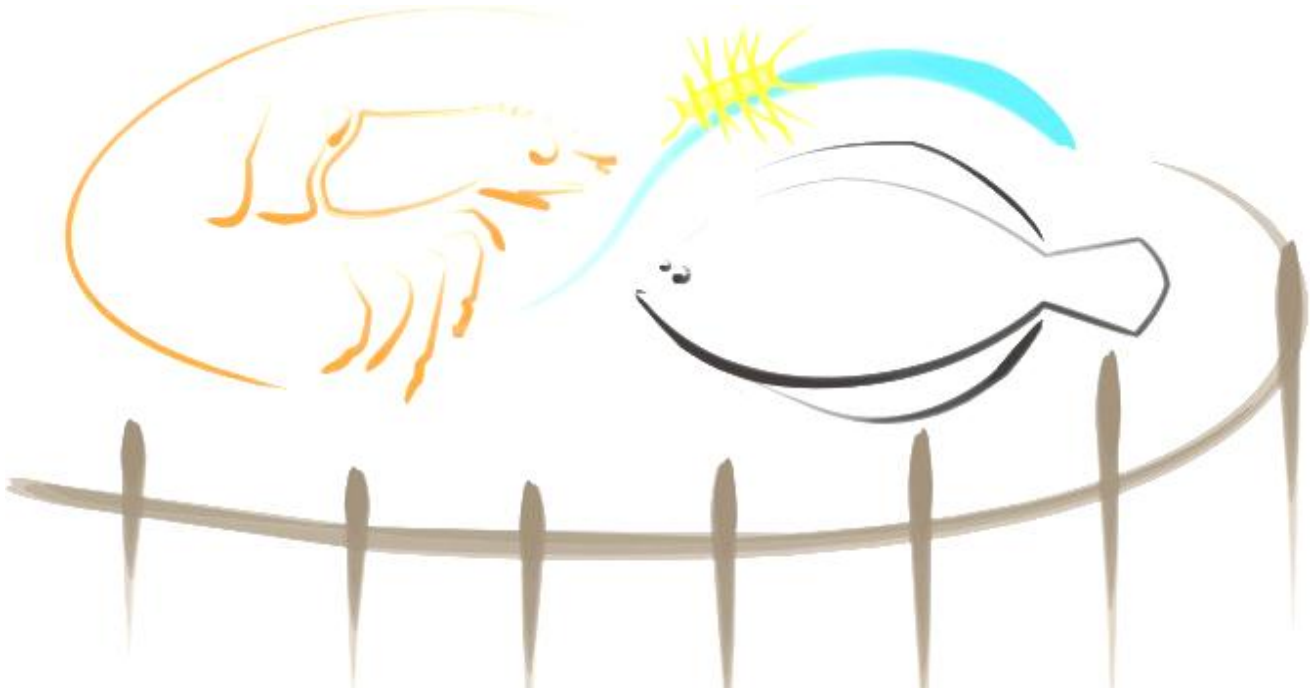


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE POR FARINHA E ÓLEO  
DE ORIGEM VEGETAL EM RAÇÕES UTILIZADAS NA FASE DE ENGORDA DO  
CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*, EM SISTEMAS DE BIOFLOCOS  
(BFT)

Hernando Manuel Noble Camaño

RIO GRANDE, RS.

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE POR FARINHA E ÓLEO  
DE ORIGEM VEGETAL EM RAÇÕES UTILIZADAS NA FASE DE ENGORDA DO  
CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*, EM SISTEMAS DE BIOFLOCOS  
(BFT)

Hernando Noble Camaño

Dissertação apresentada como  
parte dos requisitos para  
obtenção do grau de Mestre em  
Aquicultura no Programa de  
Pós-Graduação em Aquicultura  
da Universidade Federal do Rio  
Grande.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcelo Borges Tesser

Co-orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Wilson Wasielesky

RIO GRANDE, RS, BRASIL.

2014

## ÍNDICE

Resumo.....	6
Abstract.....	7
Introdução geral.....	8
Objetivos geral e específico.....	16
Referências bibliográficas.....	17
Artigo Anexo.....	26
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	31
Resultados.....	37
Discussão.....	39
Conclusão.....	42
Referências Bibliográficas.....	43

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, principalmente pela oportunidade de estudo no Brasil, pela vida e pela nossa existência,

Ao Tesser, meu orientador, que tanto incomodei agradecido pela ajuda para alcançar este logro proposto em minha vida.

Ao professor Mano, pela oportunidade de trabalhar em sua área, e pela ajuda como co-orientador ao longo do mestrado, e seus bons conselhos profissionais e companheirismo.

Meu pai, Capes, CNPq e EMA pelo esforço econômico, em todo este tempo de estudo.

Minha família, pela ajuda anímica, entre eles meus irmãos, tio sobrinhos, primos etc.

À Paola, minha enamorada pelo apoio acadêmico e anímico ao longo do mestrado, em especial no final, minha filha celeste.

Aos professores em geral do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, obrigado pela ajuda.

Aos meus companheiros de estudo, em especial ao Alexandro pela ajuda durante o tempo do experimento, ao Plínio, Danilo Enamorado, Fabiane Serra, Camu, Leonardo Rocha, Eduardo Martins etc.

A os vigilantes pelas ajudas noturnas, ao Sandro pela ajuda em as medições dos parâmetros físico-químicos.

## RESUMO

A farinha e o óleo de peixe são as principais fontes proteicas e lipídicas em rações para aquicultura. No entanto, o preço da farinha e óleo de peixe tem mantido altos nos últimos anos. O uso da farinha e do óleo de peixe, e os possíveis produtos, para sua substituição, nas dietas para camarões é um assunto de ampla pesquisa, dirigida à procura de ingredientes proteicos e lipídicos, com disponibilidade, que não afetem o desenvolvimento zootécnico dos animais. Este experimento teve como objetivo avaliar o efeito da substituição da farinha e do óleo de peixe, pelo concentrado proteico de soja e óleo de soja, no crescimento, sobrevivência, e análises proximal dos camarões (*Litopenaeus vannamei*) produzidos em sistemas bioflocos (BFT). O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Foram formuladas cinco dietas, isoprotéicas e isoenergéticas, com diferentes níveis de substituição da farinha e do óleo de peixe por concentrado proteico de soja e óleo de soja, sendo os tratamentos designados como: 0% (sem substituição, dieta controle), 25%, 50%, 75% e 100%. As rações foram feitas para conter aproximadamente 35% de proteína bruta, 8% de lipídios e 4200 Kcal/Kg de energia bruta. O experimento foi conduzido em um sistema de recirculação de água em um período de 35 dias, com juvenis de *L. vannamei* com peso inicial de  $(3,47 \pm 0,19\text{g})$ . Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos até 75% de substituição para as variáveis de taxa de crescimento específico, ganho de peso, ganho de peso semanal, taxa de conversão alimentar e a sobrevivência. Por outro lado, o tratamento de 100% de substituição apresentou menor peso final e biomassa final quando comparado com os demais tratamentos. O presente resultado sugere que nas dietas para camarões criados em sistema biofloco a farinha e óleo de peixe podem ser substituídos em até 75% por concentrado proteico de soja e óleo de soja, sem prejudicar o desenvolvimento dos animais, mostrando ser uma alternativa econômica e amigável com o meio ambiente.

Palavras-chave: camarão marinho, substituição farinha e óleo de peixe, concentrado proteico de soja, óleo de soja.

## ABSTRACT

Fishmeal and fish oil are the main protein and lipid sources in aquaculture feed. However, the price of fish meal and oil is kept high in recent years. The use of fishmeal and fish oil, and possible products for their replacement in diets for shrimp is a subject of extensive research, aiming for protein and lipid ingredients with availability without hampering the animal performance. This experiment aimed to evaluate the effect of replacing fishmeal and fish oil by soybean protein concentrate and soybean oil on growth, survival, and proximal analyzes of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) produced in bioflocos systems (BFT). The experiment was conducted at the Marine Aquaculture Station (EMA) of the Federal University of Rio Grande (FURG). Five diets were formulated to be isonitrogenous and isoenergetic with different levels of substitution of fishmeal and fish oil by soybean protein concentrate and soybean oil, with the treatments described as: 0% (without substitution, control diet), 25%, 50%, 75% e 100%. The diets were designed to contain approximately 35% crude protein, 8% fat and 4200 kcal / kg gross energy. The experiment was conducted in a recirculation water system over a period of 35 days, with juveniles of *L. vannamei* with initial weight of  $(3.47 \pm 0.19\text{g})$ . No significant differences between treatments were found up to 75% substitution for the variables of specific growth rate, weight gain, weekly weight gain, feed conversion ratio and survival. On the other hand, the 100% substitution treatment showed lower final weight and final biomass when compared with other treatments. This result suggests that fishmeal and fish oil can be replaced up to 75% by soybean protein concentrate and soybean in diets for shrimp produced in BFT system without harming the development of animals, proving to be an economical and friendly alternative with the environment.

Keywords: marine shrimp, fishmeal and fish oil substitution, soybean protein concentrate, soybean oil.

## INTRODUÇÃO GERAL

### PRODUÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*

Nos últimos doze anos a produção mundial de alimentos procedentes da aquicultura cresceu 6,2% anualmente, sendo menor que nos períodos do 1980-1990 e 1990-2000, que foi de 10,8% e 9.5% respectivamente. A produção aquícola mundial no ano 2012 foi de 66,6 milhões de toneladas e desta quantidade, 6,4 milhões de toneladas corresponde à criação de crustáceos, sendo a espécie *Litopenaeus vannamei* a predominante na produção (FAO, 2014). Em 2010, a produção de *L. vannamei* representou 71,8% da produção mundial de todas as espécies de camarões marinhos, sendo Ásia o maior produtor com 76,2%. Pelo volume de produção, esta espécie de crustáceo é considerada a que possui maior êxito na aquicultura internacional (Sookying et al., 2013).

A sustentabilidade da carcinicultura (criação de crustáceos) tem sido questionada por ser uma atividade que utiliza intensamente os recursos naturais, devido ao desmatamento de mangues para construção de viveiros, ao uso de grandes volumes de água, a descarga de efluentes, o uso de antibióticos, a transmissão de doenças e o uso da farinha e óleo de peixes nas rações (Goodness-Reantaso et al., 2005; Goodness-Reantaso & Subasinghe, 2008; Josupeit, 2010). Devido a estas problemáticas novas tecnologias têm sido pesquisadas. Particularmente na questão da utilização da farinha e do óleo de peixe, alimentos de origem vegetal e animal estão em estudo visando à substituição de insumos de origem pesqueira (Naylor et al., 2000; Forster et al., 2003).

### CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXES NAS DIETAS PARA CAMARÕES

Nas formulações tradicionais das rações para camarões a farinha de peixe (FP) é uma das principais fontes de proteína de alta qualidade, por apresentar fácil digestão e bom perfil de aminoácidos (Suárez et al., 2009; Uujifard et al., 2012). Além disso, são fontes de vitaminas como riboflavina, niacina, vitamina A e D e minerais como o cálcio, fósforo,

ferro, zinco, selênio e iodo (Tacon, 2004; Tacon & Metian, 2008; Morris et al., 2011; Olsen et al., 2012).

Os lipídios são necessários nas dietas para camarões não só como importante fonte de energia, mas também como uma fonte de ácidos graxos essenciais, como os ácidos graxos poliinsaturados PUFA (linoléico, (LOA)18:2 n-6 e ácido linolênico, (LNA) 18:3 n-3) e os ácidos graxos altamente poliinsaturados HUFA (ácido eicosapentaenóico (EPA) 20:5 n-3, ácido docosaexaenóico (DHA) 22:6 n-3 e o ácido araquidônico (ARA) 20:4 n-6); bem como são fontes de esteróis, fosfolipídios e vitaminas lipossolúveis (Akiyama et al., 1991; Gonzalez-Felix & Pérez-Velásquez, 2002; Zhou et al., 2007; Hu et al., 2011).

O óleo de peixe (OP) é uma das fontes lipídicas mais utilizadas nas dietas comerciais para peixe e camarões por ser uma fonte equilibrada de ácidos graxos essenciais, altamente poliinsaturados - HUFA, importante para o desenvolvimento das espécies (Gonzalez-Felix & Pérez-Velásquez, 2002).

## UTILIZAÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXES NA AQUICULTURA

Segundo a FAO (2014), dentre os setores de produção animal, a aquicultura é a que mais utiliza à farinha e o óleo de peixe, neste sentido em 2008 a aquicultura utilizou 60,8% da produção mundial da farinha de peixe e 73,8% da produção de óleo de peixe.

A FAO (2014) reporta que a produção da farinha de peixe (equivalente ao peso vivo) foi de 14,8 milhões de toneladas em 2010, 19,4 milhões de toneladas em 2011 e de 16,3 milhões de toneladas em 2012. Devido ao aumento da demanda por farinha de peixe, e consequente aumento do preço deste insumo, resultou no incremento da utilização subprodutos de pescados para a produção de farinha. Os dados da FAO (2014) apontam que cerca de 40% da farinha produzida no mundo em 2012 teve origem de subprodutos de pescados.

O nível de inclusão da farinha (17-65%) e do óleo de peixe (3-25%), nas rações utilizadas na aquicultura variam dependendo do nível trófico das espécies, mas em geral, o uso destes ingredientes em conjunto, é mais elevado nas dietas para peixe marinhos e



camarões. (FAO, 2012). Atualmente, há menor inclusão de farinha e óleo de peixe nas dietas para aquicultura, no entanto a pressão sobre estes insumos continua alta pois houve incremento da produção aquícola (FAO, 2014).

## PROBLEMÁTICA ASSOCIADA AO USO DA FARINHA E O ÓLEO DE PEIXES

Segundo a (FAO, 2014), as principais matérias primas (pequenos peixes pelágicos) para a produção de farinha e óleo de peixe têm diminuído drasticamente, o que é atribuída às mudanças climáticas, ao estabelecimento de cotas mais restritas e a imposição adicional de controles da pesca não regulamentada. A este cenário é adicionado o fato, de que cada vez mais uma parte destas capturas são destinadas ao consumo humano direto. Por outro lado, para manter o nível do consumo per capita de pescado para o ano 2030 o mundo necessitará aumentar a produção de pescado pela aquicultura para 101,2 milhões de toneladas, pois com a estagnação das capturas mundiais, a aquicultura deverá suprir esta necessidade. O crescimento da indústria aquícola está diretamente relacionado com aumento na produção de alimento para peixe e camarões, e portanto, a necessidade de utilização de farinha de peixe e óleo de peixe (FAO, 2014).

A diminuição na disponibilidade destes ingredientes e a grande demanda global, tem elevado os preços no mercado internacional (Sookying et al., 2013). Segundo dados da (FAO, 2014) em janeiro de 2013, a farinha de peixes teve o preço máximo histórico (1.919 USD por tonelada), apresentado um incremento de 206 % comparado com o mesmo mês em 2005. Da mesma forma, o preço do óleo de peixe apresentou seu máximo histórico (2.400 USD por tonelada) em abril de 2013 e se prevê que no período de 2010-2030, os preços da farinha e óleo de peixe aumentem em termos reais 90% e 70%, respectivamente.

Devido à crescente demanda de farinha e do óleo de peixe e o aumento de seu valor, está sendo produzida cada vez mais farinha de peixe a partir de subprodutos de pescado, o que pode influir na composição e na qualidade da farinha de peixe, concretamente aumentando a quantidade de cinzas (minerais) e a concentração de aminoácidos (como a glicina, a prolina e a hidroxiprolina) e redução na quantidade de proteína (FAO, 2014).

Pelo elevado custo da farinha e do óleo de peixe, a escassez temporária destes ingredientes no mercado mundial e para oferecer sustentabilidade e fazer uma aquicultura mais amigável ao meio ambiente, as pesquisas apontam à redução do uso da farinha e óleo de peixe, e à procura da substituição adequada (total ou parcial), tendo em conta tanto o valor nutricional e a relação custo-benefício (Hardy et al., 2006; Naylor et al., 2009; Hardy, 2010; Yue et al., 2012).

## UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS VEGETAIS E ANIMAIS COMO SUBSTITUTO À FARINHA E AO ÓLEO DE PEIXE

Nas últimas décadas, devido ao incremento da problemática mundial sobre o uso da farinha e óleo de peixe, instituições de pesquisa e indústrias de rações aquícolas, têm realizado diversos estudos com o objeto de reduzir a dependência a estes produtos, através de estudos sobre os processos digestivos, exigências nutricionais, e processamento das matérias primas, com o objetivo de produzir rações mais adequadas para as espécies em criação (Kuhn et al., 2009, 2010; Bulbul et al., 2012; Macias-Sancho et al., 2014).

Para *L. vannamei*, diversos estudos foram conduzidos sobre a substituição de farinha de peixe. Resultados diversos foram encontrados. Estes resultados podem ser devidos ao tipo de alimento utilizado (animal ou vegetal) para substituição bem como o sistema de produção utilizado (Tabela 1).

Tabla 1: Estudos realizados utilizando substitutos à farinha de peixe com produtos vegetais e animais em dieta para *Litopenaeus vannamei*.

Autores	Substituto	Quantidade substituída
Forster et al. (2003)	Farinha de carne e osso	75%
Samocha et al. (2004)	Farelo de soja co-extrusado e farinha de subproduto de aves	100%
Goytortúa-Bores et al. (2006)	Farinha de caranguejo	38%
Amaya et al. (2007)	Farinha de subprodutos de aves	16%
Cruz-Suarez et al. (2007)	Subprodutos avícolas	80%
Hernández et al. (2008)	Farinha de carne suína	35%
Suarez et al. (2009)	Farelo de soja e canola	80%
Scopel et al. (2011)	Farelo de soja	40%
Bauer et al. (2012)	Concentrado proteico de soja e farinha de floco microbiano	100%
Oujifard et al. (2012)	Concentrado proteico de arroz	50%
Molina-Poveda et al. (2013)	Farinha de tremçoço	50%
Sookying et al. (2013)	Concentrado proteico de soja	40%
Macias-Sancho et al. (2014)	Farinha de microalgas ( <i>Spirulina platensis</i> )	75%

No entanto, as dietas baseadas em substituições da farinha de peixes a partir de produtos vegetais, podem conter fatores anti-nutricionais, como os glucosinolatos, taninos, ácido fítico, oligossacarídeos, compostos fenólicos e excesso de fibras, que podem influenciar o crescimento e a utilização destes ingredientes em dietas para os camarões (Higgs et al., 1995; Buchanan et al., 1997). Estes compostos podem ainda interferir na digestibilidade e palatabilidade da ração, influenciando diretamente no consumo e indiretamente no crescimento, tornando seu uso limitado (McCurdy, 1992; Naylor et al., 2009; Forster et al., 2003).

Além disso, as farinhas vegetais apresentam deficiência ou desequilíbrio dos aminoácidos dentre eles a lisina e a metionina, já que estes importantes nutrientes essenciais em quantidades inferiores na dieta podem reduzir o crescimento e sobrevivência das espécies (Davis & Arnold, 2000; Álvarez et al., 2007; Amaya et al., 2007; Gatlin et al., 2007), por isso é recomendada uma combinação com outros ingredientes alternativos para dietas de *L. vannamei* (Akiyama, 1989; Sookying et al., 2013).

As farinhas de origem animal geralmente contêm excelentes percentuais de proteína bruta (45-65%) e razoável perfil de aminoácidos essenciais (Tan et al., 2005). Porém, por razões nutricionais como digestibilidade, palatabilidade e deficiência ou desequilíbrio dos aminoácidos dentre eles a lisina e a metionina, muitos produtores aquícolas ainda preferem continuar a utilização da farinha e óleo de peixes nas criações (Naylor et al., 2009).

O concentrado proteico de soja (CPS) apresenta adequado perfil de aminoácidos, elevados valores de proteína bruta (65% aproximadamente), além de bons valores energéticos, e de digestibilidade (Dersjant-Li, 2002; Forster et al., 2002). Por isso, é um potencial substituto da farinha de peixe, uma vez que parte dos fatores anti-nutricionais são eliminados após o processamento (Davis & Arnold, 2000; Paripatananon et al., 2001; Gatlin et al., 2007). Em adição, é considerado um dos ingredientes mais indicados para ser utilizado nas dietas para camarões com custo relativamente baixo ao ser comparado a farinha de peixe e com disponibilidade constante (Masuda & Goldsmith, 2009).

Em pesquisas com *L. vannamei* e outras espécies de crustáceos recomendam-se a inclusão na dieta de diferentes fontes de ácidos graxos poliinsaturados em substituição ao óleo de peixe, em exemplo, González-Felix et al. (2003) recomendam no mínimo 5 g/Kg

DHA para *L. vannamei* criados em água clara em condições intensivas. Kanazawa et al. (1979) recomendam 10 g/Kg DHA ou EPA para *Marsupenaeus japonicus*. Glencross & Smith. (2001) recomendam para *Penaeus monodon* 9 g/Kg de DHA ou EPA. Lim et al. (1997) avaliaram o crescimento e a sobrevivência de *L. vannamei* alimentados com diferentes tipos de ácidos graxos essenciais na dieta (óleo de peixe, rico em DHA e EPA e óleo de linhaça e de soja, ricos em ácidos graxos linoleico n-6, reportando que o crescimento foi melhor com a dieta rica em ácidos graxos altamente insaturados DHA e EPA.

Os óleos vegetais como os de soja e milho são ricos em ácidos graxos essenciais n-6 como os linoleicos, e tem sido introduzido para substituir parcialmente o óleo de peixe em *L. vannamei* (Zhou et al., 2007). No entanto às espécie de crustáceos apresentam capacidade restringida para sintetizar, além de ter limitações para alongar e saturar ácidos graxos de cadeia longa (n-6 e n-3), incluindo os PUFAs e os HUFAs a partir de seus precursores de 18 átomos de carbono, (Kanazawa et al., 1979; Kayama et al., 1980, Teshima et al., 1992).

## OS SISTEMAS DE BIOFLOCOS "BIOFLOC TECHNOLOGY SYSTEM"- (BFT)

O sistema de Bioflocos (BFT) é um novo conceito da aquicultura, onde as manipulações da comunidade microbiana atuam na formação dos bioflocos, utilizando o nitrogênio inorgânico da água e carbono dissolvido para produção de biomassa bacteriana dentro do sistema de criação (De Schryver et al., 2008). Este sistema proporciona sustentabilidade à aquicultura, devido à diminuição na utilização dos recursos naturais (água e solo), redução no volume da descarga de efluentes e apresenta benefícios econômicos e ambientais (Wasielesky et al., 2006; Crab et al., 2012). Esta tecnologia também possibilita uma maior biossegurança, uma vez que, com a redução de troca da água, reduz-se também a possibilidade de introdução de doenças (Wasielesky et al., 2006; Stokstad, 2010; Avnimelech, 2012; Crab et al., 2012).

O sistema BFT apresenta variedade de microrganismos aquáticos heterotróficos (rotíferos, bactérias, ciliados, dinoflagelados e protozoários), que fornecem aos camarões alimento natural constante, ricos em proteínas, e possibilitam a utilização de ração com

menores teores de proteína bruta, e permiti um melhor aproveitamento dos nutrientes originários da ração não consumida pelos camarões e são absorvidas pelos microrganismos (Wasielesky et al., 2006; Avnimelech, 2007; Ballester et al., 2010; Emerenciano et al., 2012; Xu et al., 2012; Xu & Pan, 2012). Vários autores determinaram que a presença destes microrganismos nos tanques de criação, aumentam a eficiência da conversão proteica de 20–25% para perto do 45%, uma vez que as bactérias heterotróficas convertem o nitrogênio inorgânico presente na água e o disponibilizam na forma de proteína microbiana que é ingerida pelos organismos em produção (Avnimelech, 1999; Chamberlain et al., 2001; Ray et al., 2009).

O consumo e digestão destes microrganismos pelos camarões acarretam na redução significativa da demanda por proteína, proveniente da ração (Kuhn et al., 2009; Ray et al., 2010). Assim, é possível aumentar a rentabilidade das criações com baixos níveis proteicos e/ou a redução na quantidade da farinha de peixe (Ballester et al., 2010; Megahed, 2010; Xu et al., 2012), resultando na diminuição dos custos de produção, visto que os custos com ração representam de 50-60% (Tacon & Metian, 2008; Morris et al., 2011).

Estudos recentes demonstram benefícios dos sistemas BFT, e por conseguinte a redução dos níveis de farinha de peixe na ração (Xu et al., 2012). Contudo ainda não existem estudos avaliando os efeitos da substituição parcial e total da farinha e do óleo conjuntamente no desempenho dos camarões criados em sistemas BFT.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo geral***

- ✓ Avaliar o efeito de diferentes níveis de substituição de farinha e óleo de peixe em dietas para camarão branco *Litopenaeus vannamei*, na fase de engorda em sistema de Bioflocos.

### ***Objetivos específicos***

- ✓ Avaliar o desempenho zootécnico dos camarões nos diferentes níveis de substituição testados.
- ✓ Determinar o melhor nível de substituição de farinha e óleo de peixe em sistema de bioflocos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIYAMA DM, SR COELHO, AL LAWRENCE, EH ROBINSON, 1989. Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Nippon Suisan Gakkai* 55: 91–98.
- AKIYAMA DM, 1991. Soybean meal utilization by marine shrimp. In: Akiyama, DM, Tan, RKH, Eds. Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia, September 19–25. *American Soybean Assoc., Singapore pp: 207–225.*
- ALVAREZ JS, J HERNÁNDEZ-LLAMAS, I GALINDO, T FRAGA, H GARCÍA & VILLARREAL, 2007. Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Pérez-Farfante & Kensley 1997). *Aquaculture Research* 38: 689-695.
- AMAYA E, DA DAVIS & DB ROUSE, 2007. Alternative diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262: 419 - 425.
- ARNOLD SJ, F COMAN, CJ JACKSON, & SA GROVES, 2009. High-intensity, zero water exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture* 293: 42 – 48.
- AVNIMELECH Y, 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227–235.
- AVNIMELECH Y, 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264: 140-147.
- AVNIMELECH Y, 2012. Biofloc technology - a practical guide book. 2nd ed. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, United States.



- BALLESTER EC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU & W WASIELESKY, 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition* 16: 163 -172.
- BAUER WA, CH PRENTICE, MB TESSER, W WASIELESKY, & L POERSCH, 2012. Substitution of fishmeal with microbial flocs meal and soy protein concentrates in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 342–343: 112–116.
- BONDAD-REANTASO MG, RP SUBASINGHE, JR ARTHUR, K OGAWA, S CHINABUT, R ADLARD, Z TAN, SHARIFF MOHAMMAD, 2005. Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary Parasitology* 132: 249–272
- BONDAD-REANTASO MG & RP SUBASINGHE, 2008. Meeting the Future Demand for Aquatic Food through Aquaculture: the Role of Aquatic Animal Health. *Fisheries and Aquaculture* Department Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) pp: 197-207.
- BUCHANAN HZ, D SARAC, POPPI, & RT COWAN, 1997. Effects of enzyme addition to canola meal in prawn diets. *Aquaculture* 151: 29-35.
- BULBUL M, A KADER, S KOSHIO, M ISHIKAWA & S YOKOYAMA, 2012. Effect of replacing fishmeal with canola meal on growth and nutrient utilization in kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate). *Aquaculture Research* 1:11
- CHAMBERLAIN G, M AVNIMELECH & RP CINTOSH, M VELASCO, 2001. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C: N composition and nutritional value of organic detritus. *Global Aquacult. Advoc.* June 22-24.
- CRAB R, T DEFOIRDT, P BOSSIER, W VERSTRAETE, 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 356–357: 351–356.

- CRUZ-SUÁREZ LE, M NIETO-LÓPEZ, C GUAJARDO-BARBOSA, M TAPIA SALAZAR, U SCHOLZ, D RICQUE-MARIE, 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture* 272: 466-476.
- DAVIS DA & CR ARNOLD, 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185: 291–298.
- DERSAT-LI Y, 2002. The use of soy protein in aquafeeds. In: Cruz-Suarez LE, Ricque-Marie D, Tapia- Salazar M, Gaxiola-Cortes MG, Simoes N (eds) *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Cancún, Quintana Roo, México, 3–6.
- DE SCHRYVER P, R CRAB, T DEFOIRDT, N BOON, W VERSTRAETE, 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277: 125-137.
- EMERENCIANO M, EC BALLESTER, CAVALLI RO, W WASIELESKY. 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research* 43: 447-457.
- FAO, 2014. Food and agriculture organization of the United Nations. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2013*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (253 pp.).
- FAO, 2012. Food and agriculture organization of the United Nations. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2011*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (231 pp.).
- FORSTER IP, W DOMINY, AGJ TACON, 2002. The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. In: Cruz-Suarez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Gaxiola-Cortes MG, Simoes N.(eds), *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Cancún, Quintana Roo, México, 3–6

- FORSTER IP, W DOMINY, L OBALDO, AGJ TACON, 2003. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 219: 655 - 670.
- GATLIN DM, FT BARROWS, P BROWN, K DABROWSKI, TG GAYLORD, RW HARDY, E HERMAN, G HU, Å KROGDAHL, R NELSON, K OVERTURF, M RUST, W SEALEY, DJ SKONBERG, E SOUZA, D STONE, R WILSON, E WURTELE, 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aqua feeds: a review. *Aquaculture Research* 38: 551-579.
- GLENCROSS BD, DM SMITH, 2001. Optimizing the essential fatty acids, eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid, in the diet of the prawn, *Penaeus monodon*. *Aquacult Nutr* 7: 101-112.
- GONZALEZ-FELIX ML, AL LAWRENCE, DM GATLIN III & PEREZ- M VELAZQUEZ, 2002. Growth, survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the presence and absence of phospholipids. *Aquaculture* 205: 325-343.
- GONZÁLEZ-FÉLIX ML, M PEREZ-VELAZQUEZ, 2002. Current status of lipid nutrition of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 207: 151-167.
- GONZÁLEZ-FÉLIX ML, DM GATLIN, AL LAWRENCE & PEREZ- M VELAZQUEZ, 2003. Nutritional evaluation of fatty acids for the open the lyceum shrimp, *Litopenaeus vannamei*: G. Effect of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated and highly unsaturated fatty acids on juvenile shrimp growth, survival, and fatty acid composition. *Aquaculture Nutrition* 9: 115–122.
- GOODNESS-REANTASO MG & RP SUBASINGHE, 2008. General principles of the risk analysis process and its application to aquaculture. Understanding and applying risk analysis in aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No.519. Rome, FAO. Pp: 3–8.

- GOODNESS-REANTASO MG, RP SUBASINGHE, 2005. Review of KHV. *Aquaculture Asia-Pacific Magazine* 22–23.
- GOYTORTÚA-BORES E, R CIVERA-CERECEDO, S ROCHA-MEZA, A GREEN-YEE, 2006. Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture* 256: 414-422.
- HARDY RW, 2006. Worldwide fish meal production outlook and the use of alternative protein meals for aquaculture. In: *Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 15–17 Noviembre* (Suarez, LEC, Marie, DR, Salazar, MT, López, MGN, Cavazos, DAV, & Ortega, PC, AG, y eds), pp. 410 - 419. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- HARDY RW, 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research* 41: 770 -776.
- HERNÁNDEZ C, MA OLVERA-NOVOA, K AGUILAR-VEJAR, B GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, IA PARRA, 2008. Partial replacement of fish meal by porcine meat meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 277: 244 - 250.
- HIGGS DA, BS DOSANJH, AF PRENDERGAST, RM BEAMES, RW HARDY, W RILEY, AND G DEACON, 1995. Use of Rapeseed/Canola Protein Products in Finfish Diets. *Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture*, Lim, C.E. and D.J. Sessa (Eds.). AOCS Press, Champaign, pp: 130-156.
- HU Y, B TAN, K MAI, Q AI, L ZHANG, S ZHENG, 2011. Effects of dietary menhaden oil, soybean oil and soybean lecithin oil at different ratios on growth, body composition and blood chemistry of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Aquacult Int* 19: 459 - 473.
- JOSUPEIT H, 2010. FAO GLOBEFISH FISHMEAL MARKET REPORT- MARCH, 2010. <http://www.globefish.org>.

- KANAZAWA A, S TESHIMA, M ENDO, 1979. Requirements of prawn, *Penaeus japonicus* for essential fatty acids. *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University* 28: 27-33.
- KANAZAWA A, S TESHIMA & K ONO, 1979. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity of bioconversion of linolenic acid in highly unsaturated fatty acid. *Comp. Biochem. Physiol* 63: 295-298.
- KAYAMA M, M HIRATA, A KANAZAWA, S TOKIWA, M SAITO, 1980. Essential fatty acids in the diet of prawn-III. Lipid metabolism and fatty acid composition. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 46: 483-488.
- KUHN DD, BOARDMAN GD, AL LAWRENCE, L MARSH, GJ FLICK, 2009. Microbial flocs generated in bioreactors is a superior replacement ingredient for fishmeal or soybean meal in shrimp feed. *Aquaculture* 296: 51 - 57.
- LIM C, H AKO, CL BROWN, K HAHN, 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. *Aquaculture* 151:143-153.
- MACIAS-SANCHO J, LH POERSCH, W BAUER, LA ROMANO, W WASIELESKY, MB TESSER, 2014. Fishmeal substitution with *Arthrospira (Spirulina platensis)* in a practical diet for *Litopenaeus vannamei*: Effects on growth and immunological parameters, *Aquaculture* 426–427:120–125
- MASUDA T & PJ GOLDSMITH, 2009. World Soybean Production: Area Harvested Yield, and Long-Term Projections. *International Food and Agribusiness Management Review* Volume 12, Issue 4.
- MCCURDY SM, AND BE MARCH, 1992. Processing of canola meal for incorporation in trout and salmon diets. *J. Am. Oil Chem. Soc* 69: 213-220.
- MEGAHED ME, 2010. The effect of microbial bioflocs on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society* 5: 119 - 142.

- MOLINA-POVEDA C, M LUCAS, M JOVER, 2013. Evaluation of the potential of Andean lupin meal (*Lupinus mutabilis* Sweet) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets. *Aquaculture* 410 - 411: 148 - 156
- MORRIS TC, TM SAMOCHA, DA DAVIS, JM FOX, 2011. Cholesterol supplements for *Litopenaeus vannamei* reared on plant based diets in the presence of natural productivity. *Aquaculture* 314: 140 - 144.
- NAYLOR RL, RJ GOLDBERG, JH PRIMAVERA, N KAUTSKY, MC BEVERIDGE, J CLAY, C FOLK, J LUBCHENCO, H MOONEY & M TROELL, 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- NAYLOR RL, RW HARDY, DP BUREAU, A CHIU, M ELLIOTT, AP FARRELL, I FORSTER, DM GATLIN, RJ GOLDBURG, K HUA, PD NICHOLS, 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS* 106, 36 [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0905235106](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0905235106).
- OLSEN RL, MR HASAN, 2012. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends Food Sci. Technol.* 27: 120–128.
- OUJIFARD A, J SEYFABADI, A ABEDIAN, KM REZAEI, 2012. Fish meal replacement with rice protein concentrate in a practical diet for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* Boone 1931, *Aquacult Int.* 20:117–129.
- PARIPATANANONT T, M BOONYARATPALIN, P PENGSENG, P CHOTIPUNTU, 2001. Substitution of soy protein concentrates for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research* 32: 369-374.
- RAY AJ, AJ SHULER, JW LEFFLER, CL BROWDY, 2009. Microbial ecology and management of bioflocs systems. In: Browdy, CL, Jory, DE, (Eds.), the Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. *World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA*, pp: 231 - 242.
- RAY JA, BL LEWIS, CL BROWDY, JW LEFFLER, 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-

- based feed in minimal-exchange, super intensive culture systems. *Aquaculture* 299: 89 - 98.
- SAMOCHA T, DA DAVIS, IP SAOUD & K DEBAULT, 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 231: 197 - 203.
- SCOPEL BR, R RODRIGO SCHVEITZER, RQ SEIFFERT, V PIERRI, RF ARANTES, FN VIEIRA, LJ VINATEA, 2011. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos. *Pesq. Agropec. Bras*, Brasília, p: 928-934.
- SOOKYING D, D DAVIS, A SOLLER DIAS DA SILVA, 2013. A review of the development and application of soybean-based diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 19: 441 - 448.
- STOKSTAD E, 2010. Down on the shrimp farm. *Science* 328: 1504 - 1505.
- SUAREZ JA, G GAXIOLA, R MENDOZA, S CADAVID, G GARCIA, G ALANIS, A SUAREZ, 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boon, 1931). *Aquaculture* 289: 18 - 123.
- TACON AGJ, 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquatic Resources, Culture and Development* 1: 3 - 14.
- TACON AGJ, & M METIAN, 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aqua feeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285: 146 - 158.
- TAN B, K MAI, S ZHENG, Q ZHOU, L LIU & Y YU, 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research* 36: 439-444.

- TESHIMA S, A KANAZAWA & S KOSHIO, 1992. Ability for bioconversion of n-3 fatty acids in fish and crustaceans. *Oceanis* 18: 67–75.
- WASIELESKY W, H ATWOOD, A STOKES, CL BROWDY, 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial flocs based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258: 396 - 403.
- WATANABE T, 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science* 68: 242 - 252.
- XU WJ, LQ PAN, DH ZHAO, J HUANG, 2012. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture* 350 -353: 147-153
- XU WJ, & LQ PAN, 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed, *Aquaculture* 356-357:147–152
- YUE YR, YJ LIU, LX TIAN, L GAN, HJ YANG & GY LIANG, 2012. Effects of replacing fish meal with soybean meal and peanut meal on growth, feed utilization and haemolymph indexes for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei*, *Aquaculture Research* 43: 1687-1696.
- ZHOU QC, CC LI, CW LIU, SY CHI & QH YANG, 2007. Effects of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 13: 222–229.



## ARTIGO ANEXO

SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA E DO ÓLEO DE PEIXE POR FARINHA E ÓLEO DE ORIGEM VEGETAL EM RAÇÕES UTILIZADAS NA FASE DE ENGORDA DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*, EM SISTEMAS DE BIOFLOCOS (BFT)

## RESUMO

A farinha e o óleo de peixe são as principais fontes proteicas e lipídicas em rações para aquicultura. No entanto, o preço da farinha e óleo de peixe tem mantido altos nos últimos anos. O uso da farinha e do óleo de peixe, e os possíveis produtos, para sua substituição, nas dietas para camarões é um assunto de ampla pesquisa, dirigida à procura de ingredientes proteicos e lipídicos, com disponibilidade, que não afetem o desenvolvimento zootécnico dos animais. Este experimento teve como objetivo avaliar o efeito da substituição da farinha e do óleo de peixe, pelo concentrado proteico de soja e óleo de soja, no crescimento, sobrevivência, e análises proximal dos camarões (*Litopenaeus vannamei*) produzidos em sistemas bioflocos (BFT). O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Foram formuladas cinco dietas, isoprotéicas e isoenergéticas, com diferentes níveis de substituição da farinha e do óleo de peixe por concentrado proteico de soja e óleo de soja, sendo os tratamentos designados como: 0% (sem substituição, dieta controle), 25%, 50%, 75% e 100%. As rações foram feitas para conter aproximadamente 35% de proteína bruta, 8% de lipídios e 4.200 Kcal/Kg de energia bruta. O experimento foi conduzido em um sistema de recirculação de água em um período de 35 dias, com juvenis de *L. vannamei* com peso inicial de  $(3,47 \pm 0,19\text{g})$ . Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos até 75% de substituição para as variáveis de taxa de crescimento específico, ganho de peso, ganho de peso semanal, taxa de conversão alimentar e a sobrevivência. Por outro lado, o tratamento de 100% de substituição apresentou menor peso final e biomassa final quando comparado com os demais tratamentos. O presente resultado sugere que nas dietas para camarões criados em sistema biofloco a farinha e óleo de peixe podem ser substituídos em até 75% por concentrado proteico de soja e óleo de soja, sem prejudicar o desenvolvimento dos animais, mostrando ser uma alternativa econômica e amigável com o meio ambiente.

Palavras-chave: camarão marinho, substituição farinha e óleo de peixe, concentrado proteico de soja, óleo de soja

## ABSTRACT

Fishmeal and fish oil are the main protein and lipid sources in aquaculture feed. However, the price of fish meal and oil is kept high in recent years. The use of fishmeal and fish oil, and possible products for their replacement in diets for shrimp is a subject of extensive research, aiming for protein and lipid ingredients with availability without hampering the animal performance. This experiment aimed to evaluate the effect of replacing fishmeal and fish oil by soybean protein concentrate and soybean oil on growth, survival, and proximal analyzes of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) produced in bioflocos systems (BFT). The experiment was conducted at the Marine Aquaculture Station (EMA) of the Federal University of Rio Grande (FURG). Five diets were formulated to be isonitrogenous and isoenergetic with different levels of substitution of fishmeal and fish oil by soybean protein concentrate and soybean oil, with the treatments described as: 0% (without substitution, control diet), 25%, 50%, 75% e 100%. The diets were designed to contain approximately 35% crude protein, 8% fat and 4200 kcal / kg gross energy. The experiment was conducted in a recirculation water system over a period of 35 days, with juveniles of *L. vannamei* with initial weight of  $(3.47 \pm 0.19\text{g})$ . No significant differences between treatments were found up to 75% substitution for the variables of specific growth rate, weight gain, weekly weight gain, feed conversion ratio and survival. On the other hand, the 100% substitution treatment showed lower final weight and final biomass when compared with other treatments. This result suggests that fishmeal and fish oil can be replaced up to 75% by soybean protein concentrate and soybean in diets for shrimp produced in BFT system without harming the development of animals, proving to be an economical and friendly alternative with the environment.

Keywords: marine shrimp, fishmeal and fish oil substitution, soybean protein concentrate, soybean oil.

## Introdução

A farinha e o óleo de peixe são os principais ingredientes nas formulações tradicionais das rações para camarões, a primeira, é fonte de proteína de alta qualidade, apresenta fácil digestão e bom perfil de aminoácidos, enquanto o segundo é a única fonte lipídica disponível comercialmente que apresenta o ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosaexaenóico (DHA) (Sargent et al., 2002; Suárez et al., 2009; Oujifard et al., 2012).

O crescimento da indústria aquícola está diretamente relacionado ao aumento na produção de alimento para peixes e camarões, e portanto, à necessidade da utilização de farinha de peixe e óleo de peixe. No entanto, nas últimas décadas, a produção mundial destes ingredientes tem-se estagnado devido à sobre pesca (FAO, 2014).

Portanto, a busca por alimentos alternativos que possam reduzir ou eliminar a farinha e óleo de peixe das dietas para aquicultura é fundamental, não só para dar sustentabilidade ao setor, se não também pelos elevados custos destas matérias primas (Salze et al., 2010). Segundo a FAO (2014) entre janeiro e abril de 2013, a farinha e óleo de peixes atingiram preços máximos históricos de 1.920 U\$D por tonelada e 2.400 U\$D por tonelada, respectivamente, e se prevê que no período de 2010-2030, os preços da farinha e óleo de peixe aumentem em termos reais 90% e 70%, respectivamente.

O concentrado proteico de soja (CPS) apresenta características como adequado perfil de aminoácidos, elevados valores de proteína bruta (65% aproximadamente), bons valores energéticos, e de digestibilidade, além disso, apresenta disponibilidade constante e custo menor ao ser comparado a farinha de peixe (Dersjant-Li, 2002; Forster et al., 2002; Masuda & Goldsmith, 2009). Por isso, é um potencial substituto da farinha de peixe, uma vez que parte dos fatores anti-nutricionais são eliminados após o processamento (Davis & Arnold, 2000; Paripatananon et al., 2001; Gatlin et al., 2007). Por outro lado, o óleo de soja é rico em ácido linoleico (18: 2 n 6), e tem sido introduzido para substituir parcialmente o óleo de peixes em *L. vannamei* (Zhou et al., 2007).

O sistema de bioflocos (BFT) é uma técnica sustentável utilizada para a produção de camarões com zero troca de água (Avnimelech, 2008; Crab et al., 2007; De Schryver et al., 2008). Os bioflocos gerados dentro do sistema de criação são consumidos pelos camarões, digeridos e podem substituir uma fração significativa da demanda de proteína (Burford et al., 2003, 2004; Crab et al., 2010; Hari et al., 2004, 2006; Wasielesky et al., 2006; Xu et al., 2012), o que possibilitaria reduzir ou eliminar das dietas a farinha de peixe. Assim, é possível aumentar a rentabilidade das criações com baixos níveis proteicos e/ou a redução na quantidade da farinha de peixe (Ballester et al., 2010; Megahed, 2010; Xu et al., 2012), resultando na diminuição dos custos de produção, visto que os custos com ração representam de 50-60% (Tacon & Metian, 2008; Morris et al., 2011).

Portanto o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da substituição parcial e total da farinha e do óleo conjuntamente no desempenho dos camarões criados em sistemas BFT.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Para o desenvolvimento deste estudo, foram formuladas cinco dietas com diferentes níveis de substituição de farinha e óleo de peixe por farinha e óleo de origem vegetal. Para a substituição da farinha de peixe (FP) foi utilizado concentrado proteico de soja (CPS), e para a substituição do óleo de peixe (OP) foi utilizado o óleo de soja (OS). Os níveis de substituição testados foram 0% (sem substituição, controle), 25%, 50%, 75% e 100% respectivamente.

### ***Formulação das dietas***

A composição proximal dos alimentos (concentrado proteico de soja e farinha de peixe) foi analisada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) e no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA), ambos da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Para a análise da matéria seca (MS) foram realizadas em estufa a 102°C por um tempo determinado de 5 horas, para o análises de cinzas (MM) as amostras foram pré-calcinadas e posteriormente levadas à mufla a 600°C por 5 horas, a análise de proteína bruta (PB) foi realizada de acordo a metodologia de Kjeldahl, após digestão da amostra e destilação do nitrogênio, multiplicando-se o resultado por 6,25, o extrato etéreo (EE) no extrator de Soxhlet, utilizando-se como regente o éter de petróleo como solvente, por 5 horas (A.O.A.C, 2000).

Para formulação das dietas os ingredientes foram pesados e triturados até a obtenção de um pó fino (300µm). Primeiramente foram misturados os ingredientes secos e logo adicionados os óleos e a água destilada até a formação de uma massa consistente e homogênea. Esta massa foi passada por um moedor de carne manual para formação de pellets com diâmetro médio de 3 mm. Os pellets foram transferidos para bandejas de aço inox e secos em estufa a 60°C por 8 horas. Após este período foram armazenados em sacos plásticos e mantidos a -18°C até o momento da utilização.

As dietas foram formuladas para conter aproximadamente 35% de proteína bruta, 8% de lipídios e 4200 Kcal/Kg de energia bruta. A composição das dietas, os percentuais dos seus ingredientes, assim como a composição proximal de cada uma delas, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (g/100g de peso seco) e composição proximal em base seca das diferentes dietas

<b>Dietas</b>					
<b>Alimentos</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
Farinha Peixe	33,0	24,75	16,50	8,25	0,0
CPS <sup>1</sup>	0,0	7,50	15,0	22,50	30,0
Farelo de Soja	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Farelo de Trigo	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Amido de Milho	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0
Levedura de Cerveja	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Óleo de Peixe	3,0	2,25	1,50	0,75	0,0
Óleo de Soja	0,0	1,90	3,80	5,70	7,60
Celulose	0,0	0,60	1,20	1,80	2,40
CMC Aglutinante	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Mist. mineral e vit. <sup>2</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ca (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Total	100	100	100	100	100
<b>Análise proximal</b>					
<b>Proteína</b>	33,64±1,33	33,29±1,09	33,62±0,75	33,51±0,08	33,65±0,66
<b>Gordura</b>	9,49±0,20	7,19±0,04	9,06±0,13	10,48±1,41	9,32±0,32
<b>Cinzas</b>	11,70±0,50	10,39±0,68	8,72±0,51	7,46±0,10	6,39±0,50
<b>Umidade</b>	5,76±0,08	5,93±0,03	5,32±0,01	5,78±0,04	5,22±0,17

<sup>1</sup>IMCOPA, (Imcosoy 60) Araucária, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Vitamina A (500.000 UI/kg), Vit. D3 (250.000 UI/kg), Vit. E (5.000 mg/kg), Vit. K3 (500 mg/kg), Vit. B1 (1.000 mg/kg), Vit. B2 (1.000 mg/kg), Vit. B6 (1.000 mg/kg), Vit. B12 (2.000 mcg/kg), Niacina (2.500 mg/kg), Pantotenato de Cálcio (4.000 mg/kg), Ácido Fólico (500 mg/kg), Biotina (10mg/kg), Vit. C (10.000 mg/kg), Colina (100.000 mg/kg), Inositol (1.000 mg/kg), Selênio (30 mg/kg), Ferro (5.000 mg/kg), Cobre (1.000 mg/kg), Manganês (5.000 mg/kg), Zinco (9.000 mg/kg), Cobalto (50 mg/kg), Iodo (200 mg/kg).

### ***Delineamento experimental***

Com o fim de evitar que alterações nos parâmetros de qualidade de água pudessem mascarar os efeitos das diferentes rações utilizadas, optou-se por trabalhar com um sistema de recirculação de água seguindo a metodologia proposta por Fóes (2011). Este sistema era composto por 15 tanques circulares de fibra de vidro com 150 litros de volume útil, conectados a um tanque matriz com área de 10 m<sup>2</sup> e capacidade de 5.000 litros. O retorno das 15 unidades para o tanque matriz foi por gravidade, e a entrada de água utilizando bomba submersa (vazão de aproximadamente 1,25 litro/minuto). O tanque matriz foi inicialmente preenchido com água do mar, que foi clorada (10 ppm) e declorada (ácido ascórbico 1g/1.000L). A esta água foi adicionado um inoculo de 10% com água rica em bioflocos provenientes de uma criação em andamento na EMA.

Após a inoculação do biofoco, os camarões que seriam utilizados no experimento foram mantidos no tanque matriz por um período de 8 dias para aclimação às condições experimentais. Após este período juvenis de *L. vannamei* (3,47±0,19g) foram estocados em uma densidade final de 300 camarões m<sup>-2</sup> nas 15 unidades experimentais com 150L de volume útil, totalizando 45 camarões por tanque. Para manter os níveis de amônia dentro da faixa recomendada como ótima para a espécie, foram feitas no tanque matriz fertilizações com melão de cana, na relação C:N 6:1 como base os trabalhos de Avnimelech (1999) e Ebeling et al. (2006).

Durante o experimento foram realizadas renovações de água para redução do nitrito e também dos níveis de sólidos suspensos totais, bem como adição de água para reposição das perdas por evaporação. As aplicações de probiótico (Sanolife Pro-W<sup>®</sup> - INVE) foram realizadas semanalmente no tanque matriz, na proporção de 1 ppm calculado para o volume total do sistema (tanque matriz + 15 unidades).

A ração foi ofertada duas vezes ao dia, no início da manhã e final da tarde, em bandejas de alimentação a uma taxa de arazoamento de cerca de 10% da biomassa de cada unidade, seguindo a metodologia proposta por Jory et al. (2001). A quantidade de ração ofertada aos camarões foi ajustada semanalmente de acordo com as biometrias. Biometrias



semanais foram realizadas, utilizando 15 camarões de cada unidade, pesados em balança de precisão ( $\pm 0,01$ g) e posteriormente devolvidos para o seu tanque de origem.

### *Variáveis físicas e químicas da água*

Durante o período experimental, o oxigênio dissolvido (oximêtro digital - YSI<sup>®</sup> modelo 55, Yellow Springs, OH, USA), temperatura e pH (pH-metro digital - YSI<sup>®</sup> Ecosense pH 100, Yellow Springs, OH, USA) foram medidos duas vezes ao dia. A temperatura foi controlada com uso de aquecedores distribuídos no tanque matriz e a aeração foi provida por meio de soprador de ar conectado à mangueiras com pedras porosas alocadas em cada tanque, para promover a oxigenação da água e manter os bioflocos em suspensão na coluna da água. A salinidade (refratômetro modelo RTS-101, Atago<sup>®</sup> US, Bellevue, WA, USA) foi mantida em torno de 32, sendo realizada reposição das perdas por evaporação utilizando-se água doce. Coletas de água foram realizadas diariamente para o acompanhamento das variações da amônia total (UNESCO, 1983), nitrito (Strickland & Parsons, 1972) e alcalinidade (APHA, 1989). As concentrações de nitrato e fosfato da água foram analisadas semanalmente seguindo a metodologia proposta por Strickland & Parsons (1972). O fotoperíodo foi de 12h claro: 12h escuro com iluminação artificial durante período experimental.

A análise dos sólidos suspensos totais (mg/L) foram feitas seguindo a metodologia proposta por Strickland & Parsons (1972), realizadas duas vezes por semana, por gravimetria mediante filtragem de alíquotas de 20 ml de água em filtros de fibra de vidro GF 50-A. Os filtros foram colocados previamente para secar em estufa a 60°C até tirar toda a umidade, retirados da estufa e pesados. Após a filtragem, recolocados na estufa por 24 h e pesados em balança analítica de precisão (Sartorius MC1, analytic AC 210S) até o peso constante para determinação de peso final. O valor dos sólidos foi estimado pela diferença entre o peso inicial e final de cada filtro (AOAC, 2000). O volume total dos flocos (ml/L) foi obtido com uso de cones Imhoff, para tal amostras individuais de um litro de água, de cada unidade experimental, foram colocadas em cones plásticos por quinze minutos. Posteriormente foi observado o conteúdo de flocos (Avnimelech, 2007).

### ***Amostragem final***

Ao final dos 35 dias de experimento, foi realizada uma biometria com todos os camarões restantes, obtendo-se o peso final individual em cada unidade experimental. Com isto alguns dados referentes aos efeitos das dietas no desempenho zootécnico dos camarões puderam ser analisados, como a sobrevivência ( $S = \text{quantidade final de animais} / \text{quantidade inicial dos animais} \times 100$ ); o porcentual do ganho de peso ( $GP = (\text{peso médio final} - \text{peso médio inicial}) \times 100$ ); a taxa de conversão alimentar aparente ( $TCA = \text{ração fornecida} / \text{peso inicial} - \text{peso final}$ ); a taxa de crescimento específico ( $TCE = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{dias de criação}] \times 100$ ); o peso médio final ( $PF = \text{somatória do peso final de todos camarões vivos} / \text{total da camarões vivos}$ ); o ganho em peso semanal ( $GPS = GP / \text{n}^\circ \text{ semanas de criação}$ ); a biomassa final = somatória do peso final de todos camarões vivos. Os animais sobreviventes de cada unidade foram congelados para posterior análise proximal.

Foram feitas análises de composição proximal dos bioflocos e do músculo dos camarões. Para as análises dos bioflocos foi coletada uma amostra da água do tanque matriz e filtrada através de malha de 50 $\mu\text{m}$  até se obter uma massa de bioflocos úmidos (~500g), que logo foram secos em estufa a 105°C por oito horas, sendo armazenados a -18°C até que fossem realizadas a análise proximal. Para as análises do músculo, foram coletados sete camarões de cada tanque, os músculos foram homogeneizados até ficar uma massa que logo foi seca em estufa a 105°C. A composição proximal foi determinada de acordo com metodologia proposta pela A.O.A.C. (2000).

### ***Análise estatística***

Após atender as premissas de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene) os dados foram analisados por ANOVA de uma via, para verificar o efeito das cinco dietas testadas, no desempenho e na análise proximal do

músculo dos camarões. Quando foi observada diferença estatística entre as médias, o teste post-hoc de Tukey foi realizado, com um nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

Os resultados dos parâmetros de qualidade de água não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos e deste forma foram agrupados. Os valores médios da temperatura foram de,  $27,51 \pm 0,98^\circ\text{C}$ , oxigênio dissolvido,  $5,80 \pm 0,49$  mg/L, pH,  $7,81 \pm 0,15$ , salinidade,  $32,76 \pm 0,64$ , alcalinidade,  $150 \pm 13,10$  mg/L, amônia N-AT,  $0,06 \pm 0,12$  mg/L, nitrito N-NO<sub>2</sub>,  $3,12 \pm 5,64$  mg/L, nitrato N-NO<sub>3</sub>,  $75,60 \pm 35,85$  mg/L, fosfato P-PO<sub>3</sub><sub>4</sub>,  $3,39 \pm 1,10$  mg/L e SST  $571,00 \pm 140,70$  mg/L.

As análises da composição proximal das dietas são apresentadas na Tabela 1. Não foram evidenciadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) nos conteúdos de proteína bruta, lipídio, umidade e cinzas entre as dietas testadas.

Valores médios dos indicadores do desempenho zootécnico dos camarões são apresentados na Tabela 2. Não foi evidenciada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) na sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específica e taxa de conversão alimentar entre os tratamentos, no entanto, o peso final e biomassa final foram menores ( $P < 0,05$ ) nos camarões alimentados com 100% de substituição da farinha e óleo de peixe, quando comparados com os demais tratamentos (Figura 1).

Tabela 2. Indicadores do desempenho zootécnico dos juvenis de *L. vannamei* alimentados com dietas contendo diferentes níveis da substituição da farinha e óleo de peixes por farinhas e óleos de origem vegetal.

T	PF (g)	GP (g)	GPS (g)/	TCE	TCA	BF (g)	S (%)
0	$8,59 \pm 1,16^a$	$5,16 \pm 0,23$	$1,03 \pm 0,42$	$2,63 \pm 0,25$	$2,03 \pm 0,19$	$222,27 \pm 6,23^a$	$97,78 \pm 3,85$
25	$8,92 \pm 1,52^a$	$5,35 \pm 0,37$	$1,07 \pm 0,25$	$2,62 \pm 0,10$	$2,27 \pm 0,19$	$219,82 \pm 20,36^a$	$94,82 \pm 2,57$
50	$8,63 \pm 1,50^a$	$5,30 \pm 0,79$	$1,06 \pm 0,36$	$2,71 \pm 0,36$	$2,19 \pm 0,25$	$211,66 \pm 26,85^{ab}$	$93,33 \pm 2,22$
75	$8,71 \pm 1,52^a$	$5,08 \pm 0,40$	$1,02 \pm 0,43$	$2,50 \pm 0,13$	$2,36 \pm 0,07$	$199,80 \pm 9,01^{ab}$	$92,59 \pm 2,57$
100	$7,78 \pm 1,46^b$	$4,42 \pm 0,34$	$0,88 \pm 0,53$	$2,39 \pm 0,02$	$2,55 \pm 0,37$	$169,40 \pm 6,12^b$	$91,86 \pm 5,13$

Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem significativamente ( $P < 0,05$ ). Dados apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Tratamentos (T), peso final (PF), ganho de peso (GP), ganho de peso por semana (GPS), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de conversão alimentar (TCA), biomassa final (BF) e sobrevivência (S).

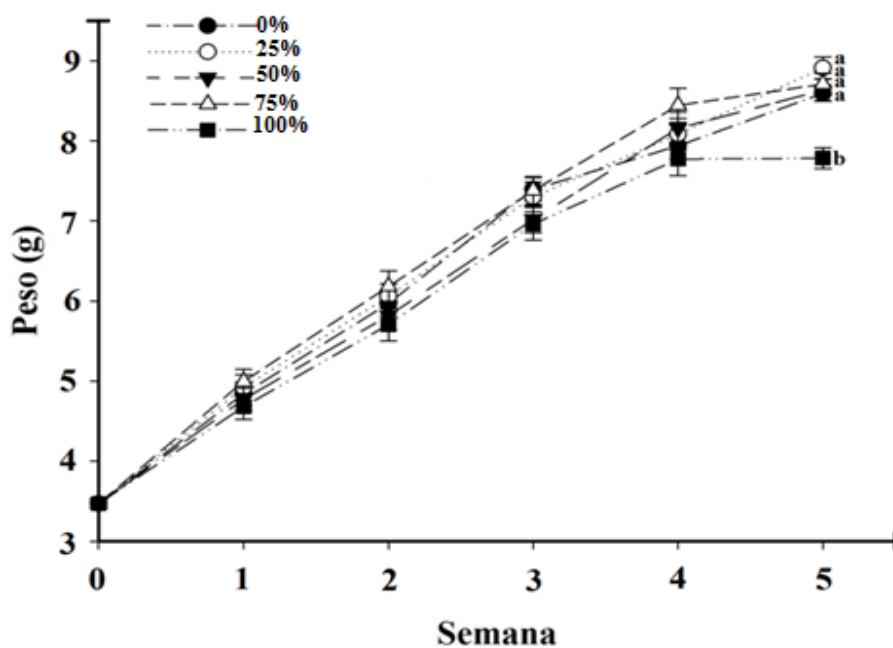


Figura 1. Peso (g) vs semana do *L. vannamei* criados nos tratamentos (0%, 25%, 50%, 75%, 100%), em substituições de farinha e óleo de peixes pela farinha e óleo de origem vegetal.

Ao final do experimento no músculo dos camarões, não foi evidenciada diferença significativa ( $P>0,05$ ) no conteúdo da proteína, gordura, umidade e cinzas entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Composição proximal (%) do músculo e do Bioflocos no final do período experimental. Valores apresentados como média  $\pm$  desvio padrão (n=9).

T	Proteína	Gordura	Umidade	Cinzas
0	20,77 $\pm$ 0,43	2,49 $\pm$ 0,11	75,70 $\pm$ 0,71	2,78 $\pm$ 0,04
25	20,27 $\pm$ 0,93	2,51 $\pm$ 0,9	75,92 $\pm$ 0,65	2,58 $\pm$ 0,28
50	20,62 $\pm$ 0,90	2,84 $\pm$ 0,15	76,23 $\pm$ 0,35	2,57 $\pm$ 0,06
75	20,69 $\pm$ 0,44	2,40 $\pm$ 0,30	76,12 $\pm$ 0,65	2,49 $\pm$ 0,01
100	20,83 $\pm$ 0,35	2,39 $\pm$ 0,15	76,01 $\pm$ 0,74	2,37 $\pm$ 0,09
<b>Bioflocos</b>	<b>31,27<math>\pm</math>0,16</b>	<b>2,93<math>\pm</math>0,41</b>	<b>9,19<math>\pm</math>0,10</b>	<b>26,32<math>\pm</math>0,09</b>

## DISCUSSÃO

O presente estudo ficou demonstrado que é possível substituir 75% da farinha e do óleo de peixe em ração da fase de engorda de *L. vannamei* sem afetar os desempenhos zootécnicos da espécie. As sobrevivências encontradas foram superiores à 91,6%, valores estes similares aos reportadas por Xu et al. (2012) e Xu & Pan (2012), as quais estiveram acima de 85%. Wasielesky et al. (2006), reportaram melhores taxas de sobrevivências (100%) em sistemas de recirculação com biofloco quando comparados com sistema em água clara.

O maior performance dos camarões criados em sistemas BFT é devido à ingesta dos flocos microbianos, que contém altos níveis de proteína e outros fatores importantes que complementam a nutrição dos animais (Jory et al., 2001; Tacon et al., 2002). A análise proximal dos bioflocos no presente estudo, corroboraram esta informação, indicando alto nível de proteína (31,2%), que é similar aos níveis encontrados por Wasielesky et al. (2006), Emerenciano et al. (2012) e Xu et al. (2012), sendo de 31,07%, 30,4% e 28,68%, respectivamente.

Vários estudos demonstram que os bioflocos podem ser considerados como alimento suplementar à ração, refletindo desta forma em melhora no desempenho zootécnico. Wasielesky et al. (2006) demonstraram que para juvenis de *L. vannamei* as maiores taxas de crescimento foram encontradas para os camarões criados em sistema de recirculação com bioflocos, comparados com os criados no sistema de água clara. Do mesmo modo, juvenis de *Penaeus monodon* também apresentaram melhor crescimento em sistema BFT (Arnold et al., 2009). Hari et al. (2004) relata que é possível utilizar ração com menores níveis proteicos para *P. monodon* desde que produzidos em sistema de bioflocos. Ballester et al. (2010) também demonstraram para *Farfantepenaeus paulensis* criados em sistema de bioflocos que a proteína da dieta poderia ser reduzida em até 10% (de 45% para 35%), sem prejudicar o desempenho do crescimento do camarão. Recentemente, Xu et al. (2012) concluem que quando uma grande abundância de bioflocos estão presentes no sistema de cultivo, a utilização de dietas ricas em proteína, pode ser desnecessário e economicamente

inviável, portanto recomendam baixar a 25% o nível da proteína na dieta de juvenis de *L. vannamei*, já que dietas com baixos nível de proteína são mais rentáveis e mais ambientalmente amigável, devido à redução no uso de farinha de peixe.

No presente estudo ficou evidente que é possível substituir juntamente, uma apreciável proporção de farinha e óleo de peixe por produtos vegetais, na ração de camarões criados em sistema BFT. Possivelmente, com a redução da inclusão de farinha e óleo de peixe, os bioflocos poderiam fornecer parte destes nutrientes como os ácidos graxos essenciais, aminoácidos, vitaminas e minerais (De Schryver et al., 2008).

Em dietas práticas de diversas espécies de peixes, como bagre e tilápia, e de crustáceos como *Macrobrachium rosenbergii*, a farinha de peixe tem sido completamente substituída por fontes de proteínas terrestres (Webster & Lim, 2002; Tidwell et al., 1993). No entanto, a substituição total da farinha de peixe, por fontes proteicas de origem vegetal e animal para *L. vannamei* em sistemas convencional (água clara), tem sido menos sucedida (Samocha et al., 2004; Tan et al., 2005).

O farelo e o concentrado proteico de soja tem sido amplamente estudado e utilizado em rações comerciais de peixes e camarões, reportando inclusões de até 100% em *Penaeus monodon* com farelo de soja suplementado com farinha de camarão (Piedade-Pascual et al., 1990), e em *L. vannamei* por uma mistura de plantas, incluindo a soja, ervilha e milho (Sookying & Davis, 2011) e com uma mistura de concentrado de proteína de soja e farinha de flocos microbianos (Bauer et al., 2012). Enquanto que o óleo de soja e óleo de milho, ricos em ácido linoléico (18: 2 n 6), foram introduzidos para substituir parcialmente o óleo de peixe em *L. vannamei* (Zhou et al., 2007).

Os camarões apresentam pouca capacidade para converter o ácido linoleico (LA) em ácido araquidônico (AA), como o ácido linolênico (LNA) em (EPA) e (DHA) (Kanazawa, Teshima & Ono, 1979, Kanazawa et al., 1979; Kayama et al., 1980). Quando a farinha e óleo de peixes são reduzidos também diminui uma quantidade considerável de ácidos graxos, pelo qual se deve adicionar uma quantidade mínima (1,0-2,0%) de ácidos graxos altamente insaturados (n-3 HUFA) nas dietas para um melhor crescimento dos camarões (Browdy et al., 2006). No entanto, as substituições feitas até 75% da farinha e óleo de peixe

por produtos de origem vegetal em sistemas BFT não apresentaram efeitos negativos nos parâmetros zootécnicos em *L. vannamei*.

Outra explicação para a diminuição do desempenho dos camarões, poderia estar relacionada com o desequilíbrio dos perfis de aminoácidos ou aos fatores anti-nutricionais que podem estar presentes nesta dieta. O concentrado proteico de soja é deficiente em metionina, lisina e triptofano (Foster et al., 2002) e possui fatores anti-nutricionais como os inibidores da tripsina, lecitinas, além de oligossacarídeos, que provavelmente podem à digestão e reduzindo a disponibilidade de nutrientes (Dersjant-Li, 2002). Assim, é conhecido que altas concentrações de produtos vegetais como a soja e outros mais utilizados em dietas para camarões afetam negativamente a palatabilidade e digestibilidade (Paripatananont et al., 2001; Sookying & Davis, 2012; Ye et al., 2012).

Embora, os bioflocos possam influenciar a composição corporal dos camarões cultivados (Kuhn et al., 2010; Xu & Pan, 2012), não foi evidenciada diferenças na análise proximal do músculo dos camarões entre os tratamentos. Os conteúdos de proteínas, lipídios e cinzas apresentaram níveis médios de 20,27%, 2,53% e 2,56%, respectivamente. Valores similares no conteúdo de proteína do músculo dos camarões mantidos em sistemas BFT foram relatados por vários autores como Xu & Pan (2012) e Wasielesky et al. (2006), os quais reportaram níveis médios de proteína de 18,6% e 17,8%, respectivamente. Diferenças nos níveis de lipídeos e cinzas nos camarões mantidos em bioflocos com diferentes taxas de C/N foram reportados por Xu & Pan (2012).

Neste estudo a substituição parcial, tanto da farinha como do óleo de peixes, ajudam a minimizar a dependência destes ingredientes, e portanto, minorar o impacto ambiental. Foi comprovada que a tecnologia dos bioflocos é uma estratégia sustentável para apoiar a criação de camarão, já que podem reduzir o custo com alimento.



## CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo confirmam a contribuição proteica e lipídica dos bioflocos sobre a nutrição de *Litopenaeus vannamei* criados em sistemas BFT.

Segundo o desempenho zootécnico dos camarões, nas condições experimentais utilizadas neste estudo, nas dietas para engorda de *L. vannamei* criados em sistemas BFT, pode ser substituído até um 75% a farinha e o óleo de peixes, por fontes alternativas de origem vegetal (concentrado proteico de soja e óleo de soja) sem afetar o crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official Methods of Analysis of AOAC, 16th edition. Patricia Cunniff (editora), Washington, DC.
- APHA, (American Public Health Association), 1998. Standard methods for the examination of water and waste water. 20th edition. Washington, DC. 1193 p.
- ARNOLD SJ, FE COMAN, CJ JACKSON, SA GROVES, 2009. High-intensity, zero water exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture* 293: 42–48.
- AVNIMELECH Y, 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227–235.
- AVNIMELECH Y, 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264: 140 -147.
- AVNIMELECH Y, 2008. Sustainable land-based aquaculture rational utilization of water, land and feed. *Mediterranean Aquaculture Journal* 1: 45–55.
- BALLESTER EC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU & W WASIELESKY, 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system *Aquaculture, Nutrition* 16: 163 -172.
- BAUER WA, CH PRENTICE, MB TESSER, W WASIELESKY, & L POERSCH, 2012. Substitution of fishmeal with microbial flocs meal and soy protein concentrates in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 342–343: 112–116

- BURFORD MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, DC PEARSON, 2003. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219: 393–411.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, DC PEARSON, 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture* 232: 525-537.
- BROWDY C, G SEABORN, H ATWOOD, DA DAVIS, RA BULLIS, TM SAMOCHA, E WIRTH & JW LEFFLER, 2006. Comparison of pond production efficiency, fatty acid profiles, and contaminants in *Litopenaeus vannamei* fed organic plant-based and fish-meal-based diets. *Journal of the World Aquaculture Society* 37: 437–451.
- CRAB R, Y AVNIMELECH, T DEFOIRDT, P BOSSIER, W VERSTRAETE, 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270: 1–14.
- CRAB R, B CHIELENS, M WILLE, P BOSSIER, W VERSTRAETE, 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* post larvae. *Aquaculture Research* 41: 559–567.
- DAVIS DA, & CR ARNOLD, 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 185: 291–298.
- DERSJANT-LI Y, 2002. The use of soy protein in aqua feeds. In: Cruz-Suarez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Gaxiola-Corte´s MG, Simoes N (eds) *Advances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposios Internacional de Nutrición Acuícola*, Cancún, Quintana Roo, México, 3 – 6
- DE SCHRYVER P, R CRAB, T DEFOIRDT, N BOON, W VERSTRAETE, 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277: 125–137.
- EBELING JM, MB TIMMONS, JJ BISOGNI, 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of

ammonia-nitrogen in aquaculture in aquaculture production systems. *Aquaculture* 257: 346-358.

EMERENCIANO M, EC BALLESTER, RO CAVALLI, W WASIELESKY, 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research* 43: 447-457.

FAO, 2014. Food and agriculture organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (253 pp).

FÓES GK, C FRÓES, D KRUMMENAUER, L POERSCH, W WASIELESKY JUNIOR, 2011. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities. *Journal of Shellfish Research* 30: 367-373.

FORSTER IP, W DOMINY, AGJ TACON, 2002. The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds. In: Cruz-Suarez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Gaxiola-Cortes MG, Simoes N.(eds), Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Cancún, Quintana Roo, México, 3–6

GATLIN DM, BARROWS FT, BROWN P, DABROWSKI K, GAYLORD TG, HARDY RW, HERMAN E, HU G, KROGDAHL Å, NELSON R, OVERTURF K, RUST M, SEALEY W, SKONBERG DJ, SOUZA E, STONE D, WILSON R, WURTELE E, 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aqua feeds: a review. *Aquaculture Research* 38: 551-579.

HARI B, BM KURUP, JT VARGHESE, JW SCHRAMA, MCJ VERDEGEM, 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems *Aquaculture* 241: 179–194.

- HARI B, BM KURUP, JT VARGHESE, JW SCHRAMA, MCJ VERDEGEM, 2006. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems *Aquaculture* 252: 248–263.
- JORY DE, RT CABRERAS, MD DURWOOD, D FEGAN, GP LEE, AL LAWRENCE, JC JACKSON, PR MCINTOSH, AJ CASTAÑEDA, 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. *Aquaculture the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, LA USA.
- KANAZAWA A, S TESHIMA, & K ONO, 1979. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity of bioconversion of linolenic acid in highly unsaturated fatty acid. *Comp. Biochem. Physiol* 63: 295-298.
- KANAZAWA A, S TESHIMA, M ENDO, 1979. Requirements of prawn, *Penaeus japonicus* for essential fatty acids. *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University* 28: 27-33.
- KUHN DD, AL LAWRENCE, GD BOARDMAN, S PATNAIK, L MARSH & GJ FLICK, 2010. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 303: 28-33.
- KAYAMA M, M HIRATA, A KANAZAWA, S TOKIWA, M SAITO, 1980. Essential fatty acids in the diet of prawn-III. Lipid metabolism and fatty acid composition. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 46: 483-488.
- LIM C & W DOMINY, 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 87: 53-63.
- MASUDA T & PJ GOLDSMITH, 2009. World Soybean Production: Area Harvested Yield, and Long-Term Projections. *International Food and Agribusiness Management Review Volume* 12, Issue 4.

- MEGAHED ME, 2010. The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus Semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society* 5: 119–142.
- MILLAMENA OM, MN BAUTISTA-TEREUL, & A KANAZAWA, 1996 Methionine requirement of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 143: 403-410.
- MORRIS T, TM SAMOCHA, DA DAVIS, JM FOX, 2011. Cholesterol supplements for *Litopenaeus vannamei* reared on plant bases diets in the presence of natural productivity. *Aquaculture* 314: 140–144.
- OUIFARD A, J SEYFABADI, A ABEDIAN, KM REZAEI, 2012. Fish meal replacement with rice protein concentrate in a practical diet for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* Boone 1931, *Aquacult Int* 20:117–129.
- PARIPATANANONT T, M BOONYARATPALIN, P PENGSENG, GP CHOTIPUNTU, 2001. Substitution of soy protein concentrates for fishmeal in diets of tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture Research* 32: 369-374.
- PIEDAD-PASCUAL F, EM CRUZ, & A SUMALANGCAY, JR, 1990 Supplemental feeding of *Penaeus monodon* juveniles with diets containing various levels of defatted soybean meal. *Aquaculture* 89: 183-191.
- SALZE G, E MCLEAN, PR BATTLE, MH SCHWARZ, SR CRAIG, 2010. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 298: 294–299.
- SAMOCHA TM, DA DAVIS, IP SAOUD, K DEBAULT, 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 231: 197–203.
- SARGENT JR, DR TOCHER, JG BELL, 2002. The lipids, In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*, 3rd edition. Academic Press, San Diego, pp: 181–257.

- STRICKLAND JDH, TR PARSONS, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: *Fishery Research Board Canada*, 310p.
- SOOKYIN D, DA DAVIS, 2011. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations. *Aquaculture* 319: 141–149
- SOOKYING D, DA DAVIS, 2012. Use of soy protein concentrate in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under field conditions. *Aquacult Int* 20: 357–371.
- SUAREZ JA, G GAXIOLA, R MENDOZA, S CADAVID, G GARCIA, G ALANIS, A SUAREZ, 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boon, 1931). *Aquaculture* 289: 18 - 123.
- TACON AGJ, 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp.
- TACON AGJ & M METIAN, 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aqua feeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285: 146 - 158.
- TAN B, K MAI, S ZHENG, Q ZHOU, L LIU & Y YU, 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research* 36: 439-444.
- TIDWELL JH, CD WEBSTER, DH YANCEY, & LR D'ABRAMO, 1993. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distiller by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 118: 119-130.
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.

- WASIELESKY W, H ATWOOD, A STOKES, CL BROWDY, 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial flocs based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258: 396–403.
- WEBSTER CD, CE LIM, 2002. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for *Aquaculture*. CAB International, New York, NY.
- XU WJ, LQ PAN, 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture* 356–357: 147–152.
- XU WJ, LQ PAN, XH SUN, J HUANG, 2012a. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture Research* <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>.
- YE JD, XH LIU, JH KONG, K WANG, YZ SUN, CX ZHANG, SW ZHAT, K SONG, 2012. The evaluation of practical diets on a basis of digestible crude protein, lysine and methionine for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 18: 651-661.
- ZHOU QC, CC LI, CW LIU, SY CHI & QH YANG, 2007. Effects of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 13: 222–229.