

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Efeito da substituição da farinha de peixe em dietas para
Litopenaeus vannamei cultivado em sistema superintensivo
com bioflocos

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Aqüicultura da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Aqüicultura.

Orientador: Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana

BRUNO RICARDO SCOPEL

Florianópolis - SC
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Scopel, Bruno Ricardo

Efeito da substituição da farinha de peixe em dietas para *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema superintensivo com bioflocos [dissertação] / Bruno Ricardo Scopel. - 2010.

58 f.: 2 fig., 7 tabs.

Orientador: Luis Alejandro Vinatea Arana

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

1. Carcinicultura; 2. Bioflocos, 3. Bio-Floc Technology (BFT), 4. *Litopenaeus vannamei*.

**Efeito da substituição da farinha de peixe em dietas para
Litopenaeus vannamei cultivado em sistema superintensivo
com bioflocos.**

Por

BRUNO RICARDO SCOPEL

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aqüicultura.

Prof. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana – *Orientador*

Dra. Débora Machado Fracalossi

Dr. Wilson Francisco Britto Wasielesky Junior

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A minha família por sempre ter me apoiado, ajudado e contribuído para que eu seguisse o caminho escolhido.

A toda equipe do Laboratório de Camarões Marinhos da UFSC. Professores, estagiários, funcionários e amigos pelo imenso apoio e amizade em todos os dias.

Meu orientador Luis Vinatea e ao professor Walter Seiffert por acreditarem na minha força de vontade e por terem aberto as portas para mim.

Aos professores Wilson Wasielesky Jr e Débora Fracalossi por não terem poupado esforços para contribuir no trabalho.

A empresa Eco Marine e seus funcionários pela força e garra do dia-dia.

As empresas Aquatec e Guabi por terem patrocinado às pesquisas.

Ao CNPQ pela bolsa de estudos.

Aos amigos e companheiros que me ajudaram nessa grande empreitada!

MUITO OBRIGADO!

Dedico este trabalho ao grande amigo, mestre e professor ELPÍDIO BELTRAME (in memoriam).

BRUNO R. SCOPEL

RESUMO

Entre as problemáticas relacionadas à carcinicultura atualmente, está a alta do preço e dependência da farinha de peixe como fonte protéica das rações. A farinha de peixe é essencial nas dietas de camarões peneídeos por apresentar altos índices de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA n-3), aminoácidos essenciais e vitaminas. Entretanto a farinha de peixe é um produto caro e limitado. O consumo dos bioflocos presentes na água pelo camarão da espécie *Litopenaeus vannamei*, em um sistema superintensivo, permite que ingredientes alternativos, principalmente a soja, substituam a farinha de peixe nas dietas industrializadas. A fim de reduzir os custos do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivo com bioflocos (Bio-Floc Technology- BFT) e contribuir com sua prerrogativa de ser ambientalmente amigável, testou-se a inclusão de farelo de soja e outros ingredientes alternativos em substituição à farinha de peixe oriunda de resíduos pesqueiros. O experimento foi realizado em 76 dias, no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os níveis de inclusão foram 0% (dieta A), 12,5 % (dieta B) e 21 % (dieta C). Para cada tratamento utilizou-se 3 réplicas, totalizando 9 unidades experimentais de 50 m³ cada. Todas as rações experimentais foram elaboradas com ingredientes práticos e extrusadas, formuladas para ser isoprotéicas (35% proteína bruta) e obedecer as exigências nutricionais conhecidas para a espécie. Os camarões utilizados foram de linhagem SPF (Specific Pathogen Free) com peso inicial de 3,00 ± 0,5 g. Foram analisados os índices zootécnicos (crescimento, ganho de peso semanal, sobrevivência, conversão alimentar) dos camarões, parâmetros físicos e químicos da água de cultivo e o valor nutricional dos bioflocos formados durante o cultivo. Produtividade, conversão alimentar (CA), sobrevivência, ganho de peso semanal (GPS) e peso final foram analisados por ANOVA unifatorial (p<0,05). Diferenças significativas (p<0,05) entre as médias dos tratamentos (p<0,05) foram analisadas pelo teste de Tukey`s HSD. Os parâmetros físicos e químicos foram analisados pelo teste estatístico ANOVA bi-fatorial. Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (p<0,05) e semanas de cultivo foram avaliadas pelo teste de Tukey`s HSD. Nos parâmetros GPS e peso final houve diferenças significativas entre dieta A e dieta B. A dieta B apresentou o maior peso final (11,63 ± 1,38 g) em relação à dieta A (9,39 ± 0,31 g) e dieta C (10,20 ± 1,10 g). Os demais parâmetros zootécnicos, produtividade, CA e sobrevivência não apresentaram diferenças significativas entre os

tratamentos. Os parâmetros físicos e químicos da água se mantiveram entre os limites aceitáveis para o desenvolvimento do camarão *L. vannamei* por todo o experimento, sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos. O valor nutricional dos bioflocos não apresentou diferença significativa entre os diferentes tratamentos. Os resultados satisfatórios mostraram que a redução da farinha de peixe até certo nível de substituição é possível, podendo ser efetuada em cultivos superintensivos de *L. vannamei* com bioflocos presentes na água, sem afetar seu desempenho zootécnico. E o valor nutricional dos bioflocos não alterou em relação à dieta ofertada. Entretanto, a retirada total da farinha de peixe pode comprometer o ótimo desempenho dos animais, se certos nutrientes essenciais não forem suplementados na dieta.

ABSTRACT

The high price and dependence on fish meal as principal protein source of shrimp feeds are among the tissues related to shrimp farming today. Fishmeal is essential in the diets of penaeid shrimp by having high levels of highly unsaturated fatty acids (n-3 HUFA), essential amino acids (AA) and vitamins. However, fishmeal is expensive and limited product. The consumption of bioflocos in the water by the shrimp *Litopenaeus vannamei* in a superintensive biofloc system (Bio-Floc Technology-BFT), allows that alternative ingredients to replace the fishmeal in industrialized diets. To reduce the shrimp culture cost of *Litopenaeus vannamei* in superintensive bioflocos system and contribute their prerogative to be environmentally friendly, this study aimed a replacement of fish meal for alternative ingredients, especially soybean meal. The experiment was carried through in 76 days, in the Shrimp Marine Laboratory (LCM) of the Federal University of Santa Catarina (UFSC). The inclusion levels had been 0% (diet A), 12.5% (diet B) and 21% (diet C). For each treatment were used 3 replicates, totalizing 9 experimental units of 50 m³ each. All the experimental rations had been elaborated with practical ingredients and extrusion process, formulated to be isoproteins (35% crude protein) and to be the known nutrition requirements for the specie. The used shrimps had of SPF line (Specific Pathogen Free) with initial weight of 3,00 ± 0,5 g. The growth, weekly weight gain, survival, feed conversion rate (FCR) of the shrimps, physical and chemical parameters of the culture water and the nutritional value of the bioflocos formed during the culture had been analyzed. Productivity, FCR, survival, weekly growth and final weight had been analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA). Significant differences among the means of the treatments had been analyzed by the test of Tukey`s HSD test. The physical and chemical parameters had been analyzed by two-way ANOVA and differences among the means analyzed by Tukey's HSD test. In the parameters weekly weight gain and final weight it had significant differences among diet A and diet B. Diet B presented the biggest final weight (11,63 ± 1,38 g) in relation to the diet A (9,39 ± 0,31 g) and diet C (10,20 ± 1,10 g). The productivity and survival had not presented significant differences among the treatments (p<0,05). The physical and chemical parameters of the water had all kept between the acceptable limits for the development of shrimp *L. vannamei*, without presenting significant difference between the treatments (p<0,05). The nutritional value of the bioflocos did not show significant difference between the different treatments (p<0,05). The

satisfactory results showed that the reduction of the fish meal until certain level of substitution is possible in biofloc super intensive system of *L. vannamei*, without affecting its performance. The nutritional value of the bioflocos did not modify in relation to the offered diet. However, the total withdrawal of the fish flour can compromise the excellent performance of the animals, if essential nutrients will not be supplemented in the diet.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1 <i>A Carcinicultura</i>	13
1.2 <i>Farinha de Peixe</i>	16
1.3 <i>Sistema de Bioflocos</i>	18
3. OBJETIVOS	22
3.1. Objetivo Geral	22
3.2. Objetivos Específicos	22
4. ARTIGO CIENTÍFICO	23
1. Introdução	24
2.1. <i>Análises Físicas e Químicas da Água</i>	30
2.3. <i>Análise Estatística</i>	32
3. Resultados e Discussão	34
3.1. <i>Parâmetros Zootécnicos</i>	34
3.2. <i>Qualidade da Água</i>	40
3.3. <i>Valor Nutricional dos Bioflocos</i>	43
4. Conclusão	45
5. Referências Bibliográficas	46
6. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	53

1. INTRODUÇÃO GERAL

Após um crescimento acelerado, particularmente nas últimas quatro décadas, a aquicultura já fornece quase metade (47%) dos pescados consumidos pela população humana mundial. Isto reflete não somente na vitalidade do setor, mas também uma tendência de desenvolvimento cada vez maior, impulsionado principalmente pelo crescimento econômico global, aumento do consumo e estagnação da pesca (FAO, 2009).

A aquicultura desenvolveu-se de forma expressiva ao redor do mundo nos últimos 50 anos, desde uma produção de menos de 1 milhão de toneladas no começo da década de 50, até 51,7 milhões de toneladas, gerando US\$ 78,8 bilhões em 2006. Comparadamente com outros setores da área de produção animal, a aquicultura é a área que cresceu em ritmo mais acelerado nos últimos anos (média de 8,7 % ao ano desde 1970), embora apresente uma taxa gradativa de desaceleração deste crescimento (HISHAMUNDA et al., 2009). Com o volume de pescados capturados dos estoques naturais cada vez menor, causando a redução e até estagnação da captura de algumas espécies, a aquicultura se tornou a fonte mais promissora para o fornecimento de proteína de origem aquática de alta qualidade. Os países em desenvolvimento são os mais promissores para a expansão dos cultivos aquáticos, entre eles o Brasil, contribuindo para a segurança alimentar humana e redução na pressão sobre as populações selvagens (FAO, 2009; HISHAMUNDA et al., 2009).

1.1 A Carcinicultura

O ápice da pesca de camarões no mundo foi alcançado no início da década, mais precisamente em 2003 (Figura 1). Desde então, a captura de camarões não consegue ultrapassar a marca de 3,5 milhões de toneladas. Em 2006, a carcinicultura produziu 3,1 milhões de toneladas. Praticamente triplicou a biomassa de camarões cultivados no ano de 2000, chegando a 42 % de todo camarão produzido no mundo (Figura 1) gerando 17,95 bilhões de dólares (FAO, 2009).

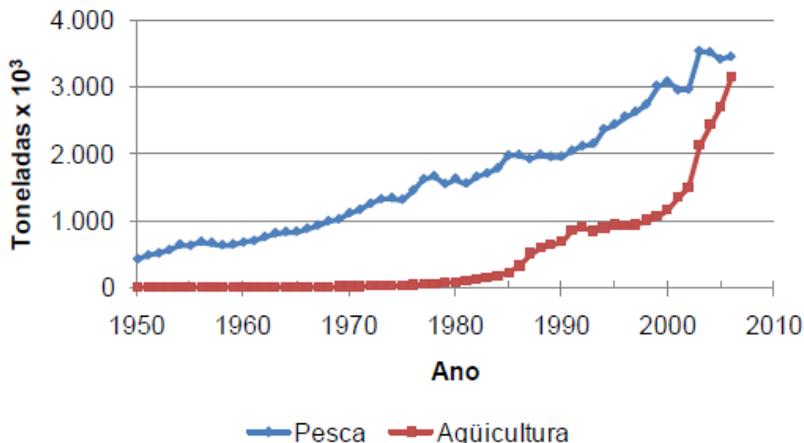


Figura 1: Produção mundial de camarões pela aqüicultura e pesca (FAO, 2008)

Dentre os setores da aqüicultura, a carcinicultura representa um dos mais importantes. É o setor que mais cresceu nos últimos 30 anos, aproximadamente 18% ao ano e é o terceiro maior setor do total produzido pela aqüicultura (9%) depois dos peixes de água doce (54%) e moluscos (27%) (FAO, 2009).

No Brasil, o auge da pesca de camarões ocorreu em 1979 com a produção de 79.413 t. Desde então, a pesca entrou em franco declínio, fechando o ano de 2006 com apenas 38.462 t (menos da metade do volume capturado no final da década de 70). Em 2001, a produção brasileira de camarões cultivados (40.000 t) extrapolou pela primeira vez a quantidade de camarões da pesca extrativista (28.025 t). Com as expectativas acerca do cultivo de camarões crescendo, o ano de 2003 representou o recorde de camarões cultivados (90.190 t). A região Nordeste do Brasil é a maior produtora com aproximadamente 95% da área destinada ao cultivo (MPA, 2010). O elevado potencial nordestino é creditado principalmente a extensas áreas costeiras com temperaturas elevadas, o que possibilita a criação de camarões durante todo ano. Em Santa Catarina, a presença de terrenos em estuários com fontes de água salgada e salobra, onde a pecuária e a agricultura são pouco competitivos ou inexistentes, por isso mesmo de baixo valor econômico, foi decisiva para o início da carcinicultura, principalmente na região Sul do estado (CARVALHO FILHO, 2002; NUNES, 2001; OSTRENSKY & BARBIERI, 2002).

O cultivo de camarões é tradicionalmente realizado em tanques de terra e próximo à regiões costeiras, a manutenção da qualidade da água é baseada em grandes trocas de água e vinculada totalmente com o meio ambiente adjacente (HOPKINS et al., 1993; PÁEZ-OSUNA, 2001). O crescimento acelerado da atividade, promovido principalmente pelo alto preço de mercado e aumento do consumo de camarões, gerou pontos positivos como a geração de empregos, renda e divisas aos países produtores, mas também conseqüências negativas, principalmente sociais e ecológicas (FAO, 2009). Entre elas as conseqüências ecológicas da conversão de ecossistemas naturais, particularmente de manguezais, para a construção de viveiros de cultivo de camarões. Os efeitos, tais como a salinização de lençóis freáticos, a utilização da farinha de peixe nas rações, a poluição de águas costeiras, aspectos de biodiversidade relacionados à coleta de reprodutores e de pós-larvas do ambiente natural, escape de espécies exóticas ao ambiente e conflitos sociais, são outros efeitos passíveis de acontecer dependendo do sistema de produção adotado (PÁEZ-OSUNA, 2001; PRIMAVERA, 2004).

A tendência mundial para o consumo de alimentos produzidos de forma mais ambientalmente amigáveis, socialmente justas, com segurança alimentar pressiona os produtores a adotarem métodos de produção responsáveis que atendam às estas necessidades. Há também, o desafio para que os países produtores implementem políticas e estruturas institucionais adequadas e apropriadas para prover um ambiente voltado para a produção e o comércio responsável, fazendo que a carcinicultura sobreviva ao longo tempo (FAO, 2006; HISHAMUNDA et al., 2009).

Combinada com os problemas ambientais, a carcinicultura vem sofrendo com a introdução de patógenos, resultando em grandes surtos de doenças e perdas economicamente significativas nos países produtores (BROWDY & JORY, 2009; FAO, 2006). Com a intensificação dos cultivos nos últimos anos estes problemas se agravaram e as doenças virais se tornaram as mais ameaçadoras. No Brasil, a Necrose Muscular Infecciosa (NIM) no Nordeste do país e a Síndrome do Vírus da Mancha Branca (WSSV) em Santa Catarina são as mais importantes (SEIFFERT et al., 2006). O impacto dessas doenças sobre a produção nas fazendas tem forte relação com os sistemas de produção semi-intensivo e intensivo, baseados em alta renovação de água, adotados no Brasil e na maioria dos países produtores, os quais desfavorecem a biossegurança dos cultivos (BROWDY et al., 2001; NAYLOR et al., 2000).

A fragilidade do sistema de produção e da indústria perante ao WSSV resultou na queda da produção catarinense de 4.190 t no ano de 2004 para 300 t em 2007 (Figura 2). Os prejuízos somaram R\$ 6 milhões e dos 1600 hectares de viveiros existentes, apenas 200 não foram afetados pelo vírus (SEIFFERT et al., 2006).

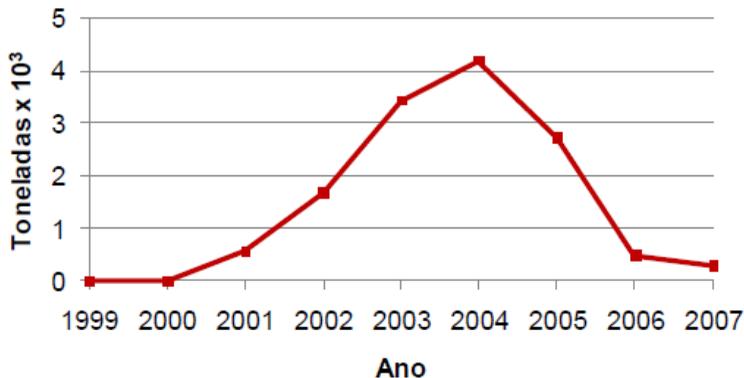


Figura 2: Produção de camarões cultivados em SC (SILVEIRA et al., 2008)

1.2. Farinha de Peixe

O cultivo de camarões é altamente dependente da captura de peixes marinhos do ambiente natural como fontes de farinha e óleos de peixes, ingredientes chaves na nutrição destes animais, por fornecerem aminoácidos, vitaminas e ácidos graxos essenciais, principalmente os ácido graxos altamente insaturados (Highly Unsaturated Fatty Acids-HUFA n-3), presentes nas membranas celulares, precursores de hormônios e imune moduladores (BRETT & MÜLLER-NAVARRA, 1997; CUZON et al., 2004; LIM et al., 1997; TACON et al., 2002).

Em 2006 a aquicultura consumiu 3,73 milhões de toneladas de farinha de peixe (68,2% do total produzido no mundo em 2006) e 835 mil toneladas de óleo de peixe (88,5% do total produzido no mundo em 2006), ou o equivalente a 16,6 milhões de toneladas de pequenos peixes pelágicos. Entretanto a produção pode ser maior em alguns anos e menor em outros. Essa variação é ocasionada pela disponibilidade de peixes utilizados para a fabricação do óleo e da farinha, principalmente da anchoveta (*Engraulis ringens*) do Peru e norte do Chile, fortemente influenciada pelo fenômeno “El niño”. A utilização específica da farinha

de peixe em dietas para aquicultura em 2006 foi 27% destinada para o cultivo de camarões, 18% para o cultivo de peixes marinhos e 15% para o cultivo de salmónídeos (TACON & METIAN, 2008). Os níveis de inclusão da farinha e óleo de peixe nas dietas de camarões vêm declinando nos últimos anos, entretanto, a utilização destes ingredientes para dietas da aquicultura vem aumentando junto com o crescimento do setor (HARDY, 2010; JACKSON, 2007; WILLIAMS & RIMMER, 2005).

Nos últimos anos, o setor aquícola em geral enfrenta grandes problemas com o aumento considerável no preço da farinha de peixe, matéria prima utilizada como principal fonte de proteína para rações de animais aquáticos cultivados (CRUZ-SUÁREZ et al. 2007; TACON & FORSTER, 2000). Este aumento de preço é ocasionado principalmente pelo crescimento da procura por este produto (5% ao ano), acompanhando o crescimento da aquicultura (TACON & METIAN, 2008).

Ao mesmo tempo a diminuição gradativa dos peixes capturados para a fabricação da farinha dos estoques pesqueiros naturais agrava a situação (CRUZ-SUÁREZ et al., 2007). A farinha de peixe é um recurso limitado e finito (HARDY, 2010) e sua utilização excessiva vem sendo muito criticada por cientistas, pesquisadores e ambientalistas do mundo todo (NEW, 2003).

A utilização de peixes selvagens para a produção de farinha de peixe pode levar à sobre exploração deste recurso, causando depleção de alguns estoques naturais de peixes, o que resulta na redução de alimento para as espécies em níveis tróficos superiores. Em práticas comuns, é utilizado 1 a 5 kg de peixes pelágicos selvagens para produzir 1 kg de peixe da aquicultura (NAYLOR et al., 2000). Isto representa um caminho não sustentável de produção de alimentos. Nas últimas décadas, o uso da farinha de peixe como ingrediente para alimento de animais aquáticos (peixes e crustáceos) incrementou notavelmente (HARDY, 2010). Segundo a FAO (2009), a produção de farinha de peixe para dietas da aquicultura mais que dobrou entre 1995 e 2005. TACON & METIAN (2008) afirmam que o uso da farinha de peixe como ingrediente na aquicultura cairá nos próximos anos. Isto se deve ao incremento do preço deste ingrediente e o declínio do preço dos produtos de cultivados no mercado, forçando os produtores a substituírem a farinha de peixe por ingredientes protéicos de menor custo.

Um importante fator considerado para reduzir os custos de produção e incrementar a produção em cultivo de camarões é o uso de dietas com baixos níveis de farinha de peixe, com a substituição desta por ingredientes de alta qualidade, entretanto, mais baratos. Ingredientes protéicos selecionados para substituírem a farinha de peixe, parcial ou totalmente, incluem grãos e subprodutos animais, como resíduos de indústrias avícola, bovina e pesqueira (HARDY, 2010; SAMOCHA et al., 2004; SUÁREZ et al., 2009).

A alimentação constitui um dos principais aspectos a ser considerado em cultivo de qualquer espécie aquática (BROWDY & JORY, 2009). Para os camarões peneídeos, o custo da alimentação pode representar cerca de 50% dos custos de produção. Uma porcentagem muito alta desse valor corresponde ao custo da farinha de peixe. Diversas pesquisas estão sendo direcionadas para encontrar substitutos que possam suprir total ou parcialmente a farinha de peixe, aproveitando um maior número de fontes vegetais e subprodutos. A combinação de ingredientes convencionais e não convencionais, disponíveis em cada região, podem contribuir para a diminuição dos custos de produção e adequar as dietas para cada sistema de cultivo empregado (JACKSON, 2007; GALANO et al., 2007).

1.3. Sistema de Bioflocos

A fim de solucionar as problemáticas que afetam este importante setor de produção de alimentos, pesquisadores em todo o mundo estudam maneiras de produzir camarões de forma mais ambientalmente amigáveis e biosseguras (AVNIMELECH, 2009), sem colocar em risco as produções e o meio ambiente. A partir destes conceitos, desenvolveu-se os sistemas de cultivo com zero ou mínima troca de água com bioflocos, também chamado de *Bio-Flocs Technology* ou simplesmente *BFT*, o qual apresenta diversas vantagens em relação ao sistema semi-intensivo tradicional, como o aumento considerável da produtividade e a baixa renovação de água por exemplo (AVNIMELECH, 2009; BOYD & CLAY, 2002; DE SCHRYVER & VERSTRAETE, 2009).

A intensificação dos sistemas de cultivo de peixes e camarões, almejando maiores produtividades, pode causar grande impacto na qualidade da água utilizada. O rápido acúmulo dos resíduos de alimento, matéria orgânica e compostos nitrogenados tóxicos comprometem severamente os animais cultivados. Se altas renovações de água são

utilizadas como estratégia de manutenção da qualidade de água, a biossegurança da produção é comprometida aumentando a vulnerabilidade a doenças (HARGREAVES, 2006). O tratamento dos efluentes através de biofiltros é possível, porém altamente custoso, limitando-se ao uso em laboratórios de produção de pós-larvas (AVNIMELECH, 2006). Uma alternativa para a redução dos compostos nitrogenados é o desenvolvimento e controle de bactérias aeróbicas benéficas no sistema de produção, sem renovação da água (AVNIMELECH, 1999; EBELING et al., 2006; HARGREAVES, 2006; VAN WYK, 2006).

A amônia é o principal componente tóxico liberado pelas excretas dos camarões e pelo processo de mineralização da matéria orgânica através de bactérias heterotróficas. Os processos naturais que envolvem a transformação da amônia incluem a absorção pelas microalgas, nitrificação por bactérias quimioautotróficas e imobilização por bactérias heterotróficas. O processo de imobilização, onde as bactérias heterotróficas convertem a amônia em biomassa bacteriana depende da relação de Carbono e Nitrogênio (relação C:N) do substrato disponível. Esta relação deve estar em 10:1 ou mais (ARANTES, 2007; AVNIMELECH, 1999; HARGREAVES, 2006). Diversas fontes de carbono podem ser utilizadas, essas incluem ingredientes ricos em açúcares como melaço-de-cana e sacarose.

Através de processos físicos e químicos, as bactérias juntamente com diversos outros microrganismos (bactérias filamentosas, microalgas, protozoários, invertebrados) vivos e mortos, polímeros orgânicos, fezes, resíduos de ração, agregam-se em pequenos flocos também chamados de bioflocos (AVNIMELECH, 1999; DECAMP et al., 2002, DE SCHRYVER et al., 2008). Este fenômeno facilita a predação de algumas espécies aquáticas onívoras como o camarão *L.vannamei*, os quais consomem diretamente os bioflocos como fonte de alimento altamente nutritiva, rica em proteínas, aminoácidos e outros microelementos essenciais (BURFORD et al. 2004; CUZON et al., 2004; MCINTOSH, 2000). No cultivo de camarões apenas cerca de 15 a 30% do alimento fornecido na forma de ração se converte em biomassa nos organismos cultivados, o restante é perdido para a água na forma de matéria orgânica (HOROWITZ & HOROWITZ, 2001; JORY et al., 2001). Entretanto, em sistema de bioflocos há uma reciclagem dos nutrientes da água e o reaproveitamento do alimento não consumido, em forma de proteína microbiana, disponível aos camarões (AVNIMELECH, 2009). BURFORD et al. (2004) relataram que a

utilização dos bioflocos como alimento fornece uma grande quantidade de nitrogênio na dieta dos camarões, contribuindo significativamente ao crescimento dos animais e que mais de 29% do alimento consumido por *L. vannamei* pode ser proveniente dos flocos microbianos presentes no meio heterotrófico. A presença de microorganismos nos tanques de cultivo aumenta a eficiência da conversão protéica de 20-25% para cerca de 45%, pois eles convertem o nitrogênio inorgânico presente na água e o disponibilizam na forma de proteína microbiana, que é ingerida pelos organismos cultivados (AVNIMELECH, 1999). Estas premissas possibilitam alterações nas formulações de dietas tradicionais para *L.vannamei*, tanto a substituição de ingredientes, quanto a disponibilidade de nutrientes disponíveis nas dietas, sendo complementadas pelo elevado valor nutritivo dos bioflocos (BROWDY et al., 2006; BURFORD et al., 2004; CUZON et al., 2004; MCINTOSH et al., 2000; RAY et al., 2010). Os microorganismos presentes nos bioflocos, ingeridos pelos camarões, desenvolvem um limitado, porém importante, papel na digestão e suprimento de nutrientes, como o equivalente a biodigestores ou biorreatores aeróbicos *in situ*, localizados no estômago do animal (CRYSTAL et al., 2008; TACON et al., 2002).

O sistema BFT vem sendo amplamente pesquisado ao redor do mundo e aplicado em sistemas comerciais com sucesso em países como Belize, Peru, China e Indonésia (BOYD & CLAY, 2002; TAW et al., 2008; TAW, 2009). O camarão cultivado neste sistema é de alta qualidade, sem apresentar quaisquer tipos de viroses ou doenças que possam prejudicar o rendimento da produção e principalmente a saúde dos consumidores. A produção é biossegura (sem a entrada de patógenos) com a utilização de larvas SPF (Specific Pathogen Free) (OTOSHI et al., 2009).

Através das vantagens oferecidas pelo sistema bioflocos na questão da biossegurança, na questão ambiental e na possibilidade da redução de custos com dietas alternativas e específicas para bioflocos (RAY et al., 2010), a necessidade de alavancar linhas de pesquisa voltadas a nutrição neste tipo de sistema para a realidade torna-se evidente. Para contribuir e dar início a uma série de possibilidades e alternativas que o sistema superintensivo com bioflocos proporciona, a presente pesquisa foi desenvolvida contribuindo para aprimoramento do sistema BFT no Brasil.

O artigo científico será submetido à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

2. JUSTIFICATIVA

Atualmente, a principal problemática que entrava o desenvolvimento da carcinicultura em nível mundial são a degradação ambiental e doenças virais (BOYD & CLAY, 2002; BURFORD, 2004), inclusive no estado de Santa Catarina com a síndrome da mancha branca (WSSV) (SEIFFERT et al., 2006). Diversos pesquisadores ao redor do mundo somam esforços para contornar estes problemas através do uso de tecnologias de produção mais limpas, que geram menos impacto ambiental e utilizam menos recursos naturais (AVNIMELECH, 2009; BOYD & CLAY, 2002; BURFORD et al., 2004, MCINTOSH, 2000; OTOSHI et al., 2009). O desenvolvimento de novas tecnologias de produção tornou-se uma exigência nos dias atuais devido ao agravamento dos problemas ambientais associados às atividades produtivas (FAO, 2008). O sistema cultivo superintensivo em bioflocos ou *bio-flocs technology* - *BFT* vem sendo apontado como uma inovadora e promissora alternativa para solucionar estes problemas na carcinicultura (DE SCHRYVER & VERSTRAETE, 2009; AVNIMELECH, 2009). A alimentação dos animais nos cultivos é o insumo mais caro nos custos de produção dos cultivos (BROWDY et al., 2009) e a farinha de peixe utilizada nas rações, além de ser o ingrediente mais caro das dietas para camarões, contribui para a degradação de ecossistemas marinhos naturais (HARDY, 2010; TACON & METIAN, 2008). O sistema de cultivo em bioflocos permite que os camarões utilizem ao máximo a produtividade natural do sistema como alimento, possibilitando a utilização de fontes protéicas alternativas à farinha de peixe (BROWDY et al., 2006; RAY et al., 2010; SUÁREZ et al., 2009). Desta maneira, utilizando novas formulações de rações com menor dependência da farinha de peixe nas dietas, os custos de produção podem reduzir consideravelmente, auxiliando a viabilidade econômica e contribuindo para sustentabilidade ambiental do sistema de cultivo (TACON et al., 2002; HARDY, 2010). O Laboratório de Camarões Marinhos (LCM-UFSC) está iniciando pesquisas para o desenvolvimento e viabilidade do sistema BFT em Santa Catarina. Portanto, avaliar diferentes dietas para alimentação dos camarões a fim de reduzir os custos de produção do sistema torna-se essencial e indispensável.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

- Contribuir para o conhecimento, domínio e redução dos custos de produção do sistema superintensivo em bioflocos do camarão *Litopenaeus vannamei*, através da substituição parcial ou total da farinha de peixe por outras fontes protéicas.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de dietas com três diferentes formulações e níveis de inclusão de farinha de peixe no desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema superintensivo com bioflocos.
- Avaliar a qualidade de água em cultivo superintensivo com bioflocos do camarão *Litopenaeus vannamei* submetido a três diferentes dietas.

4. ARTIGO CIENTÍFICO

Efeito da substituição da farinha de peixe em dietas para *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema superintensivo com bioflocos

Bruno Ricardo Scopel^{1*}, Rodrigo Schweitzer¹, Rafael Arantes¹, Walter Quadros Seiffert¹, Vinícius Pierr¹, Felipe Vieira¹, Luis Alejandro Vinatea¹

¹Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88034-001, Florianópolis, SC, Brasil.

*Correspondência: brscopel@hotmail.com

1. Introdução

A carcinicultura é o setor da aquicultura que apresenta os maiores valores de rentabilidade em relação a sua produção (FAO, 2009), com isto seu crescimento acelerado ao redor mundo nas últimas décadas foi inevitável, causando problemas sanitários e ambientais, os quais impactaram diretamente os produtores através de doenças graves como a NIM e a WSSV (SEIFFERT et al., 2006), causando desconfiância de parte da população, principalmente ecologistas e os órgãos ambientais, colocando diversos entraves para seu desenvolvimento (PÁEZ-OSUNA, 2001; NAYLOR, 2000).

Para solucionar as problemáticas existentes no setor, diferentes sistemas de produção são pesquisados e desenvolvidos ao redor do mundo, criando alternativas aos produtores, possibilitando a continuidade de seus empreendimentos voltados para o cultivo de camarões marinhos (BROWDY & JORY, 2009; HISHAMUNDA et al., 2009). Entre as alternativas, o sistema de bioflocos ou BFT (*Bio-Flocs Technology*), esta sendo apontada como uma das alternativas mais adequadas e promissoras para o desenvolvimento sustentável da atividade (AVNIMELECH, 2009). Este método de cultivo apresenta diversas vantagens ambientais como baixo ou zero descarte de água, tratamento e reaproveitamento do efluente (MCINTOSH 2000a; BOYD & CLAY, 2002; OTOSHI et al., 2009), com um grande aproveitamento da biota natural presente na coluna de água como alimento (BURFORD et al., 2003; CHAMBERLAIN et al., 2001), o que possibilita a utilização de diferentes ingredientes protéicos nas dietas em substituição à farinha de peixe (KUNH et al., 2009; RAY et al., 2010), esta cada vez mais escassa e cara (HARDY, 2010; TACON & METIAN, 2008). Na questão ambiental, há uma atenção especial para a redução da farinha de peixe, utilizada como principal fonte de proteína nas dietas dos camarões cultivados (WILLIAMS & RIMMER, 2005; TACON & METIAN, 2008), a qual é produzida principalmente a partir da pesca predatória de pequenos peixes pelágicos, como a sardinha e anchovetas do norte do Chile e Peru (HARDY, 2010). A farinha de peixe é um recurso limitado e finito e sua utilização excessiva vem sendo severamente criticada por organizações ambientais (JACKSON, 2007; HARDY, 2010; NAYLOR, 2000).

Nas dietas de camarões peneídeos a farinha de peixe constitui-se como principal fonte protéica, principalmente por ser rica em aminoácidos essenciais e ácidos graxos, principalmente os altamente

insaturados (HUFA n-3), peças chaves na nutrição destes animais (BRETT & MÜLLER-NAVARRA, 1997; CUZON et al. 2004; TACON & METIAN, 2008). Juntamente com os fatores ambientais, o setor aquícola vem sendo prejudicado com o aumento considerável do preço da farinha de peixe, causado pela alta demanda deste produto (crescimento de 5% ao ano), conseqüente do crescimento da aquicultura, ao mesmo tempo em que a produção da farinha de peixe se mantém estável (HARDY, 2010; TACON & METIAN, 2008; WILLIAMS & RIMMER, 2005). A utilização de peixes selvagens para a produção de farinha de peixe pode levar à sobre exploração deste recurso, causando depleção de alguns estoques naturais de peixes, o que resulta na redução de alimento para as espécies em níveis tróficos superiores. Em práticas comuns, utiliza-se 1 a 5 kg de peixes pelágicos selvagens para produzir 1 kg de peixe para a aquicultura (NAYLOR, 2000). Isto representa um caminho não sustentável de produção de alimentos (HARDY, 2010; NEW, 2003). TACON & METIAN (2008), estimaram que o uso da farinha de peixe como ingrediente na aquicultura poderá cair de 2.190.000 toneladas utilizadas na aquicultura em 2002 para 1.550.000 em 2010. Isto se deve ao incremento do preço da farinha de peixe e o declínio do preço dos produtos de cultivados no mercado, forçando os aquicultores a substituírem a farinha de peixe por ingredientes de menores custos, estes principalmente vegetais, como a soja, e subprodutos animais, (rejeitos) oriundos da indústria de frangos e indústrias pesqueiras (AMAYA et al., 2006, CRUZ-SUÁREZ et al., 2007; GALANO et al., 2007). O farelo de soja, por exemplo, tem um menor custo que a farinha de peixe, possui ampla distribuição no mercado internacional e é bastante produzida no Brasil, sendo uma boa fonte de proteína para camarões peneídeos, pois apresenta um alto teor de proteínas, baixos teores de carboidratos e fibras, alta digestibilidade e bom padrão de aminoácidos essenciais, quando comparado a outras fontes de proteína vegetal (BROWDY et al., 2006; CUZON et al., 2004; LEMOS et al., 2000; MCINTOSH, 2000b). Entretanto a farinha de peixe é considerada um ingrediente essencial na dieta de camarões, pois possui alta digestibilidade de aminoácidos e minerais essenciais, ácidos graxos altamente insaturados (HUFA), fosfolipídeos, colesterol e atrativos de palatabilidade (CRUZ-SUÁREZ et al., 2007). Em termos de composição de lipídios, a soja contém 90% menos ácidos graxos (HUFA n-3) do que a farinha de peixe e tem fatores anti-nutricionais, os quais podem causar uma inibição de enzimas digestivas ativas (CRUZ-SUÁREZ et al., 2007).

YE et al. (2010) e NEW (2003) sugerem que o uso de fontes protéicas alternativas pode substituir a farinha de peixe, porém a ausência de certos nutrientes e o excesso de alguns anti-nutrientes e fibras em ingredientes vegetais podem afetar significativamente o desempenho animal, pois a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (HUFA n-3) é reduzida, os quais são essenciais para a saúde dos camarões e também à saúde humana (BRETT & MÜLLER-NAVARRA, 1997). BROWDY et al., (2006), não encontraram diferença significativa no ganho de peso dos animais alimentados com dieta tradicional com farinha de peixe e uma dieta alternativa feita somente com ingredientes vegetais, adicionando óleos especial de microalgas como fonte de ácidos graxos (HUFA n-3). Formulações tradicionais de dietas para camarões incluem comumente entre 25-50% de farinha de peixe, representando o principal e mais caro ingrediente das rações (AMAYA et al., 2007). A farinha de peixe oriunda de resíduos pesqueiros (subproduto) é uma ótima alternativa para a substituição da farinha de peixe importada, pois oferece nutrientes essenciais aos camarões, diminui os custos de produção e contribui para a atenuação sobre os estoques pesqueiros naturais e solucionando uma problemática do setor pesqueiro (JACKSON, 2007).

Com o desenvolvimento da tecnologia de cultivo superintensivo em bioflocos com baixa ou zero renovação de água, também chamada de *bio-flocs technology* (BFT), novos caminhos para a carcinicultura foram visualizados, podendo haver uma grande mudança na imagem setor. Este deixando de causar danos ao meio ambiente para ser um sistema ambientalmente mais amigável (AVNIMELECH, 2009; BOYD & CLAY, 2002). Levando em consideração a grande quantidade de alimento natural no ambiente aquático dos cultivos super intensivos sem renovação de água, a utilização de flocos microbianos ou bioflocos (agregados de microalgas, zóoplancton, fezes e matéria orgânica em geral) como alimento fornece uma grande quantidade de nitrogênio na dieta dos camarões, contribuindo significativamente no crescimento dos animais (AVNIMELECH, 1999; CHAMBERLAIN et al., 2001; RAY et al., 2009). BURFORD et al., (2004) relataram que mais de 29% do alimento consumido por *L. vannamei* pode ser proveniente dos flocos microbianos presentes no meio heterotrófico. AVNIMELECH, (1999) determinou que a presença de microorganismos nos tanques de cultivo aumenta a eficiência da conversão protéica de 20-25% para cerca de 45%, pois as bactérias heterotróficas convertem o nitrogênio inorgânico presente na água e o disponibilizam na forma de proteína microbiana,

que é ingerida pelos organismos cultivados. A utilização dos bioflocos permitem que espécies de camarões onívoras, como o *Litopenaeus vannamei*, consumam diretamente a biomassa microbiana (BURFORD et al., 2003; WASIELESKY et al., 2006), a qual é rica em proteínas, aminoácidos e outros microelementos essenciais (MCINTOSH, 2000b; TACON et al., 2002).

Pesquisas têm explorado o uso de plantas e subprodutos animais como alternativa para a substituição da farinha de peixe em cultivos de camarões (AMAYA et al., 2007; BROWDY et al., 2006; CRUZ-SUÁREZ et al., 2007; SAMOCHA et al., 2004), entretanto a utilização de farinha de pescado oriunda de rejeitos da pesca, como principal fonte protéica e sua parcial e total substituição, não foram testados em cultivos de *L. vannamei* em alta intensidade (>100 camarões/m²) e baixa renovação de água. RAY et al. (2010) compararam a produção e a qualidade de água de camarões em sistema superintensivo (460 camarões/ m³), comparando dieta convencional de cultivo (35% PB) e farinha de peixe importada, com uma dieta orgânica elaborada principalmente com fontes vegetais, sem apresentar diferenças significativas no ganho de peso final e sobrevivência.

Mesmo existindo diversas pesquisas realizadas com sucesso, testando diferentes níveis e fontes de proteínas no cultivo de camarões, a possibilidade de utilizar a farinha de peixe fabricada através de subprodutos da indústria pesqueira (carcaças de peixes), assim como a substituição deste ingrediente por outros mais baratos e mais acessíveis no país como a soja, foi testada no presente experimento em um sistema superintensivo com baixa renovação de água.

2. Materiais e Métodos

O experimento foi realizado de setembro a dezembro de 2009, no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado no município de Florianópolis, Santa Catarina. A água utilizada foi bombeada da praia da praia de Moçambique (salinidade 35 ppt) filtrada e tratada com hipoclorito de sódio abastecendo nove tanques de 50 m³ cada, instalados dentro de estufas, os quais foram abastecidos com microalgas (produzidas no LCM) e povoados com as pós-larvas (P1 20) SPF (Specific Pathogen Free), providas do Laboratório Genearch, localizado no Município de Canguaretama-RN. Aquecimento da água foi fornecido através de trocadores de calor elétricos, mantendo a água em temperatura ideal (> 23°C) nos dias mais frios. Os camarões inicialmente foram alimentados com uma ração padrão (POTIMAR PL 40% Proteína Bruta) até atingirem o peso de 3,00 ±0,5 g e então deu-se início o experimento, com o fornecimento das dietas experimentais. Baixa renovação de água foi utilizada, apenas para a remoção do lodo em excesso e em casos de emergência para a manutenção da qualidade da água. A densidade de povoamento foi de 235 camarões por m². Como fonte de carbono, melaço-de-cana em pó foi utilizado ajustando a relação C:N da água próxima à 13:1, estimulando a produção das comunidades microbianas e mantendo os compostos nitrogenados inorgânicos (N-NH₄ e N-NO₃) a baixo de 1 mg/l, evitando a intoxicação dos camarões por estes compostos (AVNIMELECH, 1999; EBELING et al., 2006). Os camarões foram alimentados por 76 dias. Nove unidades experimentais receberam aleatoriamente três tratamentos em triplicata.

Tratamentos:

- 1) Dieta A – (35% PB) sem farinha de peixe.
- 2) Dieta B – (35% PB) inclusão de 12,5% de farinha de peixe.
- 3) Dieta C – (35% PB) inclusão de 21% de farinha de peixe (controle).

As rações utilizadas foram elaboradas e fabricadas em parceria com a empresa Guabi® de tal forma que todos os aminoácidos essenciais e os fosfolípidos fossem atendidos nutricionalmente e equilibrados igualmente entre todas as dietas, as quais atenderam todas as exigências nutricionais estipuladas para *Litopenaeus vannamei* (AMAYA et al. 2007; CUZON et al. 2004).

Na dieta C (sem farinha de peixe), o farelo de soja, farinha de carne e farinha de vísceras foram os principais substitutos protéicos (Tabela 1). A dieta C teve a adição de farinha e óleo de peixe como tipicamente são usadas em rações comerciais. A intenção foi reduzir as fontes oriundas de peixes, substituídas por diferentes ingredientes (principalmente farelo de soja e farinha de carne), barateando os custos das rações, sem que os valores mínimos de nutrientes exigidos pela espécie *L.vannamei* fossem alterados. Uma quantidade mínima de gordura de peixe foi utilizada como fonte de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA n-3). A farinha de peixe utilizada nas dietas B e C foi de origem nacional, caracterizada por ser oriunda de rejeitos de pesca (subproduto).

As dietas experimentais foram formuladas para serem isoprotéicas (35% PB) e isolipídicas (2,25% de folipídios) e submetidas ao processo de extrusão (Tabela 2).

Tabela 1: Formulações das 3 diferentes dietas utilizadas no experimento.

INGREDIENTES	DIETA A	DIETA B	DIETA C
	%	%	%
SOJA 46.5-80 SOL	38,9	29,8	19,4
FARINHA DE PEIXE	0	12,5	21
CARNE 43%	15	11	8,8
TRIGO FARELO	10	10	10
LEVEDURA 33 CANA SECA	10	10	10
ARROZ SOLVENTE	5	5	5
MELAÇO LÍQUIDO	4	4	4
QUIRERA ARROZ	3,6	6,3	8,3
VISCERAS	2,1	0	0
LECITINA LIQ GORDURA	2,6	1,26	0
PENAS HIDROLIZADA	2,47	3,5	4
GORDURA PEIXE	1,5	1,5	1,5
FLAVOR ATUM	1,0	1,04	4
FOSFATO MONOBICALCICO	1,43	1,59	1,35
SAL REFINADO	0,5	0,5	0,5
PREMIX	1,9	2,01	2,15
TOTAL	100	100	100

Tabela 2.: Principais nutrientes das 3 diferentes dietas utilizadas no experimento.

NUTRIENTES	DIETA A	DIETA B	DIETA C
	%	%	%
PROTEÍNA BRUTA	35,47	36,04	35,18
FOSFOLIPÍDEOS	2,25	2,25	2,25
COLESTEROL	0,0104	0,0104	0,1526
HUFA	0,457	1,2	1,2

A alimentação dos camarões foi fornecida 3 vezes ao dia (8:00, 12:00 e às 18:00 horas), através de bandejas de alimentação, proporcionando o controle de consumo alimentar (VELASCO et al., 1999):

- 1) Checagem do consumo após 1 hora e meia do arraçoamento.
- 2) Ajuste para a próxima alimentação de acordo com o consumo (Tabela 3).

Tabela 3: Ajustes na taxa de arraçoamento de acordo com o consumo.

% Médio de ração não consumida	Ajuste na Taxa de Alimentação
< 1	Ajuste de 5%
< 5	Nenhuma mudança
5,0 - 10	Decréscimo de 5%
10,0 - 25	Decréscimo de 10%
> 25	Suspender a próxima alimentação. Reiniciar com 10% menos.

2.1. Análises Físicas e Químicas da Água

As análises físicas e químicas da água (Tabela 4) foram realizadas durante todo o cultivo no Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC), localizado nas dependências do LCM.

Tabela 4. Análises físicas e químicas da água realizadas no experimento:

Parâmetro	Unidade	Método	Freqüência
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	Oxímetro YSI 55	Diário/2x ao dia
Temperatura	°C	Oxímetro YSI 55	Diário/2x ao dia
pH	U.I	pHmetro digital	Semanal
Salinidade	g.L ⁻¹	Refratômetro	Semanal
Sólidos Sedimentáveis (SS)	mg.L ⁻¹	Inhoff Mét. #2540F APHA (1998)	Diário
Amônia (mg TAN*) L ⁻¹)	mg.L ⁻¹	STRICKLAND E PARSONS (1972)	Diário
Nitrito (mg NO ₂ -N L ⁻¹)	mg.L ⁻¹	STRICKLAND E PARSONS (1972)	Semanal
Nitrato (mg NO ₃ -N L ⁻¹)	mg.L ⁻¹	STRICKLAND E PARSONS (1972)	Semanal
Fosfato PO ₄ ³⁻ - P	mg.L ⁻¹	STRICKLAND E PARSONS (1972)	Semanal
Alcalinidade (CaCO ₃)	mg.L ⁻¹	APHA (1998)	Semanal

*Amônia Total (NH₄⁺/ NH₃)

Taxa de sobrevivência (%), ganho de peso semanal (g/semana), biomassa (kg) conversão alimentar (CA) e produtividade foram calculadas como segue:

Taxa de sobrevivência (%) = (Nº final de camarões / Nº inicial de camarões) x 100

Ganho de peso semanal (g/semana) = ganho em peso / semanas de cultivo

Biomassa (kg) = peso úmido médio final X total de camarões no tanque

Conversão alimentar (CA) = Consumo de ração / ganho em peso

Produtividade (kg. m⁻³) = Biomassa final / volume total

2.2. *Análise nutricional dos bioflocos*

Foram realizadas análises bromatológicas dos bioflocos formados nos diferentes tratamentos para avaliar a influência de cada tipo de ração sobre o valor nutricional dos bioflocos.

As coletas foram feitas a partir da decantação dos sólidos de todos os tratamentos em tanques de decantação (2000 l), filtragem em telas de 40 µm e secagem em estufa por 12 horas a 40°C. Foram analisados os teores de Proteína Bruta (Método de Kjeldahl), Extrato Etéreo (Método de Soxhlet), Fibra em Detergente Ácido (Método de Van Soest) e Cinzas (por incineração). As análises bromatológicas dos flocos foram realizadas pelo Laboratório Labtec (Campinas – SP).

2.3. *Análise Estatística*

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Sminof ($p < 0,05$) e homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene ($p < 0,05$) (SOKAL e ROHLF, 1995). Os dados de sobrevivência foram transformados para arcoseno $y^{0,5}$. As variáveis não repetidas no tempo: produtividade, CA, sobrevivência e GPS foram analisadas por ANOVA-unifatorial ($p < 0,05$). Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos ($p < 0,05$) foram avaliadas pelo teste de Tukey's HSD (SOKAL & ROHLF, 1995).

Todas as variáveis medidas ao longo do tempo: nos parâmetros físicos e químicos foram testadas pela ANOVA bi-fatorial. Tipo de ração e tempo em semanas de cultivo foram considerados fatores fixos. Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos tratamentos e semanas de cultivo foram avaliadas pelo teste de Tukey's HSD

(SOKAL & ROHLF, 1995). Quando detectada a presença de interação significativa entre o tipo de ração e tempo de cultivo ($p < 0,05$), o teste Tukey`s HSD foi utilizado para determinar as relações entre os fatores ($p < 0,05$).

3. Resultados e Discussão

O experimento foi realizado em um período de 76 dias, simulando todo um ciclo de cultivo, o qual permitiu observar uma dinâmica mais ampla do sistema BFT e levantar as principais problemáticas durante todo o cultivo. O sistema demonstrou-se muito estável, como já demonstrado por AVNIMELECH (2006), com poucas flutuações principalmente de oxigênio, temperatura, pH e amônia.

3.1. *Parâmetros Zootécnicos*

Os parâmetros ganho de peso semanal (GPS) e peso final dos animais apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos dieta A (sem farinha de peixe) e dieta B (12,5%). O tratamento dieta C não apresentou diferença significativa entre os demais tratamentos no ganho de peso semanal e peso final (Tabela 5). Os índices de sobrevivência final, conversão alimentar (CA) e produtividade final não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros zootécnicos das 3 diferentes dietas ao final do experimento:

	Tratamento		
	Dieta A	Dieta B	Dieta C (controle)
Peso Médio Final (g)	9,39 ±0,31 ^a	11,63 ±1,38 ^b	10,20 ±1,10 ^{ab}
GPS (g)	0,57 ±0,03 ^a	0,77 ±0,07 ^b	0,64 ±0,07 ^{ab}
Produtividade Final (kg/m ³)	2,41 ±0,25 ^a	2,75 ±0,17 ^a	2,10 ±0,19 ^a
Conversão Alimentar	1,68 ±0,08 ^a	1,46 ±0,14 ^a	1,56 ±0,09 ^a
Sobrevivência (%)	86,2 ±0,06 ^a	80,00 ±0,04 ^a	73,98 ±0,11 ^a

Isto demonstra o baixo impacto que a redução parcial da farinha de peixe e a utilização de ingredientes alternativos na dieta em sistema de cultivo com bioflocos têm sobre os índices zootécnicos mais importantes. Já no peso final médio dos camarões, a diferença entre as dietas A e B, demonstra que ao longo do cultivo, uma alteração nos ingredientes das dietas pode ocasionar uma perda significativa no ganho de peso dos animais, refletindo diretamente nos custos de produção e preço final do produto. Esta diferença está diretamente relacionada à retirada da farinha de peixe da dieta A, a qual perde em qualidade na questão de fornecimento de certos nutrientes essenciais, principalmente ácidos graxos altamente insaturados (HUFA n-3) (BROWDY et al., 2006) ou fornecer uma quantidade maior de anti-nutrientes presentes em ingredientes vegetais. A diferença não significativa entre as dietas B e C demonstra que uma redução na incorporação de farinha de peixe é possível, sem que isto afete o ganho de peso final dos animais e os demais parâmetros. Isto corrobora com o demonstrado por AMAYA et al. (2007), CRUZ-SUÁREZ et al. (2007) e SUÁREZ et al. (2009) que substituíram a farinha de peixe por ingredientes alternativos (soja e subprodutos avícolas), porém em cultivos semi-intensivos e água clara. Já BROWDY et al. (2006), substituíram a farinha de peixe da dieta por fontes vegetais orgânicas (principalmente soja), utilizando óleo especial de microalgas como fonte de ácidos graxos essenciais docosahexaenóico (DHA; C22:6 n-3) e ácido araquidônico (AA) e apenas 2% de óleo de lula, caracterizando uma ração orgânica, sem que esta comprometesse o desempenho dos animais em sistema de bioflocos zero renovação e densidade moderada (25 camarões/m²). RAY et al. (2010) demonstraram pela primeira vez que o uso de dietas com baixos teor de farinha de peixe em sistema superintensivo em bioflocos sem renovação de água (460 indivíduos/m³) pode ser realizado. Provavelmente porque a redução de certos microelementos essenciais (vitaminas e minerais) presentes na farinha de peixe pode ser suprida também pelo bioflocos presentes na coluna d'água e consumidos pelos camarões (TACON et al., 2002; DE SCHRYVER et al., 2008).

Os resultados satisfatórios de crescimento, conversão alimentar e sobrevivência na dieta B demonstra que a redução da farinha de peixe nas rações comerciais substituída por outros ingredientes protéicos em cultivos de camarão é uma possibilidade muito importante para a redução de custos de produção e redução dos impactos ambientais do cultivo (AMAYA et al., 2007; CRUZ-SUÁREZ et al., 2007), principalmente se a produtividade de alimento natural da água for

utilizada de forma eficaz (RAY et al., 2010; DE SCHRYVER et al., 2008). Os resultados obtidos no presente experimento foram satisfatórios, levando em consideração que a tecnologia em bioflocos (BFT) é recente no Brasil e ao mesmo tempo já apresenta índices de produção bem mais elevados que no sistema de cultivo semi-intensivo tradicional. A ração de alta qualidade é um dos pontos chaves e torna-se indispensável para o bom rendimento dos animais neste sistema, principalmente quando se compara resultados de pesquisas realizadas internacionalmente, principalmente nos EUA (OTOSHI et al., 2006; RAY et al., 2010; SAMOCHA et al., 2008). A produtividade de um cultivo de camarões da espécie *L. vannamei*, estocados a uma densidade 828 camarões.m⁻² alcançou 10,3 kg.m⁻², com a utilização de 402 l de água/kg de camarão e taxa de crescimento de 1,5 g.semana⁻¹ (OTOSHI et al., 2006). RAY et al. (2010) atingiram uma produtividade de 2,84 ±0,14 kg.m⁻³ com uma dieta elaborada somente com uso de ingredientes de origem vegetal e com a utilização de tanques de remoção dos sólidos (decantadores). A dieta A do presente experimento apresentou uma produtividade 2,41 ±0,25 kg.m⁻³, sem a utilização da farinha de peixe na ração (dieta A). Os camarões peneídeos não sintetizam suficientemente os ácidos graxos altamente insaturados (HUFA n-3), fosfolipídios e esteróis para satisfazer as exigências nutricionais mínimos dos animais (WOUTERS et al., 2001). A partir do momento que se reduz os níveis de fontes oriundas de peixes (farinha e óleo) nas rações conseqüentemente diminui-se também a quantidade de ácidos graxos, traços minerais e outros microelementos essenciais. Para a suplementação destes nutrientes é importante manter sempre uma quantidade mínima (1-2%) de ingredientes ricos em ácidos graxos (BROWDY et al., 2006; RAY et al., 2010).

A indústria de frangos, por exemplo, a 20 anos atrás, retirou a farinha de peixe das dietas gradativamente, sempre compensando com suplementação de vitaminas específicas, contidas somente na farinha de peixe, chegando a total eliminação deste ingrediente das dietas (HARDY, 2010).

Os altos índices de produtividade nos sistemas de produção estão fortemente relacionados, além da qualidade da ração utilizada, também a genética dos camarões, estes preferencialmente de linhagem SPF (caso de sistemas biosseguros) e alta tecnologia empregada nos cultivos, como por exemplo, a utilização de oxigênio puro e o uso de decantadores ou biorreatores para o tratamento de sólidos durante o período de engorda (AVNIMELECH, 2009; SAMOCHA et al., 2008;

DE SCHRYVER et al., 2009). Estes últimos equipamentos citados não foram utilizados no nosso experimento.

As rações que utilizam a farinha de peixe oriunda de rejeitos da indústria pesqueira como fonte protéica principal, os quais seriam descartados ao meio ambiente sem qualquer tipo de aproveitamento, podem ser consideradas mais ambientalmente amigáveis que as rações que utilizam a farinha de peixe importada, as quais são altamente dependentes da captura de peixes pelágicos dos oceanos, causando um impacto ambiental considerável. Mesmo que a abundância de peixes pelágicos na costa leste do Pacífico, principalmente norte do Chile e Peru, seja altamente influenciada pelo fenômeno El niño, é fato que a pesca predatória colabora para a redução dos estoques naturais (HARDY, 2010; TACON & METIAN, 2008). A partir da prerrogativa que os cultivos de camarões devem seguir uma linha cada vez mais ecológica, é necessário que a indústria aquícola utilize nas dietas ingredientes de menor impacto ambiental, considerando que estas fontes de nutrientes não afetem o rendimento do cultivo. No Brasil, utilizar rações com farinha de peixe importada torna-se inviável economicamente aos produtores, por outro lado, a redução na quantidade da farinha de peixe nas rações em cultivos com bioflocos pode proporcionar aos fabricantes de rações a possibilidade de utilizar uma farinha de peixe de melhor qualidade, talvez um mais cara, porém em quantidades menores de inclusão, viabilizando assim uma ração de alta qualidade mas com preço mais acessível. Em contrapartida, a farinha de peixe em geral, mas principalmente a oriunda de rejeitos pesqueiros, se não passar por rigorosos processos de esterilização pode comprometer a biossegurança dos cultivos, pois as mesmas toxinas e/ou agentes patogênicos que afetam os cultivos de camarão podem estar presente nos animais utilizados para fabricar a farinha (YE et al., 2010). A farinha de peixe utilizada no experimento foi originada de rejeitos pesqueiros (subproduto), podendo ser destacada como mais ambientalmente amigável do que a farinha de peixe importada, isto por reutilizar o descarte de restos de peixes e partes não comestíveis, uma problemática da indústria pesqueira, convertida em proteína de alta qualidade. A farinha de peixe utilizada no experimento passou por todos os processos de esterilização e eliminação de microorganismos ou outros possíveis contaminantes biológicos e químicos, especificada e aprovada pelo Ministério da Agricultura, sem apresentar riscos sanitários.

As melhores taxas de crescimento dos camarões em bioflocos comparada com o sistema de águas verdes (autotrófico) já foi relatada em diversos trabalhos, mostrando que há suplementação de nutrientes por parte dos microorganismos além da habilidade que a espécie *L. vannamei* apresenta em aproveitar os detritos suspensos na coluna da água (AVNIMELECH, 2009; TACON et al., 2002; WASIELESKY et al., 2006). Isto pode corroborar com o presente estudo, onde a dieta B, mesmo apresentando níveis de inclusão de farinha peixe menores que a dieta C, não promoveu diferenças nos índices de crescimento.

Mesmo que os ácidos graxos estejam disponíveis nos microorganismos (fitoplâncton e zooplâncton), através de uma cadeia trófica microbiana (BRETT & MÜLLER-NAVARRA, 1997), a alimentação artificial é o principal fornecedor de nutrientes aos animais cultivados (JORY et al., 2001). A partir do momento que se reduz os níveis de fontes oriundas de peixes (farinha e óleo) nas rações conseqüentemente diminui-se a quantidade dos ácidos graxos essenciais (HUFA, PUFA) facilmente disponíveis aos animais. Para a suplementação destes nutrientes é importante manter uma quantidade mínima (>1%) de ingredientes ricos em ácidos graxos (BROWDY et al., 2006), seja óleo e farinha de peixe ou óleos sintetizados a partir de microalgas (BROWDY et al., 2006; RAY et al., 2010).

Deve haver uma importante atenção na disponibilidade de nutrientes em relação aos ingredientes que se utilizam na substituição da farinha de peixe, principalmente devido sua digestibilidade e fornecimento de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, sem que apresente um excesso de anti-nutrientes que possam comprometer a digestão dos animais. Os ingredientes de origem vegetal apresentam nutrientes de difícil digestão como ácido fítico e fibras, os quais podem ser minimizados pelo processo de extrusão (HARDY, 2010). As diferentes farinhas de peixe, por exemplo, podem apresentar uma variação grande na resposta dos camarões, mesmo estas apresentando composições químicas similares (CARRILO & PEDROZA, 2006), então uma análise aprofundada em relação aos ingredientes substitutos da farinha de peixe e a qualidade da farinha de peixe utilizada nas dietas devem ser realizadas visando desenvolvimento ótimo dos camarões e a qualidade nutricional dos microorganismos presentes na água no sistema de bioflocos.

3.2. *Qualidade da Água*

Os parâmetros medidos diariamente de manhã e a tarde (temperatura e oxigênio dissolvido), assim como os medidos semanalmente, mantiveram-se nos limites ideais (fora do limite letal) para o crescimento do camarão marinho *L. vannamei* (VAN WYK et al., 1999) durante todo o experimento (Tabela 6).

A pouca variação dos parâmetros como oxigênio (devido a aeração mecânica vinte e quatro horas por dia com uso de gerador de energia), a amônia devido ao processo de nitrificação por bactérias, e o pH, demonstram a boa estabilidade do sistema, onde os sólidos totais se tornam o principal agravante para o sistema BFT (VAN WYK, 2006), diferentemente do sistema autotrófico onde os principais parâmetros que podem desestabilizar o sistema é em primeiro o oxigênio e por seguinte a amônia (BOYD & CLAY, 2002; HARGREAVES, 2006).

Tabela 6: Valores médios dos parâmetros físicos e químicos da água de cada tratamento e entre parênteses os valores máximos e mínimos do experimento testando três diferentes dietas (A, B e C). Os valores de significância correspondem a comparação por ANOVA bi-fatorial avaliando tratamento (T), semana (S) e interação tratamento x semana (TxS).

	Tratamento			Significância		
	Ração A	Ração B	Ração C	(T)	(S)	(TxS)
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	AM 5,65 ±0,74 ^a (4,10-8,00)	5,53 ±0,77 ^a (3,78-7,80)	5,68 ±0,71 ^a (3,55-8,25)	NS	*	NS
	PM 5,39 ±0,85 ^a (3,40-8,00)	5,20 ±0,92 ^b (3,03-7,59)	5,44 ±0,84 ^a (3,08-8,10)	*	*	NS
Temperatura (°C)	AM 28,26 ±1,69 ^a (23,6 - 31,80)	28,22 ±1,77 ^a (23,00-31,70)	28,36 ±1,91 ^a (24,0-32,3)	NS	*	NS
	PM 29,55 ±1,87 ^a (25,20-34,50)	29,54 ±1,90 ^a (25,3-34,50)	29,67 ±1,88 ^a (24,90-33,60)	NS	*	NS
Salinidade (g.L ⁻¹)	33,87 ±1,09 ^a (32,1-35,10)	33,26 ±0,66 ^a (32,3-34,40)	34,22 ±0,77 ^a (32,20-35,50)	NS	NS	NS
pH	7,35 ±0,10 ^a (7,19-7,54)	7,38 ±0,13 ^a (7,14-7,65)	7,38 ±0,12 ^a (7,19-7,64)	NS	*	NS
SS* (mg.L ⁻¹)	29,3 ±21,87 ^a (6,00-112,50)	25,13 ±19,56 ^b (2,50 - 89,00)	21,90 ±16,56 ^b (1,00-100,00)	*	*	NS
Amônia (mg TAN. L ⁻¹)	0,01 ±0,02 ^a (0,00 - 0,08)	0,01 ±0,02 ^a (0,00 - 0,10)	0,01 ±0,01 ^a (0,00 - 0,04)	NS	*	NS
Nitrito (mg NO ₂ -N.L ⁻¹)	2,21 ±4,52 ^a (0,07-15,60)	2,03 ±3,91 ^a (0,04-14,80)	2,26 ±4,35 ^a (0,09-17,4)	NS	*	NS
Nitrato (mg NO ₃ -N.L ⁻¹)	41,49 ±27,5 ^{ab} (5,84-103,20)	51,85 ±41,90 ^a (167,8-4,62)	37,35 ±20,17 ^b (6,12-73,8)	*	*	NS
Fosfato PO ₄ ³⁻ - P	4,46 ±1,57 ^a (1,37-7,68)	4,38 ±1,70 ^a (1,42-7,80)	4,59 ±1,76 ^a (1,63-8,38)	NS	*	NS
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	159 ±19,33 ^a (128-208)	154 ±20,00 ^a (120-196)	157,00 ±20,70 ^a (114-200)	NS	*	NS
Turbidez (NTU)	188 ±74 ^a (77-325)	186 ±83 ^a (80-376)	178 ±65,41 ^a (46-325)	NS	*	NS

*Sólidos Sedimentáveis (mg/L)

A amônia apresentou-se baixa em todo o cultivo ($<0,2$ mg/L em todos os tratamentos), não apresentando diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos, somente entre semanas. O nitrito obteve seu pico máximo na segunda semana de experimento. Após isto o nitrito diminuiu gradativamente no decorrer das semanas, sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos ($p<0,05$). O nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) aumentou gradativamente no decorrer do cultivo, apresentando diferença entre semanas, mas não entre os tratamentos ($p <0,05$). O aumento do nitrato no decorrer do experimento já era esperado, tendo em vista que o $\text{NO}_3\text{-N}$ é o produto final da nitrificação (HARGREAVES, 2006). O meio de remoção do nitrato é pelo consumo por microalgas presentes na água, renovações de água ou utilização de biorreatores para o processo de desnitrificação (HARGREAVES, 2006; VAN WYK, 2006). CORRÊA (2008) com a utilização de reatores (RBS), removeu 70% do nitrogênio, 40% dos sólidos suspensos totais e 60% dos sólidos suspensos voláteis em cultivo de *L. vanammei* em sistema de bioflocos e alta densidade.

Os valores menores de nitrato na dieta C pode ter sido ocasionados pela maior quantidade de água renovada para a manutenção da qualidade de água, as quais foram necessárias evitando o excesso de lodo e sólidos totais no sistema assim como “blooms” de microalgas que ocasionalmente ocorreram e são comuns em sistemas de alta densidade e zero renovação (BURFORD et al., 2004) e foi necessário para salvar a qualidade da água no cultivo, tendo em vista que não foi utilizado outro meio de remoção de sólidos suspensos.

Os fatores que levaram o aparecimento excessivo de microalgas (cianofíceas, clorifíceas e filamentosas) na dieta C podem ser variados. Uma hipótese é que uma menor concentração de sólidos na água permite maior penetração de luz na água (relação inversamente proporcional), favorecendo o aparecimento de microalgas (BOYD, 2001; RAY et al. 2009). O fato de alguns ingredientes vegetais apresentarem menor digestibilidade ou menor biodisponibilidade devido à ação de anti-nutrientes ou inibidores digestivos em relação à farinha de peixe (CARRILO & PEDROZA, 2000) podem ter levado uma maior concentração de sólidos na dieta A (menor penetração de luz) e menor concentração de sólidos na dieta C.

Além das trocas de água reduzidas, fatores como a elevada entrada de matéria orgânica (HARGREAVES, 2006) e as altas taxas de crescimento das bactérias heterotróficas contribuem para a elevação dos

sólidos nesse sistema (VAN WYK, 2006). Entretanto, estes autores reforçam a idéia que algum grau de remoção de sólidos é essencial para a manutenção do sistema estável e mais saudável para os camarões. Níveis ótimos de sólidos suspensos totais para cultivos de camarão com bioflocos não foram estabelecidos, tendo em vista que excessiva turbidez na água provocada pelo excesso de sólidos pode ter um efeito negativo sobre os organismos cultivados. Há diferentes tolerâncias das espécies em relação ao cultivo em águas de alta turbidez. Os camarões podem ser afetados pela oclusão das brânquias por partículas que pode aumentar a sensibilidade dos organismos a hipoxia. Sendo assim, concentrações de sólidos totais mínimas e máximas necessárias para a operação adequada dos cultivos precisam ser estabelecidas (AVNIMELECH, 2006; HARGREAVES, 2006).

Os sólidos presentes na água são muito importantes no sistema BFT para a remoção dos compostos nitrogenados que ficam disponíveis em forma de alimento para os animais. Entretanto o excesso de sólidos na água pode ocasionar entupimento de brânquias e estresse nos camarões (HOPKINS et al., 1993; HARGREAVES, 2006).

O pH manteve-se nos valores adequados para o crescimento do *L.vannamei*, entre 7 e 8 (VAN WYK et al., 1999), não apresentando diferença significativa entre os tratamentos, assim como a turbidez, alcalinidade e o fosfato. A comunidade microbiana é fortemente influenciada pelas características dos substratos presentes no ambiente, estão incluídas a fonte de carbono e os ingredientes da ração (DE SCHRYVER et al., 2009), em contrapartida os microrganismos podem alterar as características químicas e físicas da água (BURFORD et al., 2004) e também o valor nutricional dos bioflocos (RAY et al, 2009).

3.3. Valor Nutricional dos Bioflocos

Os valores nutricionais dos bioflocos encontrados no presente trabalho (Tabela 7) foram diferentes do que demonstrado em outras pesquisas (MCINTOSH et al., 2000; TACON et al., 2002). Isto pode ter sido devido à comunidade microbiana que se desenvolveu na água de cultivo ou o tempo de permanência destes microorganismos na água. Mas principalmente também a falta de tratamento dos sólidos suspensos durante a pesquisa, o que pode alterar sensivelmente o valor nutricional dos bioflocos na água (DE SCHRYVER et al., 2008). Outros autores que analisaram os valores nutricionais dos bioflocos demonstraram que

o nível protéico pode chegar à 30% - 43% de proteína bruta (MCINTOSH et al., 2000; TACON et al., 2002; WASIELESKY et al., 2006). O fato de as rações apresentarem diferentes formulações, não afetou o teor de nutrientes sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$).

A exigência protéica para juvenis da espécie *L. vannamei* apresentada por diferentes autores varia de 30%-32% (KURESHY & DAVIS, 2002) e 33-40% (JORY et al., 2001) demonstrando que a utilização dos bioflocos como alimento pode ser uma excelente fonte de proteínas. Há formas de enriquecer os bioflocos nutritivamente, aumentando seus teores de proteínas e outros microelementos essenciais para garantir um bom aproveitamento da produtividade natural do sistema. CRAB et al. (2009) utilizaram biorreatores para tratamento e redução do e acrescentaram diferentes fontes de carbono (acetato e glicerol) e reutilizaram os bioflocos, enriquecidos de novas comunidades microbiológicas, como forma de alimento altamente nutritivo (até 53% de PB) em cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* sem renovação de água. DE SCHRYVER & VERSTRAETE (2009) reduziram os níveis de nitrogênio do sistema em até 98% e enriqueceram nutricionalmente os bioflocos com a utilização de reatores de batelada seqüencial (RBS).

Tabela 7. Valor nutricional dos bioflocos de acordo com a dieta experimental utilizada.

Nutrientes	Unidade	Dieta A	Dieta B	Dieta C
Proteína Bruta	g/100g	16,29 ± 0,29	17,77 ± 0,48	15,97 ± 0,47
Gord. Hidrólise Ácida	g/100g	1,81 ± 0,1	2,00 ± 0,4	1,39 ± 0,5
Fibra Bruta	g/100g	1,72 ± 0,32	1,18 ± 0,4	1,41 ± 0,3
Umidade	g/100g	15,13 ± 0,2	12,87 ± 0,5	11,69 ± 0,6
Matéria Mineral	g/100g	49,13 ± 0,5	49,37 ± 2,68	53,11 ± 2,16
Cálcio	g/100g	5,42 ± 1,2	5,44 ± 2	6,40 ± 1,5
Fósforo Total	g/100g	2,02 ± 0,18	2,03 ± 0,2	1,85 ± 0,8

4. Conclusão

A partir da pesquisa realizada, conclui-se que é possível utilizar dietas alternativas no cultivo de camarões em sistema BFT (bioflocos), reduzindo os níveis de farinha de peixe, substituindo-a por ingredientes alternativos menos impactantes ao meio ambiente e também mais baratos. A redução da farinha de peixe deve ser complementada por outra fonte de ácidos graxos, aminoácidos e vitaminas essenciais para que o desenvolvimento dos animais não fique comprometido. Mesmo que os bioflocos proporcionem um elevado fornecimento de microelementos essenciais, o alimento artificial exógeno deve ser mantido como a principal fonte de nutrientes, mantendo sempre uma alta qualidade de nutrientes na dieta de *L.vannamei*. Recomenda-se que novas pesquisas na linha de nutrição para sistema de bioflocos sejam realizadas no Brasil, principalmente pela adequação desta nova realidade de cultivo no país, com a utilização de insumos produzidos em abundância no país como a soja. A utilização de subprodutos da indústria de frango e rejeitos de pesca são potenciais ingredientes para a utilização na alimentação dos camarões, entretanto uma atenção deve ser prestada na higienização destes produtos sem comprometer a biossegurança dos cultivos. A redução dos níveis da farinha de peixe é uma possibilidade atrativa no que diz respeito a baixar custos do sistema sem comprometer o rendimento da produção, por outro lado uma quantidade mínima de farinha de peixe ou outra fonte de ácidos graxos, minerais e vitaminas essenciais sejam disponibilizadas na dieta. O sistema BFT vêm sendo amplamente pesquisado no mundo todo, como a melhor alternativa às problemáticas da carcinicultura. Devido ao enorme potencial do Brasil em cultivar camarões desta forma, é imprescindível que novas pesquisas nesta linha continuem sendo realizadas, para que os custos de produção diminuam, contribuindo para a viabilidade do sistema e principalmente para o meio ambiente.

5. Referências Bibliográficas

AMAYA, E.; DAVIS, A.; ROUSE, D. (2006). Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 262, 419–425.

AMAYA, E.; DAVIS, A.; ROUSE, D. (2007). Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. **Aquaculture**, 262, 393–401.

APHA. American Public Health Association. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. **Springfield, Byrd Prepress**, 20 ed.

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

AVNIMELECH, Y. (2006). Combining Recirculation and Active Suspension Technologies in Penaeid Shrimp Culture: Advantages and Potential Development. In: **The Sixth International Conference on Recirculating Aquaculture**. Roanoke, Virginia.

AVNIMELECH, Y. (2009). Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, United States.

BOYD, C. E. (2001). Manejo da qualidade da água na aquicultura e o cultivo do camarão marinho. Ed. **Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC)**. 157 p.

BOYD, C. E.; CLAY, J. W. (2002). Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO. Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. **Published by the Consortium**. 17p.

BRETT, M.; MÜLLER-NAVARRA, D. (1997). The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb process. **Freshwater Biology**, 38, 483–499.

BROWDY, C.; SEABORN, G.; ATWOOD, H.; DAVIS, D.A.; BULLIS, R.; SAMOCHA T.; WIRTH, E.; LEFFLER, J. (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 World Aquaculture Society**. Vol. 37, N.4. December.15p.

BROWDY, C. L., JORY E. D. (2009). The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; MCINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. (2003). Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture** 219, 393–411.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; MCINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. (2004). The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture** 232, 525–537.

CARRILO, O.; PEDROZA, R. (2006). Biodisponibilidad de nutrientes em dietas para camarón. In: Estado Actual y Perspectivas de La Nutrición de los Camarones Peneidos Cultivados em Iberoamérica. Editores: Rosas C.; Carrilo O.; Wilson R.; Andreatta E.; **Cyted**, México, 322 p.

CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; MCINTOSH, R.; VELASCO, M. (2001). Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems With Balanced C:N. II: Composition and Nutritional Value Of Organic Detritus. **Global Aquaculture Alliance**. June. 4p.

CORRÊA, M. (2008). Cultivo superintensivo de camarões marinhos: efeitos no ajuste da relação C/N e tratamento do efluente em reatores em bateladas sequenciais. **Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental**. UFSC.

CRUZ-SUÁREZ, L.; NIETO-LÓPEZ, M.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; TAPIA-SALAZAR, M.; SCHOLZ U.; RICQUE-MARIE, D. (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.

CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. (2004). Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, 235, 513-551.

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. (2008). The basics of bio-floc technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, 125-137.

DE SCHRYVER, P., VERSTRAETE, W. (2009). Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, 100, 1162-1167.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 257, 346–348.

FAO. (2009). The state of world fisheries and aquaculture, 2008. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome.

GALANO, G.; COLMENARES, H.; FENUCCI, J. (2007). Manual de Ingredientes Proteicos y Aditivos Empleados em La Formulacion de Alimentos Balanceados para Camarones Peneideos. Subprograma II “Acuicultura” Red Temática II.C Proyecto II-8. **Editorial Universitaria de Mar Del Plata**. Argentina. 264 p.

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

HARDY, R., W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, 41, 770-776.

HISHAMUNDA, N.; POULAIN, F.; RIDLER, N. (2009). Prospective analysis of aquaculture development: the Delphi method. **FAO**

Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 521. Rome, FAO. 93p.

HOPKINS, J. S.; HAMILTON, D. S.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C. L.; STOKES, A. D. (1993). Effect of water exchange rate on the production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 24, 304 - 320.

JACKSON, A. (2007). Challenges and Opportunities for the Fishmeal and Fish Oil Industry. **Feed Technology Update**, vol 2. issue 1.

JORY, D.; CABRERA, T.; DUGGER, D.; FEGAN, D., LEE, P.; LAWRENCE, A.; JACKSON, C.; MCINTOSH, R.; CASTAÑEDA, J. (2001). A Global Review of Shrimp Feed Management: Status and Perspectives. The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, LA, USA.

KUHN, D.; BOARDMAN, G.; LAWRENCE, A.; MARSH, L.; FLICK, G. (2009). Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. **Aquaculture**, 296, 51–57.

KURESHY, N.; DAVIS, D. A. (2002). Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 204, 125– 143.

LEMOS, D.; EZQUERRA, J. M.; GARCIA-CARREÑO, F. L. (2000). Protein digestion in penaeid shrimp: digestive proteinases, proteinase inhibitors and feed digestibility. **Aquaculture**, 186, 89–105.

MCINTOSH, R. (2000a). Changing Paradigms in Shrimp Farming. III: Pond design and operation considerations. **Global Aquaculture Alliance**. February.

MCINTOSH, R. (2000b). Changing Paradigms in Shrimp Farming. IV: Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Alliance**. April.

NAYLOR, L. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v.405, p. 1017-1024.

NEW, M. B. (2003). Responsible aquaculture is this a special challenge for developing countries?. **World Aquaculture** 34 (3), 26.

OTOSHI, C. A.; TANG, L. R.; DAGDABAN, D. V.; HOLL, C. M.; TALLAMY, C. M.; MOSS, D. R.; ARCE S. M.; MOSS S. M. (2006). Super intensive growout of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the oceanic institute. **In: proceeding o the 6th International conference Recirculating Aquaculture p.1-5.** Virginia Tech University, Blacksburg.

OTOSHI, C. A.; TANG, L. R.; MOSS, D. R.; ARCECS. M.; HOLL C. M.; MOSS S. M. (2009). Performance of Pacific White Shrimp, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, Cultured in Biossecure, super-intensive, Recirculating Aquaculture System. In: BROWDY, C. L., JORY E. D. (2009). The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA.

PÁEZ-OSUNA, F. (2001). The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective. **Environmental Pollution**, 112, 229 – 231.

RAY, A.J.; SHULER A.J; LEFFLER, J.W., BROWDY C.L. (2009) Microbial Ecology and Management of Biofloc System. In: Browdy, C. L., Jory E. D. (2009). The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA.

RAY, A.; LEWIS, B.; BROWDY, C.; LEFFLER, J. (2010). Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems, **Aquaculture**, 299, 89–98.

SAMOCHA, T.; DAVIS, A.; SAOUD, P.; DEBAULT, K. (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.

SAMOCHA, T.; PATNAIK, S.; ALI, A.; MORRIS, T.; KIM, J.; HANSON, T. (2008). Production, Water Quality, Nutrient Budget and Preliminary Cost Analysis of a Super Intensive Grow-out System for the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Operated With no Water Exchange. **Agrilife Research**, Texas, USA.

SEIFFERT, W.; BELTRAME, E.; ANDREATTA, E.; MAGGIONI, D. (2006). Enfermidades, uma oportunidade para repensar o cultivo de camarões. UFSC, Florianópolis-SC. **Revista Panorama da Aquicultura**, N° 97, pág.:32.

SOKAL, R.; ROHLF, F. (1995). Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition. **W. H. Freeman and Co.**: New York. 887 pp.

STRICKLAND, J.; PARSONS, T. (1972). A practical handbook of seawater analysis. 2 ed. **Ottawa: Queen`s Printer**, 310p.

SUAREZ, J.; GAXIOLA, G.; MENDOZA, R.; CADAVID, S.; GARCIA, G.; ALANIS, G.; SUAREZ, A.; FAILLACE, J.; CUZON, G. (2009). Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, 289, 118–123.

TACON, A. G. J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D.; DIVAKARAN, S., FORSTER, P.; DECAMP, O. E. (2002). Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, 8, 11-137.

TACON, A.; METIAN, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture** 285, 146-158.

VAN WYK, P.; DAVIS-HODGKINS, M.; LARAMORE, R.; MAIN, K. L.; MOUNTAIN, J.; SCARPA, J. (1999). Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater System. **Harbor Branch Oceanographic Institution**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Florida, USA.

VAN WYK, P. (2006) Production of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems: Management and design considerations. In: **Proceedings o the 6th International Conference Recirculating Aquaculture**, p. 38-47 Virginia Tech University, Blacksburg.

VELASCO, M.; LAWRENCE, A.; CASTILLE, F. (1999). Effect of variations in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, 179.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY C. (2006). Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture** 258, 396–403.

WILLIAMS, K.; RIMMER, M. (2005). The future of feeds and feeding of marine finfish in the Asia-Pacific region: the need to develop alternative aquaculture feeds. **Regional Workshop on Low Value and “Trash Fish” in the Asia - Pacific Region**. Vietnam, June.

WOUTERS, R.; LAVENS, P. NIETO, J.; SORGeloos, P. (2001). Penaeid shrimp broodstock nutrition: an up date review on research and development. **Aquaculture**, 202. 1–21.

YE, J-D; WANG F-D; LI, SUN, Y-Z; LIU, X-H. (2010). Incorporation of a mixture of meat and bone meal, poultry by-product meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish meal in practical diets of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two dietary protein levels. **Aquaculture Nutrition**, 2010.

6. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

ARANTES, R. (2007). O efeito da relação Carbono-Nitrogênio sobre a comunidade microbiana no cultivo super-intensivo de *Litopenaeus vannamei* sem renovação. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura, do Centro de Ciências Agrárias (CCA). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

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

AVNIMELECH, Y. (2006). Combining Recirculation and Active Suspension Technologies in Penaeid Shrimp Culture: Advantages and Potential Development. **The Sixth International Conference on Recirculating Aquaculture**. Roanoke, Virginia.

AVNIMELECH, Y. (2009). Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, United States.

BOYD, C. E.; CLAY, J.W. (2002). Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO. Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. **Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium**. 17p.

BRETT, M.; MÜLLER-NAVARRA, D. (1997). The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb process. **Freshwater Biology**, 38, 483-499.

BROWDY C.L., BRATVOLD D., STOKES A.D. & MCINTOSH R.P. (2001). Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001. (ed. by Browdy C.L. & Jory D.E.) pp. 20–34. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, USA.

BROWDY, C., SEABORN, G., ATWOOD, H., DAVIS, D.A., BULLIS, R.A., SAMOCHA, T.M., WIRTH, E., LEFFLER, J.W. (2006). Comparison of pond production efficiency, fatty acid profiles, and contaminants in *Litopenaeus vannamei* fed organic plant-based and fish-meal based diets. **J. World Aquacult. Soc.** 37 (4), 437–451.

BROWDY, C. L., JORY E. D. (2009). The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. (2004). The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**. 232, 525–537.

CARVALHO FILHO, J. (2002). O camarão ecologicamente correto de Santa Catarina. **Revista Panorama da Aqüicultura**, n. 74, v. 12, p. 36-41.

CRUZ-SUÁREZ, L.; NIETO-LÓPEZ, M.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; TAPIA-SALAZAR, M.; SCHOLZ, U.; RICQUE-MARIE, D. (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.

CRYSTAL, J., BARNERS, S, OGLE, J.; GRIMES, J., CHANG, Y.; PEACOCK, A.; KLINE, L. (2008). Microbial Community Analysis of Water, Foregut, and Hindgut during Growth of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Closed-System Aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**. Vol. 39, No. 2, April.

CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. (2004). Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, 235, 513-551.

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. (2008). The basics os bio-floc technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, 125-137.

DE SCHRYVER, P., VERSTRAETE, W. (2009). Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in

lab-scale sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, 100, 1162-1167.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; FOSTER, I.; TACON, A. G. J. (2002). The nutrition and feeding of marine shrimp within zero water exchange aquaculture production systems: role of eukariotic microorganisms. In: *Microbial Approaches to Aquatic Nutrition Within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems*. (ed. by Lee C. S. & O'Brien P.) pp. 79 – 86. **The World Aquaculture Society, Baton Rouge, FL., USA**.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI J. J. (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture** 257, 346–348.

FAO; NACA; UNEP; WB; WWF. (2006). *International Principles for Responsible Shrimp Farming. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA)*. Bangkok, Thailand. 20 pp.

FAO. (2009). *The state of world fisheries and aquaculture, 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome.

GALANO, T.; COLMENARES, H.; FENUCCI, J. (2007) *Manual de Ingredientes Proteicos y Aditivos Empleados em La Formulación de Alimentos Balanceados para Camarones Peneideos. Subprograma II “Acuicultura”*. **Editorial Universitaria de Mar Del Plata**, Argentina.

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

HARDY, R., W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, 41, 770-776.

HISHAMUNDA, N.; POULAIN, F.; RIDLER, N. (2009). Prospective analysis of aquaculture development: the Delphi method. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**. No. 521. Rome, FAO. 93p.

HOPKINS, J. S.; HAMILTON, D. S.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C. L.; STOKES, A. D. (1993). Effect of water exchange rate on the production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 24, 304 - 320.

HOROWITZ, A.; S, HOROWITZ. (2001). Microorganismos e práticas de alimentação em acuicultura. **Aquan. de Latin**. 1(1): 37-39.

JACKSON, A. (2007). Challenges and Opportunities for the Fishmeal and Fish Oil Industry. **Feed Technology Update**, vol 2. issue 1.

JORY, D.; CABRERA, T.; DUGGER, D.; FEGAN, D.; LEE, P.; LAWRENCE, A.; JACKSON, C.; MCINTOSH R.; CASTAÑEDA, J. (2001). A Global Review of Shrimp Feed Management: Status and Perspectives. The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, LA, USA.

LIM, C.; AKO, H.; BROWN, C.; HAHN, K. (1997). Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. **Aquaculture**, 151, 143-153.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). (2010). Produção Pesqueira e Aquícola 2008 e 2009. **Ministério da Pesca e Aquicultura**, Governo Federal, Brasil.

MCINTOSH, R. (2000). Changing Paradigms in Shrimp Farming. IV:Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Alliance**. April.

NAYLOR, L. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v.405, p.1017-1024.

NEW, M. B. (2003). Responsible aquaculture is this a special challenge for developing countries?. **World Aquaculture** 34 (3), 26.

NUNES, A. (2001). Cultivo de Camarões Marinhos no Nordeste. **Revista Panorama da Aquicultura**, n. 65, v. 11, p. 26-33.

OSTRENSKY A., BARBIERI R. (2002). Camarões Marinhos – Engorda-. Viçosa, **Aprenda Fácil**. 367 p.

OTOSHI, C. A.; TANG, L. R.; MOSS, D. R.; ARCECS. M.; HOLL C. M.; MOSS S. M. (2009). Performance of Pacific White Shrimp, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, Cultured in Biossecure, super-intensive, Recirculating Aquaculture System. In: BROWDY, C. L., JORY E. D. (2009). The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA.

PÁEZ-OSUNA, F. (2001). The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective. **Environmental Pollution**, 112: 229 – 231.

PRIMAVERA, H. (1994). Environmental and socioeconomic effects of shrimp farming: the Philippine experience. **Infofish International**, Kuala Lumpur, n. 1/94, p. 44-48.

RAY A., LEWIS B, BROWDY C., LEFFLER J. (2010). Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems, **Aquaculture** 299, 89–98.

SAMOCHA, T.; DAVIS A.; SAOUD P.; DEBAULT K. (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.

SEIFFERT, W.; BELTRAME E.; ANDREATTA E.; MAGGIONI, D. (2006). Enfermidades, uma oportunidade para repensar o cultivo de camarões. UFSC, Florianópolis-SC. **Revista Panorama da Aqüicultura**, N° 97, p. 32.

SILVEIRA, F. et al. (2008). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2007**. Ed. Publicações CEDAP/EPAGRI, Florianópolis.

SUAREZ, J.; GAXIOLA, G.; MENDOZA, R.; CADAVID, S.; GARCIA, G.; ALANIS, G.; SUAREZ, A.; FAILLACE, J.; CUZON, G. (2009). Substitution of fish meal with plant protein sources and energy

budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture**, 289, 118–123.

TACON, A. G. J.; FORSTER, I. P. (2000). Global Trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millennium. International Aquafeed Directory and Buyers' Guide 2001, 4-25.

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

TACON, A.; METIAN, M.; (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture** 285.

TAW, N.; FUAT, H.; TARIGAN, N. (2008). Sidabutar K. Partial Harvest/Biofloc System Promising for Pacific White Shrimp. **Global Aquaculture Alliance**. September/October.

TAW, N. (2009). Potential for Development of Bio-floc Technology for Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) **ASIAN PACIFIC AQUACULTURE, 2009**. Malaysia, November.

VAN WYK, P. (2006) Production of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems: Management and design considerations. In: **Proceedings o the 6th International Conference Recirculating Aquaculture**. p. 38-47 Virginia Tech University, Blacksburg.

WILLIAMS, K.; RIMMER, M. (2005). The future of feeds and feeding of marine finfish in the Asia-Pacific region: the need to develop alternative aquaculture feeds. **Regional Workshop on Low Value and "Trash Fish" in the Asia - Pacific Region**. Vietnam, June.