



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

**Desempenho produtivo de larvas de Jundiá (*Rhamdia quelen*)
em sistema de cultivo com bioflocos**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para obtenção de grau de
Mestre em Aquicultura

Orientador: Alex Pires de Oliveira Nuñez
Coorientador: Rodrigo Schweitzer

Moisés Angel Poli

Florianópolis
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Poli, Moisés Angel

Desempenho produtivo de larvas de Jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema de cultivo com bioflocos / Moisés Angel Poli ; orientador, Alex Pires de Oliveira Nuñez ; coorientador, Rodrigo Schweitzer. - Florianópolis, SC, 2013.

49 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Sistemas Produtivos. 3. Bioflocos. 4. Larvicultura. 5. Jundiá. I. Oliveira Nuñez, Alex Pires de . II. Schweitzer, Rodrigo . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Desempenho produtivo das larvas de Jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema de cultivo com bioflocos

Por

MOISÉS ANGEL POLI

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. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez – *Orientador*

Dr. Hilton Amaral Júnior

Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana

Dr. Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Solange, ao meu pai Odilon, ao meu irmão Gianfranco, por todo o apoio, carinho e amor;

A minha namorada Esmeralda por iluminar minha vida com muito amor e pela paciência e apoio nos momentos difíceis;

A Isabella e ao Pietro, novos membros da família por trazerem ternura e alegria;

Ao meu orientador Alex Pires de Oliveira Nuñer pela amizade, orientação, ensinamentos e por sempre acreditar e incentivar as minhas ideias;

Ao meu coorientador Rodrigo Schweitzer pela amizade, orientação, pelos ensinamentos e pela paciência;

A CAPES, pela bolsa de mestrado;

Ao LAPAD e ao Departamento de Aquicultura pela infraestrutura e apoio financeiro para a realização do projeto;

Aos amigos de laboratório que ajudaram na execução do experimento: Clara, Carol, Tulio, Luciano, Fernando (Gaúcho), Denise;

Aos professores e funcionários do LAPAD que sempre facilitaram as coisas: Alex, Evoy, Luciano, Fernando, Claudinha, Samara, Renata, David, Mauricio, Ronaldo, Neto, Pedrão, Cezinha, Ana, Katia;

A Margarida pela limpeza e pelo cafezinho sempre quente;

A mi hermano Jhon por soportarme en la casa y de la camiseta de selección Nacional de Fútbol de Colombia;

A todos os amigos e familiares que compreenderam minha ausência;

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho e que não foram citada

Gosto de ser gente porque a história em que me faço com os outros e de cuja feitura tomo parte é um tempo de possibilidades e não de determinismo.

Paulo Freire

RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema de bioflocos. Foram utilizados cinco tratamentos, com larvas estocadas na densidade de 25 peixes L⁻¹ durante 21 dias. Em três tratamentos as larvas foram cultivadas em tanques enriquecidos com bioflocos oriundos do cultivo intensivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*), nas concentrações de até 200 mg L⁻¹ (T200), 400 a 600 mg L⁻¹ (T400/600), e de 800 a 1000 mg L⁻¹ (T800/1000), expressas como sólidos suspensos totais (SST). Em outro tratamento, denominado T-HET, o cultivo iniciou com água clara e a formação dos bioflocos e o controle da amônia foram realizados através da adição diária de dextrose, que teve como objetivo estimular o crescimento das bactérias heterotróficas. O nível de SST nesse tratamento foi mantido próximo de 500 mg L⁻¹. No tratamento controle, as larvas foram cultivadas em água clara. Não houve renovação de água ao longo do cultivo, exceto no controle. A menor sobrevivência foi registrada no tratamento controle (10,2%), que sofreu infestação por *Ichthyophthirius multifiliis* no 15^o dia de cultivo, e que foi inferior (P<0,05) a dos tratamentos T200 (38,0%), T-HET (44,0%), T800-1000 (51,1 %) e T400-600 (54,1%), cuja sobrevivência foi igual. O comprimento e o peso foram iguais em T200 (21,1 mm; 88,6 mg), T-HET (18,2 mm; 66,0 mg) e controle (19,0 mm; 64,9 mg), que foram maiores que T400-600 (16,2 mm; 45,7 mg) e T800-1000 (15,9 mm; 44,5 mg). Os resultados indicaram que foi possível cultivar larvas de jundiá nas diferentes condições de cultivo associadas ao sistema de bioflocos e em concentrações de SST de até 1.000 mg L⁻¹.

Palavras chaves: Químioautotrófico. Heterotrófico. Sólidos suspensos totais. Qualidade da água.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of *Rhamdia quelen* larvae cultivated with biofloc technology. Five treatments, stocked with 25 larvae L⁻¹ for 21 days were used. In three treatments larvae were cultivated in enriched biofloc arising from intensive culture tanks of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in concentrations up to 200 mg L⁻¹ (T200), 400 to 600 mg L⁻¹ (T400-600) and 800 to 1000 mg L⁻¹ (T800-1000), expressed as total suspended solids (TSS). In another treatment, called T-HET, cultivation began with clear water and the formation of biofloc and the control of ammonia were performed daily by the addition of dextrose, which aimed to stimulate the growth of heterotrophic bacteria. The level of TSS in this treatment was maintained around 500 mg L⁻¹. In the control treatment, the larvae were reared in clear water. There was no water exchange throughout the experimental period, except in the control. The lower survival was recorded in larvae in the control (10.2%), which were infected with *Ichthyophthirius multifiliis* on the 15th day of cultivation, and was lower to those registered at T200 (38.0%), T-HET (44.0%), T800-1000 (51.1%) and T400-600 (54.1%), that showed the same survival. The length and weight were equal in T200 (21.09 mm; 88.6 mg), T-HET (18.21 mm; 66 mg) and control (19 mm; 64.9 mg), which were higher than T400-600 (16.2 mm; 45.7 mg) and T800-1000 (15.9 mm, 44.5 mg). The results indicated that it was possible to grow *Rhamdia quelen* larvae in the different culture conditions associated with biofloc system and in SST concentrations up to 1,000 mg L⁻¹.

Keywords: Chemoautotrophic, heterotrophic, total suspended solids, water quality.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF) e turbidez em tanques de larvicultura (microcosmos) de *Rhamdia quelen* cultivados em sistema de bioflocos e em água clara por 21 dias. Médias \pm desvio padrão (mínimo e máximo); n=3. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 32
- Tabela 2. Variáveis físicas e químicas da água em tanques de larvicultura de *Rhamdia quelen* em sistema de bioflocos e águas claras durante 21 dias. Dados médios \pm desvio padrão (mínimo e máximo); n=3. Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 34
- Tabela 3. Desempenho produtivo (médias \pm desvio padrão) das larvas de *Rhamdia quelen* cultivadas durante 21 dias em sistema de bioflocos e água clara. Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. A TECNOLOGIA DE CULTIVO EM BIOFLOCOS	20
3. JUSTIFICATIVA	23
4. OBJETIVOS	23
4.1 OBJETIVO GERAL	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
CAPÍTULO 1: Desempenho produtivo de larvas de jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>) em sistema de cultivo com bioflocos	25
Resumo.....	25
1. Introdução	27
2. Materiais e Métodos	28
2.1 <i>Material biológico</i>	28
2.2 <i>Delineamento experimental, unidades experimentais e manejo do sistema</i>	29
2.3 <i>Variáveis de qualidade de água</i>	30
2.4 <i>Índices de produção</i>	30
2.7 <i>Análise estatística</i>	30
3. Resultados	31
3.1 <i>Sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos e turbidez</i>	31
3.2 <i>Variáveis físicas e químicas da água</i>	31
4. Discussão	33
4.1 <i>Sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos e turbidez</i>	33
4.2 <i>Variáveis de qualidade de água</i>	35
4.3 <i>Índices de produção</i>	36
5. Conclusões	38
6. Agradecimentos	38
7. Referências	39
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	45
ANEXO 1	48
ANEXO 2	49

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura segue sendo um setor de produção de proteína animal importante e vigoroso, crescendo no mundo a uma taxa de 8,3% entre os anos de 1970 e 2008 (FAO, 2010). A produção para o consumo humano atingiu em torno de 52,5 milhões de toneladas alcançando 45,7% da produção total de pescados comestíveis no mundo. (FAO, 2010). O cultivo de peixes de água doce representou 54,7% da produção aquícola, gerando uma receita de 40,5 milhões de dólares (FAO, 2010).

No Brasil a aquicultura cresceu 31,2% entre 2008 e 2010, chegando a um total de 479.399 toneladas produzidas (MPA, 2012). A produção aquícola continental cresceu 40% entre 2008 e 2010 e representou 82,3% do total produzido, sendo que atualmente a região sul é a maior produtora na aquicultura continental, responsável por 33,8% do total produzido no país (MPA, 2012).

Santa Catarina produziu em 2011 pouco mais que 32 mil toneladas de peixes de água doce, com mais de 90% desta produção na forma de espécies exóticas, principalmente tilápias e carpas. No entanto nos últimos anos a produção de espécies nativas começou a apresentar alguma expressão com o cultivo de Jundiá (*Rhamdia quelen*), cuja produção em 2011 atingiu 3% da produção piscícola continental do estado, chegando a crescer 50,3% de 2010 para 2011 (EPAGRI-CEPA, 2012). Esta espécie começou a participar expressivamente na produção catarinense a partir de 2007 com o avanço da base tecnológica para o seu cultivo (EPAGRI-CEPA 2012).

Rhamdia quelen é uma espécie que está amplamente distribuída nas Américas e seu cultivo vem aumentando significativamente na região Sul do Brasil. Os motivos são a sua tolerância a baixas temperaturas, resistência ao manejo e a boa aceitação pelos consumidores (GOMES et. al, 2000; AMARAL-JUNIOR, 2013). Aliado a isso, está a questão da pesquisa científica para o desenvolvimento de tecnologias de cultivo da espécie e da extensão rural por parte dos órgãos públicos (AMARAL-JUNIOR, 2013).

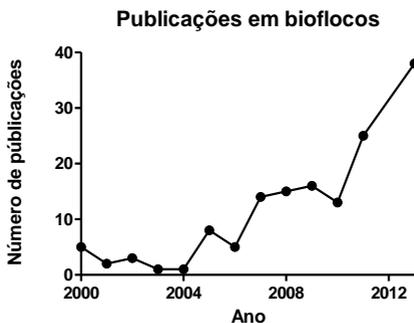
Essa importância atribuída ao jundiá pelos setores público e privado nos últimos anos levou em 2011 à criação de uma ampla rede de pesquisa que engloba instituições de todo o sul do Brasil, chamada de Rede Jundiá. Essa rede surgiu com o intuito de gerar conhecimentos e tecnologia sobre o cultivo do jundiá, pois alguns gargalos no setor produtivo ainda precisam ser resolvidos, sendo que o principal deles está na produção de larvas e alevinos, especialmente nas questões

relacionadas ao canibalismo e às infestações por parasitas ciliados, como *Ichthyophthirius multifiliis* (AMARAL-JUNIOR, 2013).

Na busca por novas tecnologias de produção de larvas de jundiá, uma das alternativas disponíveis é a tecnologia de cultivo em bioflocos, Biofloc Technology – BFT (CRAB et al., 2007), que vem ganhando cada vez mais importância nos últimos anos. Em uma pesquisa realizada no site da “Science Direct” (portal científico), foi possível encontrar 188 publicações relacionadas ao bioflocos, sendo 95 publicadas nos últimos três anos (Figura 1).

Esses números mostram a tendência do setor da aquicultura na busca de novas tecnologias que respeitem os princípios da sustentabilidade. O rápido crescimento da aquicultura nos últimos 50 anos não se deu de forma suficientemente sustentável (AVNIMELECH, 2012), de modo que esse crescimento desordenado levou grupos de cientistas e ambientalistas a questionarem a sustentabilidade da aquicultura, principalmente quando o cultivo é realizado com espécies que exigem maior quantidade de proteína para seu desenvolvimento (NAYLOR, 2000; PEREZ; NIRCHIO; GOMEZ, 2000). A contaminação dos ambientes adjacentes por efluentes aquícolas (Figura 2), o uso de farinha de peixe e o conflito pelo uso da terra são alguns pontos citados pelos autores.

Figura 1: Número de publicações encontradas no site <http://www.sciencedirect.com> com a palavra *biofloc*.



Fonte: Moisés A. Poli

Figura 2: Efluente de viveiros de aquicultura



Fonte: Moisés A. Poli

Entretanto o maior conflito para a atividade aquícola num futuro próximo é a utilização da água doce (NAYLOR et al., 2000) e da terra (AVNIMELECH, 2012; NAYLOR et al., 2000). Segundo Avnimelech (2012), em um sistema convencional são necessários 45 m^3 de água para produzir 1 kg de peixe, com produção por unidade de área igual a $0,2 \text{ kg/m}^2$. Nesse sentido a produção em sistemas intensivos com zero ou baixa renovação de água surge como alternativa, pois segundo o mesmo autor, nesse sistema se produz 1 kg de peixe com 1 m^3 de água, sendo que a produtividade pode atingir índices de 10 a 100 kg de peixe por m^2 .

Um problema comum a todos os sistemas de cultivo intensivo com baixa renovação de água é o acúmulo de matéria orgânica, que geralmente é chamado de lodo (AVNIMELECH, 2012). Em sistemas de tratamento de efluentes o lodo normalmente é incinerado ou destinado à fermentação anaeróbica, produzindo biogás (GERARDI, 2002). Apesar de ser promissor como fertilizante agrícola, ainda não há métodos estabelecidos para o tratamento do lodo produzido em sistemas aquícolas (AVNIMELECH, 2012). O lodo gerado pelo cultivo em bioflocos leva certa vantagem em relação ao lodo gerado pelos sistemas de recirculação, pois no biofoco esse material se mantém em suspensão durante todo o cultivo, podendo também ser aproveitado como alimento pelos animais (AVNIMELECH, 2012).

O potencial do biofoco como alimento rico em proteína e com possível potencial prebiótico e probiótico tem sido pouco explorado,

sendo a maior atenção dada ao seu efeito no tratamento dos compostos nitrogenados (SCHRYVER et al., 2012). Porém alguns autores já vêm estudando o potencial de alguns componentes do biofloco como é o caso do poli- β -hidroxibutirato, produzido por uma ampla gama de microrganismos na presença de carbono orgânico dissolvido e que compõem cerca de 16% do biofloco (SCHRYVER et al., 2012). Recentemente Becerra-Dorame et al. (2012) registraram o efeito benéfico dos carotenoides presentes no bioflocos, os quais aumentaram a ação antioxidante dos animais cultivados, enquanto Crab et al. (2010), mostraram uma drástica redução do quórum sensing de vibriões patogênicos no cultivo de crustáceos em bioflocos. Deste modo pode-se dar mais atenção a outros potenciais efeitos benéficos dos bioflocos e otimizar cada vez mais a sua utilização (SCHRYVER et al., 2012).

2. A TECNOLOGIA DE CULTIVO EM BIOFLOCOS

O cultivo de organismos aquáticos está limitado por fatores físicos e químicos da água, principalmente pela concentração de oxigênio dissolvido e dos compostos nitrogenados. Em sistemas intensivos a remoção dos compostos nitrogenados geralmente é realizada por filtros biológicos acoplados ao sistema de cultivo ou através de renovação de água.

Paralelamente a esse modelo, existem outras formas de se reciclar os nutrientes e simultaneamente produzir alimento natural para os animais de cultivo. Neste sentido, existem modelos de cultivo baseados no uso de perifíton, mais apropriado para modelos extensivos, como também modelos de cultivo baseados em bioflocos bacterianos geralmente utilizados em sistemas intensivos (CRAB et al., 2007). Os bioflocos são conglomerados de algas, protozoários, bactérias, detritos orgânicos e inorgânicos (CRAB et al., 2007), que além de controlar os compostos nitrogenados servem de suplemento alimentar para os animais de cultivo (CRAB et al., 2007; ASADUZZAMAN et al., 2010; AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE; BRON, 2008; BURFORD et al., 2004; SCHRYVER et al., 2008).

Com base no tratamento de efluentes domésticos, a tecnologia de bioflocos foi desenvolvida para controlar os compostos nitrogenados (tóxicos para os animais de cultivo), dentro do próprio ambiente de cultivo. O sistema pode ser manejado com bactérias nitrificantes que oxidam a amônia até nitrato, ou através da adição de uma fonte externa de carbono que irá favorecer o crescimento de bactérias heterotróficas

que absorvem a amônia e o ortofosfato, transformando-os em biomassa celular (AVNIMELECH, 1999).

Essa forma de controle de nitrogenados permite que o cultivo seja realizado com pouca ou nenhuma troca de água. Isso lhe dá algumas vantagens como:

- Aumentar a biossegurança evitando a entrada de patógenos (SAMOCHA et al., 2007);
- Prevenir o escape de peixes do cultivo (HARGREAVES, 2006);
- Evitar a contaminação de ambientes adjacentes (HARGREAVES, 2006);
- Otimizar a utilização dos recursos naturais como utilização da terra e água ao permitir o aumento significativo da densidade de estocagem e conseqüentemente aumento da produtividade do cultivo (AVNIMELECH, 2012).

Embora haja pesquisas avançadas com o sistema de bioflocos, este vem sendo usado basicamente em camarões marinhos e tilápias e ainda não foi testado para o jundiá (*Rhamdia quelen*). Este sistema pode oferecer algumas vantagens para *R. quelen*, uma vez que a espécie apresenta hábito alimentar que inclui detritos orgânicos, principalmente as formas jovens (GOMES et. al, 2000). Segundo Azim et al. (2007), as formas jovens tem maior preferência pelo biofoco, quando comparadas com os animais adultos. Por apresentar alta taxa de canibalismo, a larvicultura dessa espécie tem melhores resultados quando realizada em ambientes turvos com baixa intensidade luminosa (BEHR et. al, 1999), o que poderia ser outra vantagem deste sistema para essa espécie.

Por se tratar de um sistema novo e dinâmico muito há que ser avaliado, a começar por saber se a espécie toleraria os parâmetros característicos deste sistema como a alta concentração de sólidos suspensos totais (SST). No cultivo com bioflocos, a concentração de sólidos é influenciada pela entrada de matéria orgânica e pelo tipo de microrganismo predominante. Bactérias heterotróficas produzem sete vezes mais sólidos suspensos voláteis que as quimioautotróficas (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Vinatea et al. (2010), observaram que em cultivos de camarões (*Litopenaeus vannamei*), a quantidade de SSV pode afetar o desempenho produtivo dos animais, enquanto Schweitzer et al. (2013), observaram maior obstrução nas brânquias de *L. vannamei* em condição de cultivo com SST acima de 800 mg L⁻¹ e predominância de bactérias quimioautotróficas. Esses mesmos autores relataram que a manutenção de SST abaixo de 200 mg

L^{-1} remove as bactérias nitrificantes, reduz a comunidade de heterotrófica, deixando o ambiente de cultivo instável com relação aos nitrogenados dissolvidos. Deste modo é possível verificar como são dinâmicos os parâmetros associados ao biofilme e como eles podem interferir na produtividade do cultivo.

No sistema de biofilos o SST é um parâmetro que só perde em importância para o oxigênio, pois o excesso de SST pode prejudicar fisicamente os animais (SCHVEITZER et al, 2013); ao mesmo tempo a taxa de nitrificação é altamente correlacionada com a quantidade de SST (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Por isso este é um fator que deve ser bem manejado, sendo muito importante a identificação do nível adequado para cada espécie.

Considerando-se que não foram encontradas pesquisas que avaliaram o uso de biofilos na larvicultura de *R. quelen*, faz-se necessário inicialmente identificar quais são os níveis de tolerância dos parâmetros de cultivo para esta espécie, principalmente a quantidade de SST que ela tolera.

A dissertação está dividida em duas partes, uma introdução geral e um capítulo na forma de artigo científico, escrito segundo as normas da revista “Aquaculture”. O registro fotográfico relacionado ao experimento está apresentado na forma de anexos ao final deste trabalho.

3. JUSTIFICATIVA

Com o crescente interesse dos aquicultores do Sul do Brasil em cultivar o Jundiá (*R. quelen*), cresce a necessidade de se buscar novas tecnologias que possam melhorar a produção de larvas. Estas tecnologias de produção devem ser limpas, pois é crescente a exigência pelo zelo com o meio ambiente e pelo uso racional dos recursos naturais, principalmente na água doce, que está cada vez mais escassa. No caso de larviculturas de *Rhamdia quelen*, a entrada constante e indiscriminada de água também aumenta o risco de perdas de produção por patógenos, enquanto sistemas de recirculação com águas claras aumentam o estresse social causando perdas.

Nesse sentido o sistema de cultivo com bioflocos pode ser testado, pois se apresenta como uma alternativa tecnológica aos atuais modelos utilizados nas larviculturas de *R. quelen*. Apesar de promissor, ainda é preciso produzir informações importante sobre o sistema de cultivo em bioflocos. Além disso, novas espécies devem ser desafiadas nesse sistema considerando as diferentes características ambientais que o biofoco pode apresentar, para a determinação dos níveis críticos dos parâmetros limitantes desse sistema para a espécie em questão.

Deste modo, a avaliação do desempenho produtivo de larvas de *R. quelen* em diferentes condições associadas ao sistema de cultivo em bioflocos deverá produzir informações importantes para os setores envolvidos com o cultivo desta espécie e o cultivo em sistema de bioflocos. Por se tratar do primeiro estudo realizado com essa espécie nesse sistema, ele deverá produzir dados importantes para a realização de novos estudos.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho produtivo das larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema de cultivo em bioflocos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar os parâmetros produtivos de larvas de *Rhamdia quelen* em sistema de bioflocos;
- b) Analisar os parâmetros da qualidade de água do um cultivo de larvas de *Rhamdia quelen* em diferentes condições associadas ao sistema de biofoco.

CAPÍTULO 1:

Desempenho produtivo de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema de cultivo com bioflocos

Moisés Angel Poli ^{a,*}, Rodrigo Schweitzer ^c, Alex Pires de Oliveira Nuñez ^b

^a Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 88066-260, Brasil.

^b Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, 88066-260, Brasil.

^c Departamento de Ciências do Mar, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Santos, São Paulo, 11030-400, Brasil.

* Autor para correspondência: Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Rodovia Francisco Thomaz dos Santos nº 3532, Armação do Pântano do Sul, 88066-260, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Tel.: +55 48 33895216.

Email: moisespoli@gmail.com

Resumo

Este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema de bioflocos. Foram utilizados cinco tratamentos, com larvas estocadas na densidade de 25 peixes L⁻¹ durante 21 dias. Em três tratamentos as larvas foram cultivadas em tanques enriquecidos com bioflocos oriundos do cultivo intensivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*), nas concentrações de até 200 mg L⁻¹ (T200), 400 a 600 mg L⁻¹ (T400/600), e de 800 a 1000 mg L⁻¹ (T800/1000), expressas como sólidos suspensos totais (SST). Em outro tratamento, denominado T-HET, o cultivo iniciou com água clara e a formação dos bioflocos e o controle da amônia foram realizados através da adição diária de dextrose, que teve como objetivo estimular o crescimento das bactérias heterotróficas. O nível de SST nesse tratamento foi mantido próximo de 500 mg L⁻¹. No tratamento controle, as larvas foram cultivadas em água clara. Não houve renovação de água ao longo do cultivo, exceto no controle. A menor sobrevivência foi registrada no tratamento controle (10,2%), que sofreu infestação por *Ichthyophthirius multifiliis* no 15^o dia de cultivo, e que foi inferior (P<0,05) a dos

tratamentos T200 (38,0%), T-HET (44,0%), T800-1000 (51,1 %) e T400-600 (54,1%), cuja sobrevivência foi igual. O comprimento e o peso foram iguais em T200 (21,1 mm; 88,6 mg), T-HET (18,2 mm; 66,0 mg) e controle (19,0 mm; 64,9 mg), que foram maiores que T400-600 (16,2 mm; 45,7 mg) e T800-1000 (15,9 mm; 44,5 mg). Os resultados indicaram que foi possível cultivar larvas de jundiá nas diferentes condições de cultivo associadas ao sistema de bioflocos e em concentrações de SST de até 1.000 mg L⁻¹.

Palavras chaves: Químioautotrófico, heterotrófico, sólidos suspensos totais, qualidade de água.

1. Introdução

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie que está amplamente distribuída nas Américas e o seu cultivo vem crescendo acentuadamente na região Sul do Brasil (Amaral-Junior, 2013). Os motivos deste crescimento estão ligados à tolerância da espécie a baixas temperaturas, a sua resistência ao manejo e também à boa aceitação de sua carne pelos consumidores (Gomes et. al., 2000; Amaral-Junior, 2013). Estas características tornam a espécie muito promissora para ser cultivada na região sul do Brasil onde o clima é subtropical, com baixas temperaturas no inverno.

Entretanto alguns gargalos para a produção da espécie ainda precisam ser eliminados, sendo o principal deles a produção de larvas e alevinos, especialmente no que tange à presença de canibalismo e de infestações parasitárias por *Ichthyophthirius multifiliis* (Amaral-Junior, 2013). Na busca por novas tecnologias passíveis de utilização para a produção de larvas de jundiá, umas das alternativas é a tecnologia de cultivo em bioflocos, Biofloc Technology – BFT (Crab et al., 2007).

Os bioflocos são conglomerados de algas, protozoários, bactérias, detritos orgânicos e inorgânicos (Crab et al., 2007), que além de controlar os compostos nitrogenados servem de suplemento alimentar para os animais de cultivo (Crab et al., 2007; Avnimelech, 2007; Azim; Little, 2008; Schryver et al., 2008; Asaduzzaman et al., 2010).

Tendo por base o tratamento de efluentes domésticos, a tecnologia de bioflocos foi desenvolvida para controlar os compostos nitrogenados, tóxicos para os animais de cultivo, dentro do próprio ambiente de cultivo (Avnimelech, 1999). O sistema pode ser manejado com bactérias nitrificantes quimioautotróficas que oxidam amônia até nitrato, ou pode receber uma fonte externa de carbono que irá favorecer o crescimento de bactérias heterotróficas que absorvem a amônia e o ortofosfato, transformando-os em biomassa celular (Avnimelech, 1999).

Essa forma de controle de nitrogenados permite que o cultivo seja feito com pouca ou nenhuma troca de água, o que aumenta a biossegurança, pois evita a entrada de patógenos (Samocho et al., 2007) e a contaminação de ambientes adjacentes, além de prevenir o escape de peixes do cultivo (Hargreaves, 2006).

O sistema de bioflocos pode oferecer algumas vantagens para o cultivo de *R. quelen* principalmente nas formas jovens (Gomes et. al, 2000), uma vez que a espécie apresenta hábito alimentar que inclui detritos orgânicos. Além disso, por apresentar alta taxa de canibalismo, a larvicultura dessa espécie apresenta melhores resultados quando é

realizada em ambientes turvos com baixa intensidade luminosa (Behr et al., 1999), o que poderia ser outra vantagem do BFT.

Por se tratar de um sistema relativamente novo e dinâmico, muito ainda há que ser estudado, a começar por saber se a espécie tolera um sistema com alta concentração de sólidos suspensos totais (SST). No cultivo com bioflocos, a concentração de sólidos é influenciada pela entrada de matéria orgânica e pelo tipo de microrganismo predominante. Vinatea et al. (2010), observaram que em cultivos de *Litopenaeus vannamei* a quantidade de SSV pode afetar o desempenho produtivo dos animais, Emerenciano et al., (2012) e Schweitzer et al. (2013) observaram maior obstrução nas brânquias de *L. vannamei* numa condição de cultivo com sólidos sedimentáveis acima de 15 mg L^{-1} e SST acima de 800 mg L^{-1} respectivamente. Esses mesmos autores relataram que a manutenção de SST abaixo de 200 mg L^{-1} remove as bactérias nitrificantes deixando o ambiente de cultivo instável com relação aos nitrogenados dissolvidos. Porém com SST acima de 400 mg L^{-1} o ambiente se mantém estável. Nesse sentido, o manejo dos SST vai interferir diretamente na produtividade do cultivo em bioflocos, sendo que alguns autores sugerem este parâmetro como sendo mais importante que a concentração de amônia (Ebeling, et al., 2006).

Deste modo faz-se importante determinar o nível de tolerância dos parâmetros de cultivo para *R. quelen* neste sistema, estabelecendo-se ainda a quantidade de SST que a espécie tolera e se há preferência pelo sistema quimioautotrófico ou heterotrófico.

Considerando-se que não existem estudos que avaliaram o uso do bioflocos na larvicultura de *R. quelen*, o presente estudo teve por objetivo avaliar o desempenho produtivo de larvas de *R. quelen* submetidas a diferentes condições de cultivo em sistema de bioflocos

2. Materiais e Métodos

2.1 Material biológico

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) da Universidade Federal de Santa Catarina, durante 21 dias entre os meses de Maio e Junho de 2013. As larvas de jundiá (*R. quelen*) utilizadas no experimento foram produzidas através da reprodução induzida de matrizes do plantel de reprodutores do LAPAD. Após 48 h da eclosão, as larvas foram distribuídas aleatoriamente nas unidades experimentais.

2.2 Delineamento experimental, unidades experimentais e manejo do sistema

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso e com cinco tratamentos, um deles o controle, com três repetições, no qual larvas de jundiá em densidade de 25 larvas L⁻¹ foram cultivadas em diferentes condições ambientais durante 21 dias.

Em três tratamentos, as larvas foram cultivadas em tanques enriquecidos com bioflocos oriundos do cultivo intensivo de tilápias (*Oreochormis niloticus*). Três concentrações de bioflocos, expressas como sólidos suspensos totais (SST), foram testadas: até 200 mg L⁻¹ (T200), entre 400 e 600 mg L⁻¹ (T400-600), e entre 800 e 1000 mg L⁻¹ (T800-1000). No quarto tratamento, denominado T-HET, o cultivo iniciou com água clara e a formação dos bioflocos e o controle da amônia foram realizados através da adição diária de dextrose, que teve como objetivo estimular o crescimento das bactérias heterotróficas. Um tratamento controle também foi utilizado, no qual as larvas foram cultivadas em águas claras em sistema de recirculação provido de filtragem mecânica e biológica.

As unidades experimentais, denominadas de microcosmos, consistiram de tanques de 12 L contendo duas pedras porosas que serviram para oxigenar a água e manter os sólidos em suspensão. A temperatura da água foi mantida em 25 °C por aquecedores de 30 W controlados por termostatos, sendo que as unidades experimentais foram mantidas em sala isolada, onde receberam somente iluminação artificial com fotoperíodo controlado (luz:escuro) de 12/12.

Com exceção do controle, cada um dos demais tratamentos foi acoplado a um tanque circular maior, com volume útil de 150 litros, denominados macrocosmos. Os macrocosmos foram povoados com *O. niloticus* e tinham a função de manter a concentração de bioflocos nos valores pré-estabelecidos para os tratamentos. Em cada tanque foram utilizadas 12 pedras porosas que garantiram a oxigenação e mantiveram os sólidos em suspensão. A temperatura da água foi mantida em 25 °C por aquecedores de 300 W controlados por um termostato. A biomassa das tilápias nesses tanques foi de 2,47 kg, 2,40 kg, 2,55 Kg e 2,52 kg para os tratamentos T-HET, T200, T400-600 e T800-1000 respectivamente. As médias de peso dos respectivos tanques foram de 117,7 g ± 38,1, 113,2 g ± 19,4, 121,9 g ± 22,2 e 120,4 g ± 22,1. Durante o cultivo, as tilápias foram alimentadas com ração de 38% de proteína bruta a uma taxa de 2% da biomassa dos peixes dia⁻¹.

A água recirculava entre os tanques microcosmos e macrocosmos a uma taxa de 100% ao dia, mas não houve renovação de água durante o

cultivo, havendo apenas a reposição devido à evaporação. No tratamento controle, as unidades foram acopladas diretamente ao sistema de recirculação de água do laboratório que renovava 100 % da água.

Com excessão de T-HET e contrle, quando as concentrações de amônia (nitrogênio da amônia total, N-AT), ultrapassaram $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ foi adicionada dextrose, de acordo com Avnimelech (1999), assumindo que 20 g de carboidrato são necessárias para converter 1g de N-AT (Avnimelech, 1999). No T-HET a adição da dextrose foi constante durante os 21 dias de cultivo. A adição de bicarbonato de sódio em T200, T400-600 e T800-1000 manteve a alcalinidade da água acima de 120 mg L^{-1} e o pH superior a 7,2.

2.3 Variáveis de qualidade de água

O oxigênio dissolvido, o pH, a salinidade e a condutividade elétrica da água foram medidas duas vezes ao dia nos micro e nos macrocosmos (multiparâmetro YSI *professional plus*). A alcalinidade (APHA, 1998 – Método 2330 B) foi monitorada três vezes e a turbidez (turbidímetro) duas vezes por semana nos tanques de microcosmos e macrocosmos.

Os sólidos suspensos totais (APHA, 1998 – Método 2540 D), os sólidos suspensos voláteis e fixos (APHA, 1998 – Método 2540 D) foram analisados três vezes por semana nas unidades de macro e microcosmos, utilizando filtros de fibra de vidro com porosidade de $0,6 \mu\text{m}$ (GF/F Whatman).

As concentrações de amônia total (N-AT), nitrito (N-NO₂), nitrato (N-NO₃) e ortofosfato (PO₄³⁻) foram analisadas duas vezes na semana nos microcosmos e três vezes na semana nos macrocosmos. As análises foram realizadas de acordo com Strickland e Parson (1972) seguindo as orientações descritas em APHA (1998).

2.4 Índices de produção

A sobrevivência (%), o peso médio final (mg) e comprimento médio final (mm) das larvas foram os índices utilizados para avaliar o resultado dos cultivos. O comprimento das larvas foi obtido com o auxílio de paquímetro digital, e o peso obtido pela pesagem de cada larva em balança de precisão analítica (0,001 g).

2.7 Análise estatística

A análise de variância unifatorial, seguida do teste de Tukey (Zar, 2010) quando necessário, foi utilizada para comparação dos tratamentos utilizando-se o nível de significância de 0,05. A normalidade e

homocedasticidade foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene (Zar, 2010), respectivamente.

3. Resultados

3.1 Sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos e turbidez

As concentrações de sólidos suspensos totais (SST) mantiveram-se dentro dos níveis pré-estabelecidos para todos os tratamentos (Tabela 1). O percentual de sólidos suspensos voláteis (SSV) foi mais elevado em T200, seguido por T-HET. Não houve diferença significativa para SSV entre T400-600 e T800-1000, que apresentaram os menores valores (Tabela 1).

3.2 Variáveis físicas e químicas da água

Na Tabela 2 estão apresentadas as variáveis de qualidade de água. Embora diferenças significativas tenham sido registradas para temperatura e oxigênio dissolvido na água, os valores estiveram próximos de 25 °C e 6,5 mg L⁻¹, respectivamente. O pH da água não foi significativamente diferente entre os tratamentos. A alcalinidade foi significativamente diferente entre todos os tratamentos, com maiores valores observados no T-HET.

Tabela 1. Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF) e turbidez em tanques de larvicultura (microcosmos) de *Rhamdia quelen* cultivados em sistema de bioflocos e em água clara por 21 dias. Médias \pm desvio padrão (mínimo e máximo); n=3. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Parâmetro	T-HET	T200	T400-600	T800-1000	Controle
SST (mg L ⁻¹)	304,4 \pm 4,6 ^a (11,3-501,3)	157,0 \pm 2,9 ^b (102,0- 198,0)	538,4 \pm 1,7 ^c (436,0- 598,7)	908,7 \pm 1,1 ^d (814,7- 988,7)	
SSV (%)	78,0 \pm 3,6 ^a (63,2-96,8)	91,0 \pm 1,9 ^b (81,6-97,3)	58,8 \pm 0,1 ^c (56,4-60,5)	52,8 \pm 0,9 ^c (50,1-57,5)	-
SSF (%)	22,0 \pm 2,8 ^a (6,4-36,8)	9,0 \pm 1,2 ^b (2,7-18,7)	41,2 \pm 0,1 ^c (39,5-43,6)	47,2 \pm 0,7 ^d (42,5-49,9)	-
Turbidez (NTU)	210,1 \pm 1,0 ^a (0,8-331,0)	107,5 \pm 1,0 ^b (25,7-171,0)	432,7 \pm 1,3 ^c (223,7-531,7)	721,6 \pm 2,0 ^d (523,7-861,0)	0,6 \pm 0,0 ^e (0,5-0,7)

Com relação à salinidade e condutividade elétrica da água, os maiores valores foram observados no T200, T400-600 e T800-1000, que foram os tanques que receberam bicarbonato de sódio. A concentração de ortofosfato foi significativamente menor nos tratamentos T-HET e controle, sendo que nos demais tratamentos os esses valores estatisticamente iguais.

Diferenças significativas entre tratamentos foram observadas para todos os compostos nitrogenados (Tabela 2). A concentração de amônia foi significativamente maior em T-HET e T200. A concentração de nitrito foi significativamente maior no T200, já a de nitrato foi estatisticamente diferentes entre todos os tratamentos, com maiores valores observados em T800-1000.

3.3 Índices de produção

O desempenho das larvas de jundiá cultivadas durante 21 dias está apresentado na Tabela 3. O comprimento e o peso das larvas foram significativamente maiores no T200 quando comparados aos tratamentos T400-600 e T800-1000, mas não diferiu de T-HET e do controle. Com relação à sobrevivência das larvas, os menores valores foram registrados no tratamento controle; já entre os demais tratamentos não houve diferença significativa.

4. Discussão

4.1 Sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos e turbidez

Nos tratamentos T-HET e T200, a entrada de dextrose estimulou a produção de bactérias heterotróficas, caracterizada por percentuais significativamente maiores de SSV (Ebeling et al., 2006), condição que também foi observada no cultivo superintensivo de camarões marinhos enriquecido com melão de cana (Schweitzer et al., 2013). Nos tanques que não receberam dextrose (T400-600) e (T800-1000), embora a quantidade de SST tenha sido maior, o percentual de SSV foi inferior, sugerindo uma limitação de carboidrato para o crescimento das bactérias heterotróficas, favorecendo o crescimento de bactérias quimioautotróficas agregadas ao floco. A variação na turbidez da água seguiu o mesmo padrão dos SST e corrobora a condição obtida em outros trabalhos (Ray et al., 2010; Schweitzer et al., 2013).

Tabela 2. Variáveis físicas e químicas da água em tanques de larvicultura de *Rhamdia quelen* em sistema de bioflocos e águas claras durante 21 dias. Dados médios \pm desvio padrão (mínimo e máximo); n=3. Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Parâmetro	THET	T200	T400-600	T800-1000	Controle
Temperatura (°C) - Manhã	25,1 \pm 0,3 ^{ab} (24,5 - 25,6)	25,4 \pm 0,3 ^a (24,9 - 26,0)	25,4 \pm 0,3 ^a (24,7 - 26,0)	24,9 \pm 0,4 ^b (24,4 - 25,5)	25,3 \pm 0,3 ^{ab} (24,7 - 25,6)
Temperatura (°C) - Tarde	24,9 \pm 0,2 ^{ab} (24,5 - 25,1)	25,1 \pm 0,3 ^{abc} (24,7 - 25,4)	25,0 \pm 0,2 ^a (24,7 - 25,3)	24,7 \pm 0,2 ^b (24,3 - 25,0)	25,4 \pm 0,3 ^c (24,7 - 25,7)
Oxigênio Dissolvido - Manhã (mg L ⁻¹)	6,5 \pm 0,3 ^a (6,0 - 6,9)	6,5 \pm 0,2 ^a (6,2 - 6,9)	6,7 \pm 0,2 ^a (6,4 - 7,0)	6,8 \pm 0,2 ^b (6,5 - 7,2)	6,7 \pm 0,3 ^a (6,1 - 7,2)
Oxigênio Dissolvido - Tarde (mg L ⁻¹)	6,5 \pm 0,2 ^a (6,1 - 6,7)	6,5 \pm 0,3 ^a (5,8 - 7,1)	6,8 \pm 0,2 ^{ab} (6,5 - 7,2)	6,8 \pm 0,2 ^b (6,5 - 7,2)	6,7 \pm 0,3 ^{ab} (6,3 - 7,1)
pH	8,0 \pm 0,3 ^a (7,5 - 8,4)	7,9 \pm 0,5 ^a (7,0 - 8,5)	7,7 \pm 0,3 ^a (7,2 - 8,9)	7,7 \pm 0,2 ^a (7,4 - 8,1)	7,7 \pm 0,2 ^a (7,4 - 7,9)
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	236,1 \pm 0,3 ^a (81,4 - 285,2)	187,5 \pm 0,4 ^b (84,4 - 274,9)	112,0 \pm 0,2 ^c (80,2 - 132,1)	107,9 \pm 0,1 ^d (83,3 - 126,4)	83,7 \pm 0,4 ^c (80,1 - 90,3)
Salinidade (g L ⁻¹)	0,4 \pm 0,1 ^a (0,2 - 0,8)	1,3 \pm 0,4 ^b (0,4 - 1,8)	1,4 \pm 0,3 ^b (0,8 - 1,8)	1,4 \pm 0,3 ^b (0,7 - 1,9)	0,3 \pm 0,2 ^a (0,2 - 1,0)
Condutividade (mS cm ⁻¹ a 25 °C)	0,7 \pm 0,1 ^a (0,5 - 0,9)	2,4 \pm 0,7 ^b (0,6 - 3,1)	2,6 \pm 0,7 ^b (1,2 - 3,4)	2,8 \pm 0,6 ^b (1,7 - 3,5)	0,6 \pm 0,1 ^a (0,5 - 0,8)
Ortofosfato (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	2,4 \pm 0,4 ^a (0,0 - 6,9)	12,4 \pm 1,1 ^b (0,0 - 41,3)	13,0 \pm 1,1 ^b (0,0 - 41,3)	13,9 \pm 0,1 ^b (0,0 - 37,9)	6,9 \pm 0,8 ^c (0,0 - 19,6)
Amônia Total - N (mg L ⁻¹)	0,28 \pm 0,00 ^a (0,00 - 0,52)	0,26 \pm 0,01 ^a (0,04 - 0,61)	0,08 \pm 0,01 ^{bc} (0,02 - 0,19)	0,05 \pm 0,01 ^b (0,02 - 0,17)	0,11 \pm 0,02 ^c (0,03 - 0,23)
Nitrato (mg N-NO ₂ ⁻ L ⁻¹)	0,09 \pm 0,01 ^a (0,00 - 0,29)	0,80 \pm 0,01 ^b (0,00 - 1,98)	0,02 \pm 0,00 ^c (0,00 - 0,05)	0,01 \pm 0,00 ^c (0,00 - 0,03)	0,02 \pm 0,01 ^c (0,00 - 0,15)
Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ L ⁻¹)	28,8 \pm 1,3 ^a (6,5 - 96,3)	58,4 \pm 1,3 ^b (23,7 - 141,2)	76,6 \pm 3,5 ^c (33,2 - 149,8)	86,0 \pm 5,2 ^d (34,4 - 203,0)	20,3 \pm 2,7 ^e (6,8 - 36,3)

Tabela 3. Desempenho produtivo (médias \pm desvio padrão) das larvas de *Rhamdia quelen* cultivadas durante 21 dias em sistema de bioflocos e água clara. Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tratamento	Comprimento (mm)	Peso (mg)	Sobrevivência (%)
T-HET	19,0 \pm 2,0 ^{ab}	66,0 \pm 12,5 ^{ab}	44,0 \pm 10,1 ^a
T200	21,1 \pm 1,0 ^a	88,6 \pm 8,4 ^a	38,1 \pm 3,4 ^a
T400-600	16,2 \pm 0,8 ^b	45,7 \pm 6,3 ^b	54,4 \pm 2,4 ^a
T800-1000	15,9 \pm 0,7 ^b	44,5 \pm 4,4 ^b	51,1 \pm 2,7 ^a
Controle	19,0 \pm 2,0 ^{ab}	64,9 \pm 22,0 ^{ab}	10,2 \pm 4,5 ^b

4.2 Variáveis de qualidade de água

A temperatura (Radünz-Neto, 1981), a concentração oxigênio dissolvido (Maffezzoli e Nuñez, 2006; Weiss e Zaniboni, 2010), o pH (Gomes et al., 2000; Graff et al., 2007) e salinidade da água (Brandão, 2004), variaram dentro dos limites considerados apropriados para o cultivo de *R. quelen*. Nos tratamentos T200, T400-600 e T800-1000, a salinidade e a condutividade elétrica da água foram superiores aos demais tratamentos provavelmente devido à adição de bicarbonato de sódio para corrigir a alcalinidade e pH.

Embora a concentração de amônia total tenha sido maior T-HET e T200, os valores estiveram dentro dos limites seguros para o cultivo de *R. quelen*. Os valores máximos de N-NH₃ foram de 0,06 mg L⁻¹ em T-HET e 0,03 mg L⁻¹ em T200, abaixo dos níveis considerados tóxicos para juvenis de jundiá que são de 2,99 mg L⁻¹ em pH 8 (Weiss e Zaniboni-Filho, 2009) e 1,25 mg L⁻¹ em pH 7,5 (Miron et al., 2008). Da mesma forma, a concentração de nitrito foi mantida abaixo de 1,19 mg L⁻¹, considerada segura para o cultivo de jundiá (Lima et al., 2011). Ressalta-se porém que esses valores são referentes a juvenis de jundiá, já que não existe esta informação para larvas.

A alcalinidade da água foi diferente entre os tratamentos e os maiores valores foram registrados no T-HET e T200. O aumento da alcalinidade em tanques enriquecidos com carbono também foi observado no cultivo de camarões (Schweitzer et al., 2013). Nos tratamentos T400-600 e T800-1000, a adição diária de 2,0g bicarbonato de sódio sugere que o consumo da alcalinidade esteve provavelmente associado à presença de bactérias quimioautotróficas. Já no controle, a presença de um compartimento com cascas de ostra no sistema de recirculação manteve a alcalinidade estável ao longo do cultivo.

A menor concentração de ortofosfato no T-HET pode estar associada ao aumento da produção bacteriana heterotrófica, que absorve o ortofosfato, e à remoção do biofilme contendo essas bactérias através dos decantadores, o que removeria o ortofosfato. Avaliando o potencial de produção de bactérias através da adição de carbono, Schneider et al. (2006) observaram que o aumento na relação C:N favoreceu a conversão de ortofosfato em biomassa de bactérias heterotróficas. No tratamento controle os baixos valores de ortofosfato quando comparados com T200, T400-600 e T800-1000, pode estar relacionado à maior reposição de água no sistema de recirculação, resultado da retrolavagem realizada diariamente.

A amônia, nitrito e o nitrato apresentaram comportamentos semelhantes nos tratamentos T400-600, T800-1000 e controle. As concentrações de amônia e nitrito permaneceram baixas durante todo o cultivo, porém as concentrações de nitrato foram elevadas, indicando a presença de bactérias nitrificantes (Cohen et al., 2005; Ebeling et al., 2006; Van Rinjn et al., 2006) e sugerindo a presença de um sistema maduro com relação ao processo de nitrificação. Em T200, a remoção constante de biofilmes foi acompanhada pelo aumento da amônia e este comportamento está de acordo com Schweitzer et al. (2013), que afirmaram que a remoção excessiva de SST pode reduzir a biomassa de bactérias nitrificantes e heterotróficas e comprometer o controle da amônia.

4.3 Índices de produção

Experimentos de larvicultura com *R. quelen* têm apresentado variabilidade quando se considera o desempenho dos animais. Por exemplo, Behr et al. (2000), cultivaram larvas de jundiá por 21 dias em água clara, temperatura média de 25 °C e obtiveram sobrevivência, peso médio e comprimento total de 83,5%, 151,4 mg e 25,4 mm, respectivamente, resultados superiores aos do presente estudo. Em outro estudo que avaliou diferentes intensidades luminosas na larvicultura de jundiá, Behr et al. (1999) produziram larvas com peso de 315,0 mg e conseguiram sobrevivência de 82,8%. Nesse experimento, as larvas foram alimentadas com artêmia e cultivadas em água oriunda de um sistema de recirculação.

No presente estudo as larvas com maior comprimento (21,1 mm) e peso (88,6 mg) foram produzidas em T200, porém a melhor sobrevivência (54,4%) foi registrada no T400-600, valores inferiores aos obtidos nas pesquisas citadas anteriormente, mas semelhantes aos resultados obtidos por Piaia e Radünz-Neto (1997) (sobrevivência 61%;

comprimento 16,46 mm) e Cardoso et al. (2004) (sobrevivência 54,33%; comprimento 17,43 mm). Nesses dois estudos, os autores testaram diferentes fontes proteicas em 21 dias de larvicultura, tendo obtido os melhores resultados com a utilização de fígado bovino como base da ração.

Para *R. quelen* o aumento na concentração de SST não foi associado ao melhor crescimento das larvas, mas tanto o comprimento quanto o peso final dos organismos foram maiores no T200 quando comparado ao T400-600 e T800-1000. No T200, os bioflocos, apresentaram maior percentual de SSV, o que pode ter propiciado uma fonte de alimento mais nutritiva para as larvas. Da mesma forma, no T-HET o percentual de SSV dos bioflocos foi elevado e o crescimento das larvas foi próximo ao encontrado no T200. Por outro lado, no tratamento controle, a baixa sobrevivência das larvas, que alterou a densidade de cultivo, foi o fator responsável pelos índices de crescimento registrados.

No cultivo de camarões em sistema de bioflocos, estudos sugerem que a concentração de SST abaixo de 600 mg L⁻¹ são mais apropriadas para o cultivo (Ray et al., 2010; Schweitzer et al., 2013). Segundo Avnimelech (2012), não existem estudos que tenham determinado concentrações de SST ideais para o cultivo de peixes com bioflocos, embora o autor recomende valores entre 200 e 400 mg L⁻¹. No presente estudo, não houve diferença na sobrevivência das larvas de jundiá cultivadas entre 200 e 1000 mg L⁻¹ de SST, sugerindo que esses organismos toleram ambientes com quantidades elevadas de bioflocos. *R. quelen* é uma espécie com hábitos bentônicos e habita águas turvas de rios (Gomes et al., 2000), semelhante ao ambiente simulado no tratamento T800-1000, o que pode explicar essa maior tolerância aos sólidos suspensos na água.

No 15^o dia de cultivo, as larvas do tratamento controle sofreram infestação pelo parasita *Ichthyophthirius multifiliis*. Conhecida como a doença dos pontos brancos ou ictiofitiríase, este parasita afeta o cultivo de peixes no mundo inteiro e é o maior problema parasitário no cultivo de *R. quelen* (Miron et al., 2003; Garcia et al., 2007; Shinn et al., 2009; Garcia et al., 2010; Wei, Li e Yu, 2013). Considerando-se que a contaminação observada no tratamento controle tenha origem nos cistos de *I. multifiliis* presentes nos reservatórios de água e estruturas de cultivo do laboratório, a chance de contaminação das larvas pelo parasita foi a mesma em todos os tratamentos. Apesar disso, nos tratamentos com bioflocos não houve infestação por *I. multifiliis* e a sobrevivência média das larvas foi quatro vezes superior a do controle. Esta condição pode estar relacionada ao efeito prebiótico e probiótico

que os bioflocos exercem sobre os organismos cultivados, como sugerido em alguns estudos (Crab et al., 2010; Avnimelech, 2012; Schryver et al., 2012; Xu e Pan, 2013).

5. Conclusões

Os resultados mostraram que larvas de *R. quelen* podem ser cultivadas no sistema de bioflocos em concentrações de SST de até 1.000 mg L⁻¹. O aumento na quantidade de bioflocos na água não afetou o crescimento das larvas, mas tanto o comprimento quanto o peso foram maiores em tanques onde o percentual de SSV nos bioflocos foi mais elevado, sugerindo que os bioflocos foram uma fonte de alimento para as larvas. A sobrevivência das larvas foi maior no sistema de bioflocos do que nos tanques com água clara oriunda do sistema de recirculação, que foram afetados por parasitas, condição não observada nos bioflocos.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, ao Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil) pela infraestrutura e pelos recursos disponíveis; à CAPES, pela bolsa de mestrado para o primeiro autor.

7. Referências

- Amaral-Junior, H., 2013. Influência da rede jundiá na piscicultura do estado de Santa Catarina – Workshop sobre jundiá. Editora Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul (in Portuguese).
- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Association, 1998. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Association, 1998. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Asaduzzaman, M., Wahab, M. A., Verdegem, M. C. J., Adhikary, R. K., Rahman, S.M.S., Azim, M. E., Verreth, J.A.J., 2010. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C:N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. *Aquaculture* 301, 37-46.
- Avnimelech Y., 1999. Carbono:nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227-235.
- Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264 (1-4), 140-147.
- Avnimelech, Y., 2012. *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*, 2^d Edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.
- Azim, E. M., Little, D. C., Bron J. E., 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*. 99, 3590-3599.
- Becerra-Dorame, M. J., Marthinez-Cordova, L. R., Martínez-Porchas, M., Hernández-Lopez, J., López-Elías, J., Mendoza-Cano, F., 2012. Effect of using autotrophic and heterotrophic microbial-based-systems for the pre-grown of *Litopenaeus vannamei*, on the

- production performance and selected haemolymph parameters. *Aquaculture Research*, 1-5.
- Behr, E. R., Raunz, J. N., Tronco, A. P., Fontana, A. P., 1999. Efeito de diferentes níveis de luminosidade sobre o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia queleni*) (Quoy e Gaimard, 1924) (Psices: pimelodidae). *Revista Acta Scientiarum*, 21 (2), 325-330 (in Portuguese).
- Behr, E. R., Tronco, A. P., Radünz-Neto, J., 2000. Ação do tempo e da forma de suplementação alimentar com *Artemia franciscana* sobre a sobrevivência e o crescimento de larvas de jundiá. *Ciência Rural* 30 (3), 503-507 (in Portuguese).
- Brandão, D.A., 2004. Profilaxia e doenças. In: Baldisserotto, B., Radünz Neto, J. (Eds.), *Criação de Jundiá*. Editora UFSM, Santa Maria, pp. 161–189 (in Portuguese).
- Burford, M., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture* 232, 525-537.
- Burford, M., Thompson, P., McIntosh, R., Bauman, R., Pearson, D., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 210, 293-411.
- Cardoso, A. P., Radünz-Neto, J., Medeiros, T. S., Knöpker, M. A., Lazzari, R., 2004. Criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com rações granuladas contendo fígados ou hidrolisados. *Acta Scientiarum* 26 (4), 457-462 (in Portuguese).
- Carneiro, P.C.F., Schorer, M., Mikos, J.D., 2005. Tratamentos terapêuticos convencionais no controle do ectoparasita *Ichthyophthirius multifiliis* em jundiá (*Rhamdia quelen*). *Pesq. Agropec. Bras.* 40, 99–102 (in Portuguese).
- Cohen, J., Samocha, T., Fox, J., Gandy, R., Lawrence, A., 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile using limited discharge and biosecure management tools. *Aquac. Eng.* 32, 425-442.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v. 270, p. 1-14, 2007.
- Crab, R., Lambert, A., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2010. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp

- (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. Journal of Applied Microbiology 109, 1643-1649.
- 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, 246-358.
- Emerenciano, M., Cuzon, G.G.G., 2012. Biofloc technology applied to shrimp broodstock – In biofloc technology guide book. World Aquaculture Society. 2th ed, 217-230.
- Garcia, L. O., Becker, A. G., Copatti, C. E., Baldisserotto, B., Radünz-Neto, J., 2007. Salt in the food and water as a supportive therapy for *Ichthyophthirius multifiliis* infestation on silver catfish, *Rhamdia quelen*, fingerlings. J. World Aquac. Soc. 38 (1), 1-11.
- Garcia, L. O., Becker, A. g., Cunha, M. A., Baldisserotto, B., Copatti, C. E., Kochhann D., 2011. Effects of water pH and hardness on infection of silver catfish, *Rhamdia quelen*, Fingerlings by *Ichthyophthirius multifiliis*. J. World Aquac. Soc. 42 (3), 399-405.
- Golombieski, J.I., 2004. Transporte de peixes. In: Baldisserotto, B., Radünz Neto, J. (Eds.), Criação de Jundiá. Editora UFSM., Santa Maria, pp. 191–199 (in Portuguese).
- Golombieski, J.I., Silva, L.V.F., Baldisserotto, B., da Silva, J.H.S., 2003. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and
- Gomes, L.C., Golombieski, J.I., Gomes, A.R.C., Baldisserotto, B., 2000. Biologia de jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). Cienc. Rural 30, 179–185 (in Portuguese)
- Graeff, Á., Tomazoni, A. F., Pruner, E. N., Marafon, A. T., 2007. Influência da dureza e do pH no desenvolvimento do jundiá (*Rhamdia quelen*) na fase de fertilização até a produção de pós-larvas. Revista Eletronica de Veterinaria 8 (9), 1-7 (in Portuguese).
- Hargreaves, J. A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquac. Eng. 34, 344-363.
- Lima, R. L., Braun, N., Kochhann, D., Lazzari, R., Radünz-Neto, J., Moraes, B. S., Loro, V. L., Baldisserotto, B., 2011. Survival,

- growth and metabolic parameters of silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles exposed to different waterborne nitrite levels. *Neotropica Ichthyology*, 9(1), 147-152.
- Maffezzolli, G. Nuñez, A. P. O., 2006. Crescimento de alevinos de judiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. *Acta Sci. Biol. Sic.* 28, 41-45 (in Portuguese)
- Majeed, S.k., Gopinath, C., Jolly, D. W., 1984. An outbreak of white spot disease (*Ichthyophthirius multifiliis*) in young fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *J Small Anim Pract* 25, 517-523.
- McCartney, J. B., Fortner, G.W. and Hansent, M.F., 1985. Scanning electron microscopic studies of the life cycle of *Ichthyophthirius multifiliis*. *Journal Parasit* 71, 218-226.
- Miron, D. S., Moraes, B. Becker, A. G., Crestani, M., Spanevello, R., Loro, V. L., B., 2008. Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae). *Aquaculture* 277, 192-196.
- Pan, L.Q., Xu, W. J., 2013. Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. *Aquaculture* 412, 117-124.
- Piaia, R., Radünz-Neto, J., 1997. Avaliação de diferentes fontes proteicas sobre o desempenho inicial de larvas de jundiá *Rhamdia quelen*. *Ciencia Rural* 27 (2), 319-323 (in Portuguese).
- Radünz-Neto, J. Desenvolvimento de técnicas de reprodução e manejo de larvas e alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). Santa Maria – RS 1981. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria (in Portuguese).
- Ray, A. J., Lewis, B. L., Leffler, J.W., 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.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A., Burger, J., Almeida, R., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D. L., 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and

- grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquac. Eng. 36,(2), 184–191
- Schneider, O., Sereti, V., Eding, E., Verreth, J., 2006. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. Aquaculture 261, 1239-1248
- Schryver, P. D., Boon, N., Verstraete, W., Bossier, P., 2012. The biology and biotechnology behind bioflocs – A Practical Guide Book, 2^d Edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.
- Schryver, P.D., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture 277, 125-137.
- Schweitzer, R., Arantes. R., Costódio, P.F.S., Santo. C.M.E., Vinatea, L.A., Seiffert, W.Q.S., Andreatta, E.R., 2013. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. Aquacultural Engineering 56, 59-70.
- Shinn, A. P., Picon-Camacho, S. M., Bawden, R., Taylor, N. G. H., 2009. Mechanical control of *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 (Ciliophora) in a rainbow trout hatchery. Aquacultural Engineering 41 (3), 152-157.
- Uliana, O., Silva, J. H. S., Radünz-Neto, J., 2001. Substituição parcial ou total de óleo de canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), Pisces, Pimelodidae. Ciência Rural 31 (4), 677-681 (in Portuguese).
- Van Rijn, J., Tal, Y., Schreier, H.J., 2006. Denitrification in recirculating systems: Theory and application. Aquac. Eng. 34 (3), 364-376
- Vinatea, L., Gálvez, A. O., Browndy, C.L, Stokes, A., Venero, J., Haveman, J., Lewis, B.L., Lawson, A., Shuler, A., Leffer, J.W., 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* inn a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. Aquac. Eng. 42 (1) 17-24.
- Wei, J. Z, Li, H., Yu, H., 2013. Ichthyophthiriasis: emphases on the epizootiology. Letters in Applled Microbiology 57, 91-101.

- Weiss, L. A., Zaniboni-Filho, E., 2009. Survival of diploid and triploid *Rhamdia quelen* juveniles in different ammonia concentrations. *Aquaculture* 298, 153-156.
- Weiss, L. A., Zaniboni-Filho, E., 2010. Survival of diploid and triploid *Rhamdia quelen* juveniles under different oxygen concentrations. *Journal of Applied Aquaculture*, 30-38.
- Zar, J.H., 2010. *Biostatistical Analysis*, fifth ed. Prentice Hall, New Jersey.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

AMARAL-JUNIOR, H. **Influência da rede jundiá na piscicultura do estado de Santa Catarina** – Workshop sobre jundiá. Editora Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2013.

ASADUZZAMAN, M. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C:N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. **Aquaculture**, v. 301, 2010, p. 37-46.

AVNIMELECH Y. Carbono:nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**. v.176, 1999, p.227-235.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology – A Practical Guide Book**. 1 ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2012, 283p.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264 (1-4), 2007, p.140-147.

AZIM, E. M., LITTLE, D. C., BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v. 99, 2008, p. 3590-3599.

BECERRA-DORAME, M. J., Effect of using autotrophic and heterotrophic microbial-based-systems for the pre-grown of *Litopenaeus vannamei*, on the production performance and selected hemolymph parameters. **Aquaculture Research**, 2012, p.1-5.

BEHR, E. R. et al. Influência de diferentes níveis de luminosidade sobre o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) (Quoy e Gaimard, 1824) (Pisces: Pimelodidae). **Revista Acta Scientiarum**, v. 2, n. 21, 1999, p. 325-330.

BURFORD, M. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, 2004, p.525-537.

CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, p. 1-14, 2007.

CRAB, R. et al. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. **Journal of Applied Microbiology**, v.109, 2010, p.1643-1649.

EBELING, J. M., TIMMONS, M. B., BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, 2006, p. 246-358.

EPAGRI-CEPA (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina- Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis, 2012, 315p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The state of World Fisheries and Aquaculture**. Roma: Sofia, 2010. 218.

GERARDI, M. H. **Settleability problems and loss of solids in the activated sludge process**. 1 ed. New Jersey. Wiley and Sons, 2002, 189 p.

GOMES, L.C. et al. Biologia de jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Cienc. Rural**, v.30, 2000, p.179-185.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquac. Eng.** v.34, 2006, p.344-363.

MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. Brasília, 2012.

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

PEREZ, J. E., NIRCHIO, M., GOMEZ, J. A. Aquaculture: part of the problem, not a solution. **Nature**, v. 405, p. 514, 2000.

RADÜNZ NETO, J. Desenvolvimento de técnicas de reprodução e manejo de larvas e alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). Santa Maria, RS 1981. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

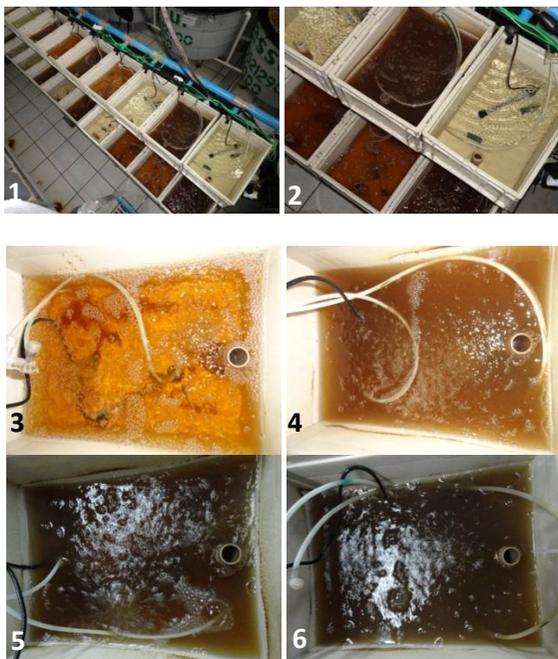
SAMOCHA, T.M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquac. Eng.** v. 36 (2), 2007, p.184-191

SCHRYVER, P. D. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v.277, 2008, p.125-137.

SCHRYVER, P. D. The biology and biotechnology behind bioflocs. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**, 2d Edition. Baton Rouge, The World Aquaculture Society, 2012, 283p.

SCHVEITZER, R., et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v.56, 2013, p.59-70.

VINATEA, L. A. et al. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquac. Eng.**, v.42 , n.1, 2010, p.17-24.

ANEXO 1**Fotos das unidades experimentais (microcosmos)**

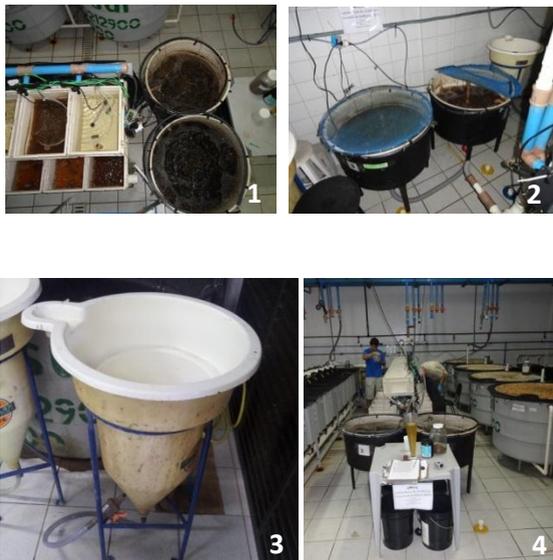
As Fotos 1 e 2 mostram o arranjo das unidades experimentais (microcosmos).

As Fotos 3, 4, 5 e 6 mostram uma unidade experimental de T200, T-HET, T400-600, e T800-1000, respectivamente.

Fotos: Rodrigo Schweitzer

ANEXO 2

Fotos das unidades de macrocosmos e decantadores



Fotos 1 e 2 mostram as quatro unidades de macrocosmos (tanques redondos).

A Foto 3 apresenta o modelo de decantador utilizado para remover os sólidos em excesso.

A Foto 4 apresenta uma vista frontal do experimento.

Fotos: Rodrigo Schweitzer