre os ingredientes testes, sendo 32 dedicadas ao processo de validação interna do aquário. As avaliações duraram no total 39,0 h. Excluindo as comparações usadas na validação, em 10,5% das observações não houve nenhuma resposta alimentar por parte dos camarões (Tabela 9), sendo estes dados desconsiderados nas análises de atratividade. As avaliações com respostas alimentares positivas totalizaram 214 observações.

Na validação interna do aquário, os camarões apresentaram a mesma resposta positiva para ambos os lados do sistema (*i.e.*, esquerdo e direito). Portanto, não ficou estabelecida nenhuma influência quanto ao lado de posicionamento do ingrediente no aquário em relação à resposta alimentar dos camarões. No entanto, foi detectada uma diferença estatisticamente significativa ($P < 0,0001$; teste do X^2 , Qui-quadrado) quanto ao percentual de escolhas positivas dos ingredientes avaliados em relação à farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado (Tabela 9). As proteínas que exibiram um menor percentual de escolhas positivas foi o controle negativo, sem proteínas de origem animal, acompanhado da farinha de plasma de sangue suíno ultra-filtrado, farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada, e em menor grau, farinha de penas e vísceras de aves e farinha de sangue seca por pulverização. Destes ingredientes, tanto o controle negativo como a farinha de tilápia apresentou também um alto valor de rejeição, próximo ou acima de 10%.

As farinhas de carne e ossos, de penas e de vísceras de aves foram as que obtiveram os maiores percentuais de escolha positiva, igual ou superior a 50%. No entanto, destes, tanto a farinha de carne e ossos 40 como a farinha de carne e ossos 45 registraram rejeição, o que sugere uma deficiência na palatabilidade. Embora o percentual de respostas positivas da farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista não tenha se diferenciado estatisticamente destes ingredientes, a mesma também apresentou

rejeição. Ao se considerar a rejeição como fator preponderante na avaliação do ingrediente, pode-se afirmar que a farinha de penas e a farinha de vísceras de aves foram as que apresentaram melhor resposta alimentar entre todos os ingredientes avaliados.

Quando se analisou o tempo das diferentes respostas alimentares exibidas pelo *L. vannamei*, não foi detectada diferença estatisticamente significativa para os tempos de detecção e orientação (Gráfico 2; $P > 0,05$, teste t de *Student*). Em média, o tempo de detecção e orientação encontrado para a farinha de salmão foi de 110 e 42 segundos, respectivamente. Para os demais ingredientes, a média alcançada foi de 102 e 45 segundos, respectivamente. Foi apenas detectada diferença estatisticamente significativa no tempo de alimentação ao se comparar o controle negativo, a farinha de carne e ossos 40 e a farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada com a farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado (Gráfico 2; $P > 0,05$, teste t de *Student*). Ainda assim o resultado obtido com o controle negativo não foi coerente já que o mesmo demonstrou um maior tempo de alimentação em relação à farinha de salmão (684 versus 222 segundos, respectivamente). Os demais exibiram um tempo de alimentação estatisticamente inferior ao da farinha de salmão (400 versus 810 segundos para a farinha de carne e ossos 40 e a farinha de salmão, respectivamente; e, 535 versus 589 segundos para a farinha de resíduos de tilápia e farinha de salmão). Estes resultados corroboram com os percentuais de escolha positiva e rejeição observados neste estudo.

Tabela 9 - Número de comparações, percentual de escolha positiva e rejeição para cada ingrediente animal exposto ao camarão *L. vannamei* ($7,1 \pm 0,65$; $n = 273$) Cada comparação representa a resposta de um indivíduo exposto simultaneamente a duas dietas vegetais em um aquário em Y, uma contendo 3,0% do ingrediente avaliado e outra 3,0% de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado. Água com $29,8 \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ ($n = 273$) de temperatura, $36 \pm 0,8 \text{ g/l}$ ($n = 275$) de salinidade e $8,09 \pm 0,11$ ($n = 275$) de pH.

Ingrediente	Número de comparações ¹		Escolhas	
	Com resposta	Sem resposta	positivas (%)	Rejeições (%)
Negativo ²	25	4	28,0 a	12,0
Plasma ³	22	1	31,8 ab	0,0
Sangue ⁴	21	6	42,9 ac	0,0
C&O40 ⁵	22	2	57,1 c	4,8
Penas ⁶	21	1	57,1 c	0,0
C&O45 ⁷	20	1	50,0 c	9,1
Tilápia ⁸	22	9	31,8 ab	9,1
P&V ⁹	20	0	40,0 ac	0,0
Vísc ¹⁰	20	0	50,0 c	0,0
Respx ¹¹	21	1	47,6 bc	4,8
Qui-quadrado <i>P</i>	-	-	0,007	-

¹indica o número de comparações em que o camarão apresentou ou não resposta alimentar;

²controle negativo sem adição de ingredientes animais;

³farinha de plasma de sangue suíno ultra-filtrado e seco por pulverização;

⁴farinha de sangue seca por pulverização (*spray-dried*);

⁵farinha de carne e ossos 40;

⁶farinha hidrolisada de penas;

⁷farinha de carne e ossos 45;

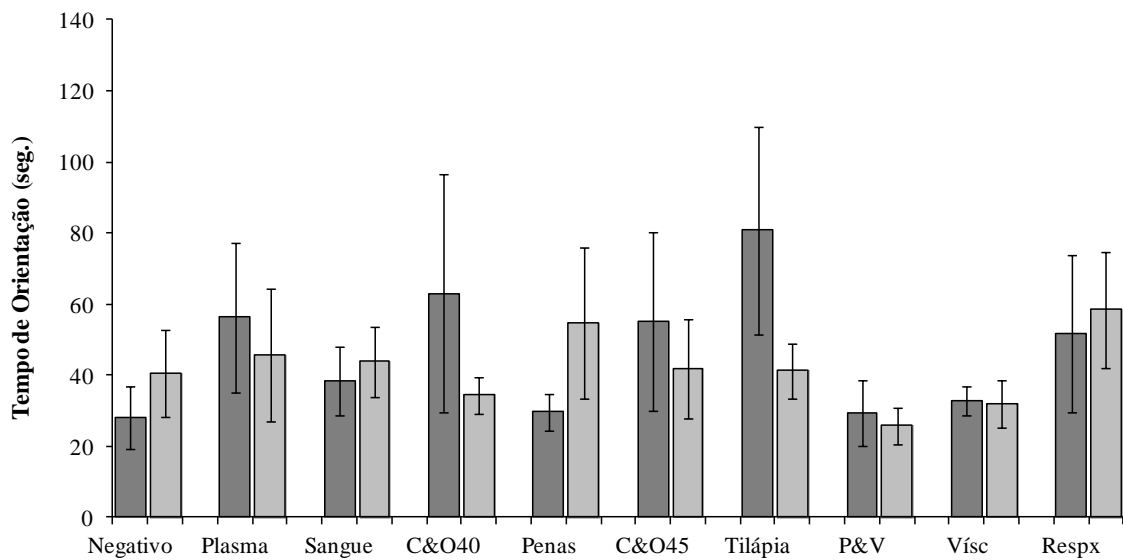
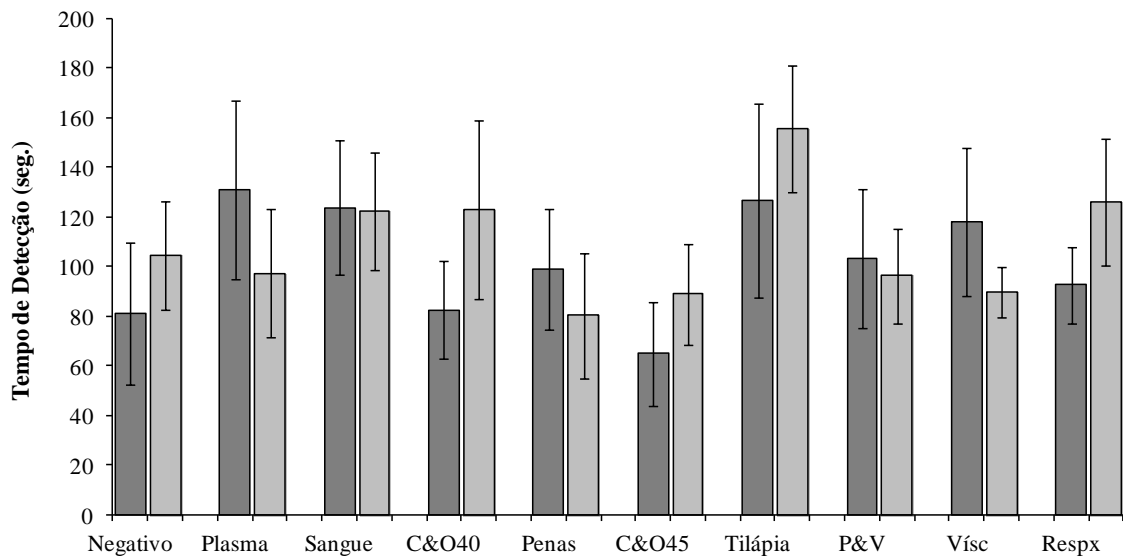
⁸farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada;

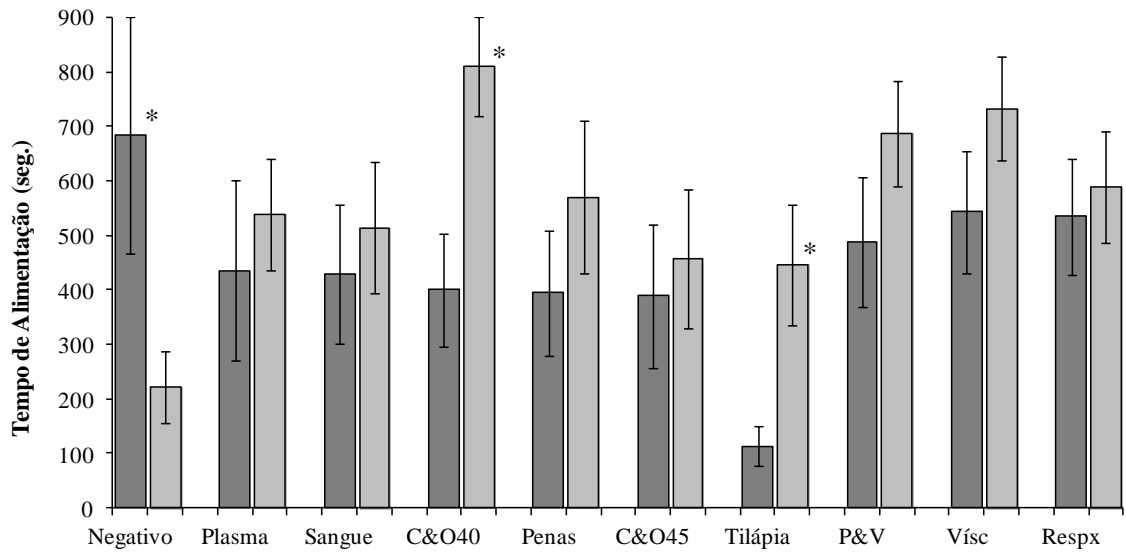
⁹farinha de penas e vísceras de aves;

¹⁰farinha de vísceras de aves (*feed grade*, destinada à alimentação animal);

¹¹farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista.

Gráfico 2 - Comparação do tempo de detecção, orientação e alimentação (em segundos) do camarão *L. vannamei* frente a diferentes ingredientes animais. Os dados são expressos como média \pm erro padrão das respostas positivas obtidas para cada ingrediente comparado a uma dieta com 3,0% de farinha de resíduos do processamento de salmão cultivado. Asterisco indica diferença estatística significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *t* de Student.





5 DISCUSSÃO

A composição nutricional dos subprodutos de origem animal pode variar entre produtores e até entre plantas de fabricação de uma mesma empresa. A falta de um padrão nutricional entre estes ingredientes dificulta a formulação de dietas balanceadas (CARVALHO, 2011). Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a substituição total da farinha de salmão por outros subprodutos de origem animal leva a um detrimento no desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei*. Porém, substituições parciais levaram a resultados mais próximos da dieta controle corroborando com outros estudos similares que utilizam subprodutos animais como ingredientes substitutos da farinha de peixe (FOSTER *et al.*, 2003; CRUZ-SUÁREZ *et al.*, 2007; HERNÁNDEZ *et al.*, 2008).

A dieta contendo 7,0% de inclusão da farinha de plasma de sangue suíno em substituição parcial da farinha de salmão (dieta PI7+S10) não melhorou o desempenho zootécnico do *L. vannamei*. Embora o plasma de sangue suíno seja um ingrediente comumente utilizado nas dietas para leitões visando para melhorar o desempenho zootécnico nas fases iniciais de desenvolvimento dos animais (MORÉS *et al.*, 2007), em dietas para camarões este ingrediente não é comumente empregado. Embora alguns parâmetros zootécnicos (*e.g.*, sobrevivência, ganho de produtividade, consumo alimentar e FCA) não tenham mostrado diferenças estatísticas com a dieta controle (*i.e.*, S14), tanto o crescimento como os pesos finais dos camarões caíram significativamente com o aporte de farinha de plasma.

Apesar da dieta PI7+S10 ter apresentado um perfil aminoacídico compatível com a dieta controle S14, a farinha de plasma de sangue suíno mostrou-se deficiente em metionina e com níveis excessivos de leucina, lisina e fenilalanina. Segundo Smith *et al.* (2000) uma porcentagem considerável de aminoácidos nas proteínas pode está disponível, ser absorvida pelos camarões, porém de uma forma não utilizável levando a uma baixa assimilação. Este problema é principalmente ocasionado pelas altas temperaturas que os ingredientes são submetidos durante seu processamento. No entanto, segundo o fabricante deste ingrediente, o mesmo foi seca por pulverização o que teoricamente não leva a perda de aminoácidos.

A dieta (Sg7+S9) contendo a 7,0% de farinha de sangue seca por pulverização apresentou o melhor resultado de desempenho zootécnico entre todas as dietas testadas. Ao se comparar o desempenho desta dieta em relação a controle (S14), com 14,37% de farinha de salmão, não se detectou diferença estatística em nenhum dos parâmetros avaliados, inclusive

crescimento e peso corporal final. Conforme relatado na literatura (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000) e confirmado no presente estudo, a farinha de sangue possui uma composição de aminoácidos desequilibrada, sendo rica em leucina e pobre em metionina e isoleucina. Na dieta Sg7+S9, o desequilíbrio aminoacídico foi superado com o aporte de 8,80% de farinha de salmão. Corroborando com presente estudo, Dominy e Ako (1988) também não verificaram efeitos deletérios no desempenho do camarão *L. vannamei* ao utilizarem 10,0% de inclusão dietética de farinhas de sangue produzidas mediante diferentes processos. Neste estudo, apenas ¼ de uma inclusão total de 45,0% de uma mistura marinha constituída por farinha de lula, camarão e peixe na proporção de 1:1:1 foi substituída pelas diferentes farinhas de sangue. Portanto, é provável que, similar ao presente estudo, à inclusão de 30,2 a 30,6% da mistura marinha em combinação com 10,0% de farinha de sangue nas dietas tenha proporcionado um equilíbrio no perfil nutricional das dietas. Em outro estudo, também não foi observado efeitos negativos no desempenho do *L. vannamei* quando alimentado com uma dieta contendo 2,5% de farinha de sangue seca por pulverização combinada com 20,0% de farinha de vísceras de aves, 2,0% de farinha de krill e suplementação com metionina cristalina (TACON *et al.*, 2010). Os autores relataram ainda que o uso de farinha de sangue proporcionou uma redução no custo da formula de 6,5%. No entanto, ao contrário do presente estudo, o trabalho de Tacon *et al.* (2010), foi realizado sem troca d'água, em área aberta, provavelmente com uma contribuição significativa do alimento natural para o crescimento dos camarões.

Quando a farinha de sangue é utilizada em combinação com outros ingredientes, os resultados de desempenho zootécnico são mais evidentes. Ye *et al.* (2011) testaram uma mistura de farinha de carne e ossos (30%), farinha de vísceras de aves (30%), glúten de milho (25%) e farinha de sangue (15%) como substituto da farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei*. Os pesquisadores concluíram que os melhores resultados foram alcançados quando esta mistura substituiu 35,7% da farinha de peixe em dietas com 33% de proteína bruta (PB) e de 51,4% em dietas com 38% PB.

No presente estudo, a farinha de sangue exibiu um bom poder de atratividade para o camarão *L. vannamei*. Na pesquisa feita por Nunes *et al.* (2006) demonstrou que a farinha de sangue também possui um baixa resposta alimentar e um alto nível de rejeição alimentar para o camarão *L. vannamei*. Embora estes resultados demonstraram que isoladamente a farinha de sangue não tem um bom poder de atratividade, no presente estudo este ingrediente foi combinado com 9,0% de farinha de salmão. Portanto, a de se considerar

os níveis de proteína marinha ou de atrativos na dieta ao se utilizar a farinha de sangue para o camarão *L. vannamei*.

No presente trabalho, as duas farinhas de carne e ossos avaliadas apresentaram uma composição aminoacídica distinta. A farinha de carne e ossos 45 (C&O45) apresentou um maior conteúdo de aminoácidos essenciais (AEE) e menor teor de cinzas comparado à farinha de carne e ossos 40 (C&O40), contudo ambos com um conteúdo de AEE inferior a farinha de salmão. Estes dois subprodutos mostraram os maiores valores de cinzas (34,7 e 41,8%) dentre todas as proteínas animais avaliadas, sugerindo uma grande quantidade de resíduos de ossos e conseqüente empobrecimento aminoacídico (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). Apesar da melhor qualidade nutricional do ingrediente C&O45 comparado com C&O40, os camarões alimentados com a dieta Ca13+S6 contendo este último, apresentaram um melhor desempenho zootécnico. Isto indica que o perfil aminoacídico deve se sobrepôr a formulação com base simplesmente na proteína bruta, já que a dieta Ca13+S6 apresentou um maior conteúdo de AEE comparado à dieta Cb18+S2.

Foster *et al.* (2003) em estudo com o camarão *L. vannamei* avaliaram três qualidades de farinha de carne e ossos. Os pesquisadores demonstraram que a farinha de peixe pode ser substituída em até 75% pela farinha de carne e ossos em dietas contendo 35% de proteína bruta sem causar efeitos negativos ao desempenho zootécnico da espécie. Entretanto, os autores alertaram quanto a grande variação nutricional destas proteínas animais. Os resultados da pesquisa também mostraram que digestibilidade da proteína da farinha de carne e ossos é inferior ao da farinha de peixe, porém este parâmetro não teve influência negativa sobre o desempenho dos animais.

Já Tan *et al.* (2005) concluíram em outro estudo que a farinha de carne e ossos pode substituir até 60% da farinha de peixe em dietas para o *L. vannamei* sem efeitos deletérios ao desempenho da espécie. Os autores constataram que em inclusões muito elevadas de farinha de carne e ossos, a metionina pode ser deficiente. Embora as exigências de todos os aminoácidos essenciais (AEE) não estejam ainda definidas para o *L. vannamei*, no caso do camarão *Penaeus monodon* reporta-se um valor de 0,9% da dieta para a metionina (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011). Ao se considerar este valor, deve levar em conta que a espécie *P. monodon* apresenta tendências alimentares mais carnívoras comparadas ao *L. vannamei*. Portanto é também de se esperar uma exigência mais baixa por AEE, inclusive metionina. No presente estudo, as dietas S14, T115 e Px19 foram as que apresentaram os valores mais elevados de metionina (0,68, 0,67 e 0,69% da dieta na base

seca, respectivamente) entre todas as dietas. Ao se utilizar a farinha de carne e ossos na inclusão de 18% (Cnb18+S2) o nível de metionina foi reduzido de 0,68% na dieta controle (S14) para 0,58%. Portanto, é possível que resultados mais animadores fossem alcançados, em termos de desempenho zootécnico, se a farinha de carne e ossos tivesse sido empregada com uma suplementação de aminoácidos cristalinos ou de proteínas marinhas, como hidrolisados. Segundo Hernández *et al.* (2011) o aporte de 5% de farinha hidrolisada da cabeça de atum possibilitou uma melhora no desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei* em dietas contendo 27,60% de farinha de carne de suínos. Neste caso, a farinha hidrolisada de cabeça de atum proporcionou uma maior atratividade, digestibilidade proteica e elevou o perfil de aminoácidos na dieta. Ao se analisar a atratividade dos ingredientes foi constatado um percentual de escolhas positivas semelhantes para a C&O40 (40,9%) e a C&O45 (55,0%) e rejeições de 4,35 e 8,69% respectivamente. Embora o último seja aparentemente mais atrativo, o consumo alimentar foi mais elevado na dieta Ca13+S6 que continha 6,32% de C&O40 e 12,95% de farinha de salmão. O alto aporte de farinha de salmão pode ter contribuído para o maior consumo alimentar da dieta Ca13+S6 em comparação a dieta Cb18+S2. Nunes *et al.* (2006) encontraram valores semelhantes ao presente estudo para as escolhas positivas (54,5%) e rejeições (8,3%) do camarão *L. vannamei* a farinha de carne e ossos, além de um tempo de alimentação do animal ser compatível com o observado no presente estudo.

No presente estudo, a farinha hidrolisada de penas aportou mais proteína bruta na dieta Pn14+S4 do que a própria farinha de salmão na dieta S14. No entanto, mesmo com uma inclusão de 3,98% de farinha de salmão na dieta Pn14+S4, o balanço aminoacídico deste dieta mostrou-se inadequado. Com isto, embora os resultados de sobrevivência, ganho de produtividade, crescimento e FCA não tenham se diferenciado da dieta controle, S14, os camarões apresentaram uma redução no peso corporal na despesca. Comparativamente, no estudo de Medonza *et al.* (2001), os pesquisadores conseguiram aportar 20% de uma mistura de farinha hidrolisada de penas co-extrudado ao farelo de soja (proporção 2:1) sem causar detrimento no desempenho do camarão *L. vannamei*. No entanto, diferente do presente estudo, os autores realizaram o cultivo em condições que simulavam um viveiro comercial, utilizando dietas contendo entre 10,5 a 14,6% de farinha de peixe e 4,3% de farinha de camarão. Estas condições devem ter suprido eventuais deficiências nutricionais das dietas ocasionadas pelo uso da farinha de penas.

No presente estudo, a digestibilidade em pepsina da farinha de penas foi a menor entre todos os ingredientes animais avaliados. O ingrediente também apresentou valores muito elevados de cistina o que está de acordo com o reportado na literatura. Sabe-se que a matéria-prima usada na fabricação da farinha de penas necessita de um processamento correto (pressão e temperatura ideais) para melhorar sua digestibilidade (EYNG *et al.*, 2012). As penas possuem níveis elevados de cistina ligados por pontes de dissulfeto à queratina, o que torna a digestibilidade da sua proteína baixa. Isto requer um tratamento térmico correto, sendo que o excesso ou a insuficiência de calor causa uma redução na qualidade da proteína (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000; MORITZ; LATSHAW, 2001). Scapim *et al.* (2003), ao analisar farinhas de penas com diferentes formas de processamento obtiveram valores superiores a 50% de digestibilidade em pepsina, enquanto que na farinha de penas avaliada foi de 11,1%. Ao contrário dos resultados de desempenho, os camarões quando expostos a dieta contendo farinha hidrolisada de penas não demonstraram rejeição sendo o percentual de escolhas positivas de 57,1%. Suresh, Vasagan e Nates (2010) mostraram em estudo similar com o *L. stylirostris* que a farinha hidrolisada de penas também promove boas respostas alimentares.

No presente estudo, a substituição total da farinha de salmão pela farinha de resíduos da filetagem de tilápia cultivada (dieta Til15) levou a uma queda significativa no desempenho zootécnico do camarão *L. vannamei*, principalmente em termos de crescimento, FCA e peso corporal final. A farinha de tilápia usada no estudo apresentou um conteúdo de aminoácidos essenciais (AEE) um pouco inferior à farinha de salmão, contudo compatível com a farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista. No entanto, a dieta Til15 exibiu um perfil de AEE compatível com a dieta controle S14. Tanto o perfil centesimal, de AEE, como o de frescor (nível de peróxidos) e digestibilidade em pepsina mostrou-se dentro do adequado para a farinha de tilápia não sendo possível estabelecer uma relação entre estas características nutricionais e o baixo desempenho proporcionado por este ingrediente. Boscolo *et al.* (2005) obteve êxito no desempenho zootécnico da tilápia quando aportaram 20% de farinha de resíduos de tilápia cultivada em uma dieta para alevinos na fase de reversão sexual. No presente estudo, ficou claro que a farinha de tilapia apresentava um baixo poder de atratividade combinada com uma elevada rejeição. Os principais componentes que estimulam a alimentação dos crustáceos são pequenas substâncias químicas solúveis em água, tais como aminoácidos, sobretudo glicina, taurina, arginina, ácido glutâmico e alanina, pequenos peptídeos, aminas e nucleotídeos (LEE; MEYERS, 1997). Estes componentes estão

em níveis mais elevados de disponibilidade em proteínas de origem marinha (SMITH *et al.*, 2005). Como a dieta Til15, contendo farinha de tilápia, não possuía ingredientes marinhos que poderiam auxiliar na sua atratividade, o consumo alimentar dos camarões foi reduzido, o que pode ter levado aos baixos índices de desempenho zootécnico observados com esta dieta.

No presente estudo, as duas farinhas de vísceras de aves (V&P e Vísc) usadas no estudo são geralmente comercializadas com distinção apenas no seu conteúdo de proteína, sem ser caracterizada a sua composição em relação quantidade aportada de penas. No entanto, a farinha de penas e vísceras de aves (P&V) e a farinha de vísceras de aves, grau alimentação animal (Vísc), apresentaram um perfil nutricional bastante distinto. Com relação ao perfil de AEE, a P&V mostrou valores mais elevados comparado a Vísc, com exceção da lisina e metionina. Comparado à farinha de salmão, ambos os ingredientes apresentaram um conteúdo de AEE mais baixo. Lisina, arginina e metionina são, geralmente, aminoácidos essenciais mais limitantes nas dietas para camarão (FOX; LAWRENCE; LI-CHAN, 1995).

Os animais alimentados com a dieta V16 contendo a farinha de vísceras de aves, sem penas, apresentaram um desempenho zootécnico compatível à dieta controle (S14), exceto em relação ao peso corporal final que se apresentou semelhante às dietas com substituições parciais da farinha de salmão. Já que a dieta V16 adotou uma substituição total da farinha de salmão, uma reposição parcial poderia ter proporcionado melhores resultados em relação ao peso corporal alcançado pelos camarões Davis e Arnold (2000), por exemplo, conseguiu substituir 80% da farinha de peixe por uma farinha de vísceras aves de alta qualidade, produzida por secagem rápida pneumática (*flash-dried*). Os autores obtiveram uma maior ganho de peso e eficiência alimentar no *L. vannamei* aportando 21,6% de farinha de vísceras de aves na dieta comparada com outra dieta contendo 30% de farinha de peixe.

Para uma substituição total da farinha de peixe pela farinha de víscera de aves deve haver uma suplementação nutricional, como ocorreu no estudo realizado por Samocha *et al.* (2004). Os autores observaram resultados positivos no desempenho zootécnico do *L. vannamei* quando substituíram 100% da farinha de peixe por farinha de vísceras de aves co-extrusada com farelo de soja e com suplementação com ovos (aporte de 39,3%) comparada a uma dieta controle com 30,0% de farinha de peixe. A substituição também permitiu uma redução no custo de formulação da dieta.

No presente trabalho, os camarões alimentados com a dieta que continha farinha de vísceras de aves e penas (P&V) apresentaram os piores índices zootécnicos dentre todas as dietas avaliadas. A origem e nível de frescor da matéria prima utilizada na confecção deste

ingrediente pode ter interferido negativamente na sua qualidade nutricional (Hardy, 1996) já que o mesmo apresentou um nível de peróxidos de 65,6 meq de O₂/kg. Um nível elevado de peróxidos ocorre pela oxidação dos ácidos graxos do ingrediente, levando a formação de compostos tóxicos que interferiram no desempenho zootécnico do animal (JACKSON; KEER; COWEY, 1984). Além disso, a alta quantidade de penas na composição do ingrediente pode ter dificultado a digestão de proteína e aminoácidos essenciais pelos camarões. No presente trabalho, os menores níveis de digestibilidade em pepsina foram observados para farinha hidrolisada de penas e P&V.

O comportamento alimentar do *L. vannamei* quando exposto as dietas contendo os ingredientes derivados de aves não interferiu no desempenho zootécnico, já que as escolhas positivas dos camarões foram similares aos observados para dieta controle S14. Também não foi detectado nenhuma rejeição alimentar aos ingredientes P&V e Vísc. O comportamento alimentar dos crustáceos é mais estimulado por pequenas partículas solúveis em água, componentes nitrogenados, principalmente aminoácidos e nucleotídeos (DERBY; SORENSEN, 2008). Suresh, Nates e Vasagan (2011) mostraram em seu estudo com o camarão *L. stylirostris* exposto a dietas compostas por subprodutos animais que a farinha de aves possui um perfil bioquímico moderadamente inferior apenas à farinha de anchoveta. Estes autores constataram que as duas farinhas de aves avaliadas foram mais atrativas do que os outros subprodutos de origem de animais terrestres.

O desempenho zootécnico dos camarões alimentados com a dieta Px19 contendo 18,67% de farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista (Respx) foi inferior até mesmo à dieta V16 contendo farinha de vísceras de aves. Os subprodutos da pesca e resíduos do processamento de peixes marinhos possuem um teor proteico e lipídico menor, combinado com um elevado conteúdo de cinzas quando comparado às farinhas de peixe de primeira qualidade (GODDARD; AL-SHAGAA; ALI, 2008). Esta observação corrobora com o observado no presente estudo, ao se comparar Respx com a farinha de salmão. Li *et al.* (2004) demonstraram que algumas fontes proteicas feitas a partir de descartes da pesca e do resíduo do processamento de peixes capturados são deficientes em alguns nutrientes essenciais. Quando empregado em níveis de substituições elevados (50 e 100% de substituição da proteína bruta total da dieta), levou a efeitos negativos no desempenho zootécnico da corvina, *Sciaenops ocellatus* (LI *et al.*, 2004). Os autores sugeriram como alternativa uma melhoria nas técnicas de processamento destes subprodutos, um aumento no balanço e disponibilidade de aminoácidos e na sua palatabilidade para melhor

uso em rações para peixes. Ao contrário das farinhas feitas a partir do resíduo de peixes, as farinhas de peixe oriundas de peixes inteiros contêm uma grande quantidade de proteína muscular, sendo de melhor qualidade devido à alta digestibilidade proteica e equilíbrio dos aminoácidos indispensáveis na sua composição (WHITEMAN; GATLIN, 2005). Os níveis elevados de cinzas na farinha de resíduos da filetagem de peixes marinhos da pesca extrativista (Respx), avaliado no presente estudo, sugerem que sua composição continha grande quantidade de resíduos de ossos, oriundo da cabeça ou espinha de peixes. Um dos obstáculos que compromete a qualidade das farinhas de resíduos de peixes são os atrasos na entrega dos resíduos da pesca ou das plantas de processamento de peixes para as fabricas produtoras das farinhas. Esta condição reduz o frescor da farinha e resulta na formação de aminas biogênicas. A histamina quando em altas concentrações pode causar anomalias nos tratos digestivos de animais cultivados (HARDY, 1996). Outro aspecto a ser levado em consideração é a digestibilidade do ingrediente. Albrektsen, Mundheim e Aksnes (2006) estudando o efeito da qualidade de farinha de peixe em dietas para o bacalhau, *Gadus morhua*, observaram que a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos foram reduzidos nas dietas contento a farinha de peixe de qualidade inferior. Do ponto de vista da atratividade, o uso da Respx não apresentou um alto nível de rejeição alimentar ao *L. vannamei*, embora tenha sido menos atrativo comparado a ingredientes animais de origem terrestre. Isto, no entanto, contrasta os resultados obtidos por Nunes *et al.* (2006) que observaram que a farinha de peixe nacional apresentava um alto nível de atratividade para o *L. vannamei*, superior a proteínas de animais terrestres, como a farinha de sangue e a farinha de carne e ossos. Geralmente os componentes químicos que atuam como atratores a células receptoras dos crustáceos se encontram em maiores concentrações em proteínas de origem marinha (SMITH *et al.*, 2005).

6 CONCLUSÃO

- ✓ Os subprodutos avaliados são nutricionalmente inferiores e aparentemente menos palatáveis comparados à farinha de salmão, principalmente em relação ao conteúdo e balanceamento de aminoácidos essenciais.
- ✓ A qualidade dos subprodutos mostrou-se inadequada em alguns casos, em especial quanto ao nível elevado de cinzas e gordura e ao frescor dos lipídeos.
- ✓ Com o estudo pode-se afirmar que a substituição total da farinha de salmão pelos subprodutos animais leva, em graus variados, a efeitos deletérios no desempenho zootécnico do *L. vannamei*
- ✓ As substituições parciais apresentaram-se menos impactantes do ponto de vista zootécnico.
- ✓ A farinha de sangue seca por pulverização e a farinha de vísceras de aves mostraram-se, dentro dos níveis de inclusão adotados, como os ingredientes mais recomendados para substituições parciais e totais da farinha de peixe, respectivamente, em dietas para juvenis do camarão *L. vannamei*.
- ✓ No uso destas proteínas animais em rações para camarões deve-se considerar a suplementação de aminoácidos cristalinos e palatabilizantes de forma a suprir eventuais deficiências apresentados por estes ingredientes.

REFERÊNCIAS

ALBREKTSSEN, S.; MUNDHEIM, H.; AKSNES, A. Growth, feed efficiency, digestibility and nutrient distribution in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed two different fish meal qualities at three dietary levels of vegetable protein sources. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, n. 2, p. 626–640, 2006

ANDRIOLA-NETO, F. F. **Redução no uso de farinha de peixe em dietas suplementadas com atratores alimentares para cultivo do camarão branco, *Litopenaeus vannamei***. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18^o ed. HORWITZ, W.; LATIMER, G.W. (Eds.). Gaithersburg: AOAC International, 2005.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. *In*: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), 2001. p. 167-190.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 539–545, 2002.

BOSCOLO W. R.; HAYASHI C.; MEURER F.; FEIDEN A.; BOMBARDELLI R. A.; REIDEL, A. Farinha de resíduos da filetagem de tilápias na alimentação de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1807–1812, 2005.

BOSCOLO W. R.; HAYASHI C.; FEIDEN A.; MEURER F.; SIGNOR, A. A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2579-2586, 2008.

BRANCO, J. O. **Biologia do *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeidae), análise da fauna acompanhante e das aves marinhas relacionadas a sua pesca, na região**

de Penha, SC, Brasil. 1999. 147 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

BRANCO, J. O.; VERANI, J. R. Pesca do camarão sete-barbas e sua fauna acompanhante, na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. *In:* Branco, J. O.; MARENZI, A. W. C. (Org.). **Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudo de caso em Penha, SC.** Editora da Univali: Itajaí, 2006. p. 153-170.

CARVALHO, R. A. P. L. F. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação para estudos sobre digestibilidade em condições de alto desempenho para camarões marinhos: avaliação de ingredientes protéicos alternativos à farinha de peixe em diferentes níveis de inclusão em dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei*.** 2011. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Biológica), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações); Campinas: CBNA/SDR/MA, 2009. 371 p.

COSTERO, M.; MEYERS, S. P. Evaluation of chemoreception by *Penaeus vannamei* Boone under experimental conditions. **The Progressive Fish-Culturist**, Londres, v. 55, n.3, p. 157-162, 1993.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Indicadores IBGE – estatísticas da produção pecuária – junho de 2012.** Brasília: IBGE, 2012a. 35 p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2010.** Brasília: MPA, 2012b. 128 p.

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, n. 1–4, 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, n. 3–4, p. 291–298, 2000.

DERBY, C. D.; SORENSEN, P. W. Neural processing, perception and behavioral responses to natural chemical stimuli by fish and crustaceans. **Journal of Chemical Ecology**, v. 34, n. 7, p. 898–914, 2008.

DOMINY, W.G.; AKO, H. The utilization of blood meal as a protein ingredient in the diet of the marine shrimp *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 289–299. 1988.

EYNG, C.; NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H., S.; ALBINO, L., F., T.; NUNES, C., G., V.; POZZA, P. C. Composição química e aminoacídica e coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de farinhas de penas e sangue determinados em galos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 80–85, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2012. **The state of the world fisheries and aquaculture 2012**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 209 p.

FOSTER, I. P.; DOMINY, W.; OBALDO, L.; TACON, A. G. J. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 219, n. 1–4, p. 655–67, 2003.

FOX J. M.; LAWRENCE A. L.; LI-CHAN, E. Dietary requirement for lysine by juvenile *Penaeus vannamei* using intact and free amino acid sources. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 131, n. 3–4, p. 279–290, 1995.

GALAN, G. L. **Farinha de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas para coelhos: desempenho, perfil lipídico, composição química e resistência óssea**. 2010. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

GATLIN III, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.; HARDY, R. W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E. J.; STONE, D.; WILSON, R.;

WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, Singapura, v. 38, n.6, p. 551–579, 2007.

GODDARD, S.; AL-SHAGAA, G.; ALI, A. Fisheries by-catch and processing waste meals as ingredients in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, Singapura, v. 39, n. 5, p. 518–525, 2008.

LOPES, R.G. **A pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri heller* (1862) e sua fauna acompanhante no litoral do Estado de São Paulo**. 1996. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

HARDY R. W.; SEALEY W. M.; GATLIN III, D. M. Fisheries by-catch and by-product meals as protein sources for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Singapura, v. 36, n. 3, p., 393–400, 2005.

HARDY, R. W. Alternate protein sources for salmon and trout diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p. 71–80, 1996.

HERNÁNDEZ, C.; OLVERA-NOVOA, M. A.; AGUILAR-VEJAR, K.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, B.; 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, n. 2–3, p. 244–250, 2008.

HERNÁNDEZ, C.; OLVERA-NOVOA, M. A.; SMITH, D. M.; HARDY, R. W.; GONZÁLEZ-RODRÍGUES, B. Enhancement of shrimp *Litopenaeus vannamei* diets based on terrestrial protein sources via the inclusion of tuna by-product protein hydrolysates. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 317, n. 1–4, p. 117–123, 2011.

HERTRAMPF, J. W.; PIEDAD-PASCUAL, F. **Handbook on ingredients for aquaculture feeds**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 573 p.

INFORMAÇÕES SOBRE A FARINHA DE SALMÃO AVALIADA. Disponível em: <<http://www.pesquerapacificstar.cl/spanish/inicio.html>>. Acesso em: 15 novembro 2011.

JACKSON, A.; ALDON, F. How much fish is consumed in aquaculture. IFFO offers updated FIFO calculation method. **Global Aquaculture Advocate**, St. Louis, v. 16, n. 1, p. 28–30, 2013.

JACKSON, A. J.; KEER, A. K.; COMWEY, C. B. Fish silage as a dietary ingredient for salmon. I. nutritional and storage characteristics. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 211–220, 1984.

LEE, P.G. Chemotaxis by *Octopus maya* Voss et Solis in a Y-maze. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Amsterdam, v. 153, n. p. 53-67, 1992.

LEE, P. G.; MEYERS, S. P. Chemoattraction and feeding stimulation in crustaceans. **Aquaculture Nutrition**, Singapura, v. 2, n. 3, p. 157-164, 1996.

LEE, P.G.; MEYERS, S.P. Chemoattraction and feeding stimulation. *In*: D'Abramo, L. R., Conklin, E.; Akiyama, D. M. (Eds). **Crustacean Nutrition**. The World Aquaculture Society: Baton Rouge, 1997. p. 292-352.

LI, P.; WANG, X.; HARDY, R. W.; GATLIN III, D. M. Nutritional value of fisheries by-catch and by-product meals in the diet of red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 236, n. 1–4, p. 485–496, 2004.

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**, Singapura, v. 43, n. 8, p. 1223–1231, 2012.

MENDOZA, R.; MONTEMAYOR, J.; VERDE, J. Biogenic amines and pheromones as feed attractants for the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture Nutrition**, Singapura, v. 3, n. 3, p. 167-173, 1997.

MENDOZA, R.; DIOS, A.; VAZQUEZ, C.; CRUZ, E., RICQUE, D., AGUILERA, C., MONTEMAYOR, J. Fishmeal replacement with feather-enzymatic hydrolyzates co-extruded with soya-bean meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, Singapura, v. 7, n. 3, p.143-151, 2001.

MORÉS N.; RANGEL L. F. S.; AMARAL A. L.; ZANELLA J. C.; ZANCANARO M.; LIMA G. J. M. M.; COLDEBELLA A.; LIMA E. S.; MIELE, M. Uso do plasma sanguíneo produzido em sistema de spray dry (PLASMA) na prevenção da circovirose suína. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 35 (Supl.), p. S209-S219, 2007.

MORITZ, J. S.; LATSHAW, J. D. Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. 79–86, 2001.

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

NGUYEN, H. T., PÉREZ-GÁLVEZ, R.; BERGÉ, J. P. Effect of diets containing tuna head hydrolysates on the survival and growth of shrimp *Penaeus vannamei*. **Aquaculture, Amsterdam**, v. 324–325, p. 127–134, 2012.

NIU, H.; CHANG, J.; GUO, S.; XIE, Z.; ZHU, A. Effects of spray-dried blood cell meal with microencapsulated methionine substituting fish meal on the growth, nutrient digestibility and amino acid retention of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, Singapura, v. 42, n. 4, p. 480–489, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2011, 376 p.

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, n. 1–2, p. 133-151, 2000.

NUNES, A. J. P., SA, 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. 1–4, p. 244–254, 2006.

PASTORE, C. G. P.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S., NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. *In*: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Eds.). **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p. 295–346.

PITTET, A. O.; ELLIS, J. C.; LEE, P. G. Methodology for the identification and quantitative measurement of chemical stimulants for penaeid shrimp. **Aquaculture Nutrition**, Singapura, v. 2, n. 3, p. 175–182, 1996.

ROSTAGNO H. S.; ALBINO L. F. T.; GOMES P. C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA A. S.; BARRETO S. L. T.; EUCLIDES R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

SAMOCHA, T. M.; DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; DEBAULT, K. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, n. 1–4, p.197–203, 2004.

SCAPIM, M. R. S.; LOURES, E. G.; ROSTAGNO, H.; CECON, P. R.; SCAPIM, C. A. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 91–98, 2003.

SMITH, D. M.; ALLAN G. L.; WILLIAMS, K. C.; BARLOW, C. G. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. *In*: CRUZ-SUÁREZ, L. E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; OLVERA-NOVOA, M. A.; CIVERA-CERECEDO, R. (Eds.). MEMORIAS DEL QUINTO SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, 19-22 novembro 2000. Mérida, Yucatán, México. **Anais...**Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2000. p. 277–286.

SMITH, D.M.; TABRETT, S.J.; BARCLAY, M.C.; IRVIN, S.J. The efficacy of ingredients included in shrimp feeds to stimulate intake. **Aquaculture Nutrition**, Singapura, v. 11, n. 4, p. 263–271, 2005.

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 by product meal. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 319, n. 1–2, p. 132–140, 2011.

TACON, A. 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, n. 1–4, p. 146–158, 2008.

TACON, A. G. J.; METIAN, M.; HASAN, M. R. **Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: sources and composition**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. n. 540. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. 209 p.

TACON A. G. J.; CAHYONO, E. W.; SUGEMA, U. U. S.; ZAUDJAT, C.; NATES, S. Replacement of fishmeal and marine proteins in practical diets for Pacific white shrimp using terrestrial land animal proteins. **AQUA CULTURE Asia Pacific Magazine**, Singapura, v. 6, n. 3, p.12–17, 2010.

TAN, B.; MAI, K.; ZHENG, S.; ZHOU, Q.; LIU, L.; YU, Y. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, Singapura, v. 36, n. 5, p. 439–444, 2005.

VAN DIJKA, A. J.; EVERTS, H.; NABUURS, M. A.; MARGRY, R. J. C. F.; BEYNEN, A. C. Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 68, n. 2–3, p. 263–274, 2001.

WHITEMAN K. W.; GATLIN D. M. Evaluation of fisheries by-catch and by-product meals in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* L. **Aquaculture Research**, Singapura, v. 36, n. 16, p. 1572–1580, 2005.

YE, J-D.; WANG, K.; LI, F-D.; SUN, Y-Z.; LIU, X-H. Incorporation of a mixture of meat and bone meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish meal in practical diets of Pacific White shrimp *L. vannamei* at two dietary protein levels. **Aquaculture Nutrition**, Singapura, v. 17, n. 2, p. e337–e347, 2011.

ZIMMER-FAUST, R. K.; TYRE, J. E.; MICHEL, W. C.; CASE, J. F. Chemical mediation of appetitive feeding in a marine decapod crustacean: the importance of suppression and synergism. **The Biological Bulletin**, v. 167, n. 2, p. 339–353, 1984

ZIMMER-FAUST. R. K. Crustacean chemical perception: towards a theory on optimal chemoreception. **The Biological Bulletin**, v. 172, n. 1, p. 10–29, 1987.