



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS:
ELEMENTOS FILTRANTES AFETAM A
PRODUÇÃO AQUAPÔNICA DE
ALFACES INTEGRADO COM
TILÁPIAS?**

MARCIO PEDROSO BARBOSA

CHAPECÓ, 2017

MARCIO PEDROSO BARBOSA

**TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: ELEMENTOS FILTRANTES
AFETAM A PRODUÇÃO AQUAPÔNICA DE ALFACES INTEGRADO
COM TILÁPIAS?**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**

Orientador (a): Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

Co-orientador(s): Diogo Luiz de Alcantara Lopes

Chapecó, SC, Brasil

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC

Barbosa, Marcio Pedroso

Tecnologia de Bioflocos: elementos filtrantes
afetam a produção aquapônica de alfaces integrado com
tilápia? / Marcio Pedroso Barbosa. - Chapecó, 2017.
56 p.

Orientador: Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

Co-orientador: Diogo Luiz de Alcantara Lopes
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do
Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
Chapecó, 2017.

1. Sustentabilidade. 2. Sedimentador. 3.
Biofiltro. 4. Efluente. 5. Qualidade de água. I.
Emerenciano, Maurício Gustavo Coelho. II. Lopes,
Diogo Luiz de Alcantara. , .III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Educação
Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. IV. Título.

**Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: ELEMENTOS FILTRANTES
AFETAM A PRODUÇÃO AQUAPÔNICA DE ALFACES INTEGRADO
COM TILÁPIAS?**

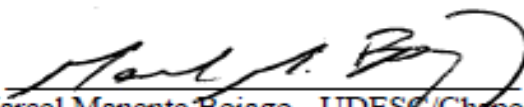
Elaborada por
Marcio Pedroso Barbosa

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:



Dr. Mauricio Gustavo Coelho Emerenciano – UDESC/Chapecó-SC



Dr. Marcel Manente Boiago - UDESC/Chapecó-SC



Dr. Raphael de Leão Serafini – EPAGRI/Caçador-SC

Chapecó, 20 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Seu Barbosa e Dona Glória, por terem originado quem escreve a partir da junção de suas células reprodutivas, meu muito obrigado.

À ciência, permitindo a cada tempo que passa alcançar novos conhecimentos em diferentes áreas de atuação.

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), OESTE e CERES, por terem participado do processo de minha graduação e pós-graduação, permitindo a utilização de suas infraestruturas para elaboração desta dissertação e por todo conhecimento adquirido.

Ao Dr. Maurício G. C. Emerenciano, meu orientador, por ter auxiliado em todo processo formativo, muito obrigado pelo conhecimento repassado.

À Pró-reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal da Fronteira Sul, por ter apoiado esta qualificação/capacitação em curso de educação/pós-graduação formal.

À professora Aline Zampar, pelo apoio e colaboração em período crítico de desenvolvimento dessa dissertação.

Aos colegas de trabalho e estudo, Luan, Marcos, Alisson, Raquel, Bruna, Carol, bolsistas e voluntários do LAQ – CERES – UDESC, e aos colegas mexicanos Katia e Daniel, que participaram efetivamente para a realização deste trabalho, sucesso absoluto para vocês.

À minha companheira de todas as horas, Aline, meu maior agradecimento, por todo apoio repassado nos momentos mais difíceis dessa caminhada, muito obrigado.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: ELEMENTOS FILTRANTES AFETAM A PRODUÇÃO AQUAPÔNICA DE ALFACES INTEGRADO COM TILÁPIAS?

AUTOR: Marcio Pedroso Barbosa
ORIENTADOR(A): Maurício Gustavo Coelho Emerenciano
Chapecó, 20 de dezembro de 2017

Em contrapartida aos métodos tradicionais de cultivo de organismos aquáticos, a aquaponia contribui pelo máximo aproveitamento das áreas de cultivo e dos nutrientes derivados dos efluentes da aquicultura, além de colaborar com a baixa utilização de água. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de elementos filtrantes na produção aquapônica de alfaces integrado com tilápias utilizando a tecnologia de bioflocos. Foram realizados dois experimentos (um com alfaces da variedade lisa e outro com a variedade crespa, cada um com duração de 14 dias). Em cada experimento, dois tratamentos foram avaliados, com três repetições cada, chamados de BFT-SB e BFT. O tratamento “BFT-SB” era composto de um sistema padrão de aquaponia contendo, em sequência, um tanque de peixes de 500L (com juvenis de tilápias *Oreochromis niloticus* de aproximadamente $166 \pm 7,54$ g de peso médio inicial), filtro mecânico (sedimentador) e filtro biológico, acoplado a três unidades hidropônicas do tipo “floating”. Já o tratamento “BFT” era composto, em sequência, pelo tanque de peixes acoplado diretamente as três unidades hidropônicas (também do tipo “floating”). Dentre os parâmetros fitotécnicos analisados, os tratamentos não apresentaram diferença significativa no primeiro experimento, sendo que a produtividade média das alfaces foram $0,868 \text{ kg.m}^{-2}$ e $0,897 \text{ kg.m}^{-2}$ para o sistema BFT-SB e BFT respectivamente. No segundo experimento, a altura final das folhas, o comprimento de raiz e a altura da maior folha apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo as melhores médias atribuídas ao sistema BFT-SB. A produção de peixes não foi alterada em ambos experimentos ($P>0,05$). Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a utilização de filtros sedimentadores e biofiltros são fundamentais para que não ocorra acúmulo de sólidos suspensos que acometam o desenvolvimento de plantas na aquaponia.

Palavras-chave: sedimentador, biofiltro, efluente, qualidade de água, sustentabilidade.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

BIOFLOC TECHNOLOGY: FILTER ELEMENTS AFFECT THE AQUAPONIC PRODUCTION OF LETTUCE INTEGRATED WITH TILAPIA?

AUTHOR Marcio Pedroso Barbosa
ADVISER: Maurício Gustavo Coelho Emerenciano
Chapecó, 20 de dezembro de 2017

In contrast to the traditional methods of cultivation of aquatic organisms, aquaponics contributes to maximum utilization of growing areas and nutrients derived from aquaculture effluents, in addition to collaborate with low water use. The objective of this study was to evaluate the effect of filter elements on the aquaponic production of lettuces integrated with tilapias using biofloc technology. Two experiments were carried out (one with lettuce of the smooth variety and another with the crispy variety, each with a duration of 14 days). In each experiment, two treatments were evaluated, with three replicates each, called BFT-SB and BFT. The "BFT-SB" treatment consisted of a standard aquaponic system containing, in sequence, a 500L fish tank (with juveniles of *Oreochromis niloticus* tilapia of approx. $166 \pm 7,54\text{g}$ initial weight), mechanical (sedimentation filter) and biological filter, coupled to three hydroponic units of the "floating" type. The treatment "BFT" consisted, in sequence, of the fish tank directly coupled to the three hydroponic units (also of the "floating" type). In the first experiment, among the phytotechnical parameters analyzed, the treatments had not significant difference in the first experiment, with the average lettuce productivity being 0.868 kg.m^{-2} and 0.897 kg.m^{-2} for the BFT-SB system and BFT respectively. In the second experiment, the final height of leaves, root length and height of the largest leaf showed significant differences between treatments, being the best means assigned to the BFT-SB system. Fish production was not altered in both experiments ($P > 0.05$). On the basis of the results obtained, the use of sedimentation filters and biofilters are fundamental so that there is no accumulation of suspended solids that affects the development of plants in the aquaponics.

Keywords: clarifier; biofilter; effluent; water quality; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – REVISÃO DA LITERATURA

Figura 1 – Participação da aquicultura na produção total de organismos aquáticos no mundo (em milhões de toneladas/esquerda e percentual/direita):	12
Figura 2 – Tecnologia de Bioflocos “BFT”	14
Figura 3 – Ilustração dos processos básicos que ocorrem no ciclo biológico em sistemas de aquaponia	16
Figura 4 – Tipos de bancada hidroponica para aquaponia: floating (a esquerda), substrato semi-seco (centro) e NFT (a direita).	17
Figura 5 – Tilápia cultivada em Tecnologia de Bioflocos.....	19
Figura 6 – Aquaponia comercial no Chile	20

CAPÍTULO II – ARTIGO CIENTÍFICO

Figura 1 – Variação de temperatura ambiente dentro e fora da estufa durante todo o período dos dois experimentos de aquaponia realizados em sequência (28 dias).	32
Figura 2 – Oscilação dos compostos nitrogenados (amônia, nitrato e nitrito, em mg.L^{-1}) nos macrocosmos e nas caixas das plantas dos sistemas de bioflocos com filtro sedimentador e biofiltro (BFT-SB) e sistema de bioflocos sem dispositivo de filtração (BFT) durante todo o período experimental.	34
Figura 3 – Oscilação da alcalinidade (mg.L^{-1} de CaCO_3) e ortofosfato (mg.L^{-1}) nos macrocosmos e nas caixas das plantas dos sistemas de bioflocos com filtro sedimentador e biofiltro (BFT-SB) e sistema de bioflocos sem dispositivo de filtração (BFT) durante todo o período experimental.	35
Figura 4 – Índice de qualidade de planta (IQP em %) das plantas do experimento 1 (alface variedade lisa) e do experimento 2 (alface variedade crespa).....	36

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – REVISÃO DA LITERATURA

Tabela 1 – Quantidade de peixes produzidos, segundo as espécies ou grupos de peix ordem decrescente de produção - Brasil – 2016	13
--	----

CAPÍTULO II – ARTIGO CIENTÍFICO

Tabela 1 – Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão dos parâmetros de qualidade de água monitorados nos tanques de peixes (macrocosmos) e nas caixas das plantas nos tratamentos utilizando a tecnologia de bioflocos sem dispositivo de filtragem (BFT) e com tecnologia de bioflocos utilizando filtragem de filtro sedimentador e biofiltro (BFT-SB) durante 28 dias de experimento.....	32
Tabela 2 – Médias de desempenho fitotécnico de alface – variedade lisa e crespa na produção aquapônica integrado com tilápia utilizando a tecnologia de bioflocos em comparativo de sistema com (BFT-SB) e sem (BFT) dispositivo de filtragem.	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Estufa piloto do Laboratório de Aquicultura LAQ-UDESC exclusiva para experimentos com aquaponia.....	54
Anexo 2 – Aspecto visual das alfaces (variedade Lisa) no tratamento BFT (acima) e BFT-SB (abaixo).....	55
Anexo 3 – Aspecto visual de raízes das alfaces (variedade Lisa) no tratamento BFT (acima) e BFT-SB (abaixo), esta última visivelmente com menos sólidos acumulados	56

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I.....	12
REVISÃO DE LITERATURA.....	12
1.1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 SISTEMA DE BIOFLOCOS – BFT	13
1.3 AQUAPONIA	15
1.4 TILÁPIAS EM BFT E NA AQUAPONIA.....	17
OBJETIVOS	21
OBJETIVO GERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
HIPÓTESE.....	22
2. CAPÍTULO II	23
ARTIGO	23
RESUMO	24
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS	31
DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
RECOMENDAÇÕES DE FUTUROS ESTUDOS	46
4. REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	54

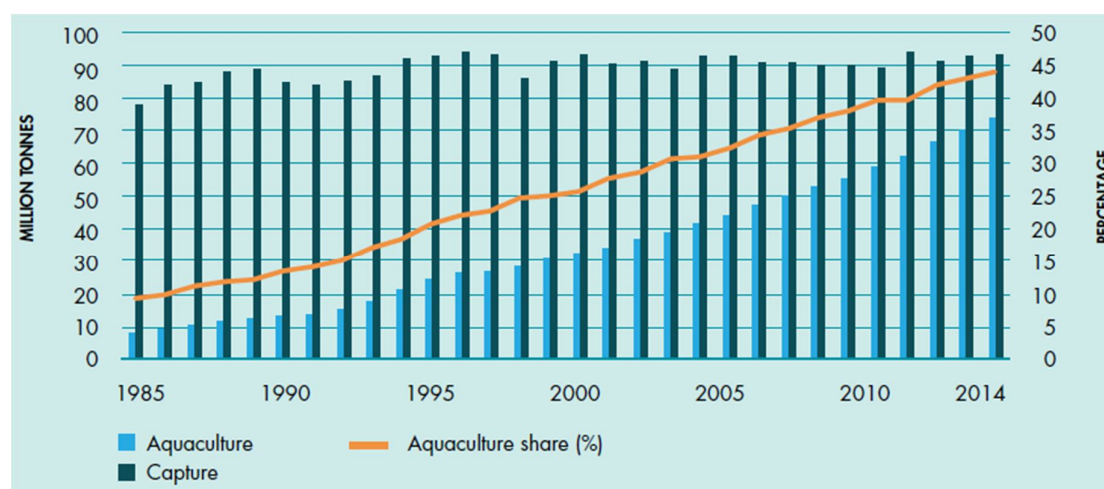
1. CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO

O cultivo de organismos aquáticos vem crescendo a passos largos no mundo todo. Os dados da produção de pescados indicam que em 2014 a produção mundial de aquicultura foi de 73,8 milhões de toneladas, valor que corresponde a 44,1 % do total de produção de organismos aquáticos (FAO, 2016). Segundo esta mesma fonte, estas cifras representam um considerável aumento quando comparado com os 42,1 % em 2012 e 31,1% em 2004.

Figura 1 – Participação da aquicultura na produção total de organismos aquáticos no mundo (em milhões de toneladas/esquerda e percentual/direita):



Fonte: Fao, 2016.

Em relação a produção nacional, estima-se que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção de pesca e aquicultura em 2025. Em 2016 a aquicultura brasileira atingiu um valor de produção de R\$ 4,61 bilhões, sendo a maior fatia provinda da criação de peixes (70,9%), seguida da criação de camarões (19,3%). Em relação ao ano de 2015, a piscicultura nacional cresceu 4,4%, atingindo um total de produção de 507,12 mil toneladas em 2016 (IBGE, 2016).

Tabela 1 – Quantidade de peixes produzidos, segundo as espécies ou grupos de peixes, em ordem decrescente de produção - Brasil – 2016

Espécie ou grupo de peixes, em ordem decrescente de produção	Quantidade produzida	
	Total (kg)	Percentual (%)
Tilápia	239.090.927	47,1
Tambaqui	136.991.478	27,0
Tambacu e tambatinga	44.948.272	8,9
Carpa	20.336.354	4,0
Pintado, cachara, cachapira, pintachara, Surubim	15.860.113	3,1
Demais espécies	50.205.070	9,9
Total	507.121.920	100,0

Fonte: Adaptado de IBGE, 2016

Neste cenário de crescimento da produção piscícola, os métodos tradicionais de cultivo (viveiros escavados ou em tanques-rede) vem sendo cada vez mais repensados face ao alto consumo/demanda de água, a necessidade de utilização de grandes extensões de terra e ao descarte de efluentes ricos em nutrientes em águas adjacentes (BUHMANN et al., 2015; HU et al., 2015; MARISCAL-LAGARDA et al., 2012). Assim sendo, existe a necessidade de se encontrar soluções para alcançar os moldes modernos de produção, objetivando altas produtividades com o menor impacto ambiental possível (MARTINS et al., 2010; RIJN, 2013).

Desde a década de 70, a tecnologia de cultivo em bioflocos ou “BFT” (sigla em inglês para *Biobloc Technology*) tem sido empregada com o objetivo de diminuir o descarte de efluentes e melhorar a biossegurança nos cultivos (EMERENCIANO et al., 2011). Paralelamente e com vantagens semelhantes, a aquaponia também emerge como sistema alternativo para a aquicultura (BUZBY; LIN, 2014).

1.2 SISTEMA DE BIOFLOCOS – BFT

A tecnologia de cultivo em Bioflocos ou “BFT” (sigla em inglês para *Biofloc Technology*) tem sido empregada desde a década de 70 com o intuito de aumentar a biossegurança dos cultivos de organismos aquáticos, diminuir o descarte de efluentes ricos em nutrientes nas águas adjacentes, reduzir as grandes extensões de terra utilizadas pelos métodos tradicionais e o elevado consumo de água (EMERENCIANO et al., 2013). Essa tecnologia se caracteriza pela troca mínima ou nula de água e o estímulo do crescimento de comunidades

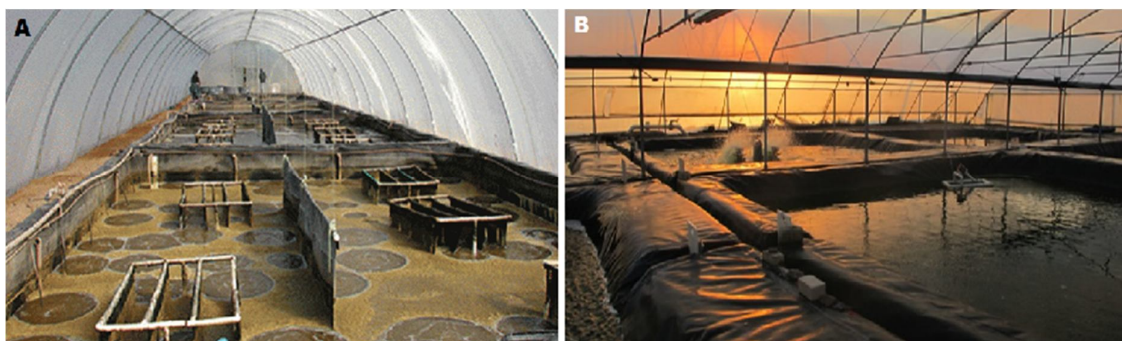
microbianas específicas, através da manipulação da relação carbono e nitrogênio do sistema (AVNIMELCH, 2007; EMERENCIANO et al, 2011).

Nesse sistema, a comunidade microbiana desempenha papéis importantes no que diz respeito à qualidade de água, competição com patógenos, produtividade natural e alimentação suplementar dos animais de cultivo (AZIM e LITTLE, 2008; EMERENCIANO et al, 2013). As bactérias presentes nos flocos microbianos, estimuladas pelo aumento da razão C:N, usam e transformam a amônia excretada pelos peixes, formando uma rica biomassa microbiana (THOMPSON et al, 2002), que podem ser utilizadas como fonte de alimento pelos animais cultivados (MARTÍNEZ-CÓRDOVA et al., 2014).

De acordo AVNIMELECH (2015), o sistema BFT é uma maneira sustentável de elevar a produção aquícola, possibilitando maiores produtividades por área, melhoras na conversão alimentar e redução do risco de doenças. Adicionalmente, traz vantagens por minimizar o consumo de água e acelerar a ciclagem dos nutrientes (EMERENCIANO et al, 2013), permitindo que a aquicultura cresça sem oferecer risco ao meio ambiente.

Entretanto, devido à baixa ou nula taxa de renovação de água e as altas taxas de densidade de estocagem empregadas nesse sistema (AVNIMELECH, 2015; CRAB et al., 2012) podem acarretar em efluente com grande concentração de nutrientes (QUINTÃ et al. 2015). Face ao exposto, uma alternativa seria aproveitar esses nutrientes gerados para a produção vegetal em sistema de cultivo integrado, por exemplo, na aquaponia (BUHMANN et al., 2015).

Figura 2 – Tecnologia de Bioflocos “BFT”



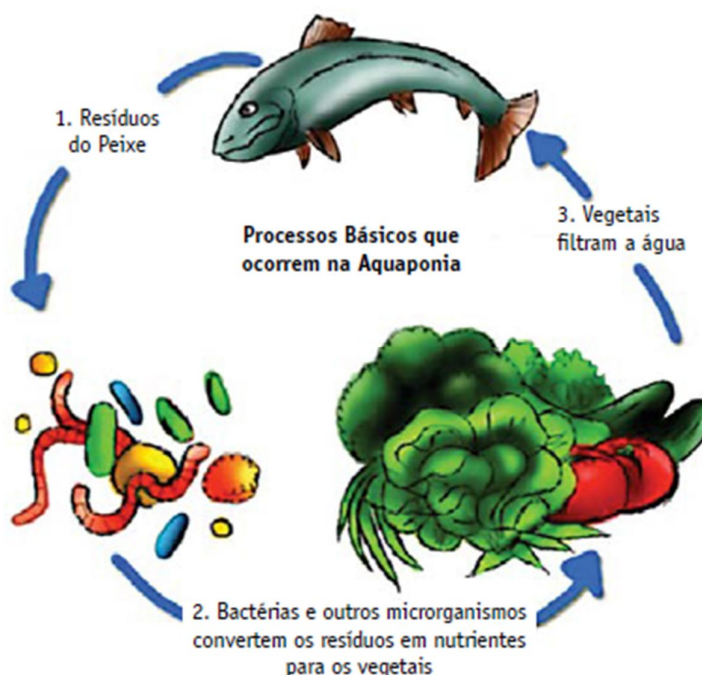
Fonte: A – Disponível em <<http://bibliotecaoceanofurg.blogspot.com.br/2015/12/iofurg-oferece-curso-de-cultivo-de.html>> Acesso em 09/11/2017. B – Maurício Emerenciano.

1.3 AQUAPONIA

A aquaponia é uma técnica que combina o cultivo intensivo de organismos aquáticos com a hidroponia, a qual consiste no cultivo de plantas terrestres em solução aquosa (DIVER, 2006; RAKOCY, 2012). No Brasil, a atividade de aquaponia é pouco difundida. Segundo EMERENCIANO et al. (2015), fatores como desinformação, elevados valores de investimento inicial, escassez de mão-de-obra especializada e de dados técnicos econômicos sobre esse sistema podem ser os principais motivos para esse cenário.

Devido à utilização racional da água e o aproveitamento quase que integral da ração, o sistema aquapônico proporciona que, em pequenas áreas, possam ser alcançadas altas produtividades de peixes e plantas (AL-HAFEDH; ALAMI; BELTAGI, 2008; MARISCAL-LAGARDA et al., 2012). Nesse sistema ocorre a utilização eficiente dos efluentes de peixes para nutrir as plantas, o que gera um subproduto de alto valor agregado, tornando a produção mais sustentável e diversificada (DEDIU; CRISTEA; XIAOSHUAN, 2012; EMERENCIANO et al., 2016). A água é eficientemente reutilizada na aquaponia como forma de aproveitar ao máximo os nutrientes através da filtração biológica natural (ENDUT et al., 2010). As sobras de ração e os dejetos dos peixes são naturalmente transformados por bactérias em produtos absorvíveis pelas plantas, favorecendo o desenvolvimento dos vegetais e a manutenção da qualidade de água para os peixes (MOYA et al., 2014; RAKOCY, 2012) e crustáceos (PINHEIRO et al 2017).

Figura 3 – Ilustração dos processos básicos que ocorrem no ciclo biológico em sistemas de aquaponia



Fonte: Emerenciano et al 2015.

De maneira geral, para que a integração entre peixes e plantas se torne possível, os sistemas de aquaponia precisam da inserção de alguns componentes em um arranjo básico. LENNARD & LEONARD (2006) preconizam que os sistemas aquapônicos devem conter filtros biológicos e mecânicos, reservatório de água (chamado também de “sump”) e uma bancada hidropônica, além, dos tanques dos peixes. Na bancada hidropônica as plantas devem ser distribuídas de maneira uniforme possibilitando o contato com a água e, conseqüentemente, com os nutrientes. Há três formas principais de distribuição das plantas ou tipos de aquaponia: 1) substrato semi-seco; 2) NFT (sigla em inglês para *Nutrient Film Technique*); e 3) bandejas flutuantes (LENNARD & LEONARD, 2006).

Habitualmente são empregados filtros mecânicos do tipo “sedimentadores” para correta remoção dos sólidos, com intuito de evitar o acúmulo de partículas nas raízes das plantas, além de filtros biológicos que desempenham a importante função para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes, viabilizando o processo de nitrificação dos nutrientes (RAKOCY, 2012). Todavia, ainda é pouco esclarecida a importância da presença de filtros mecânicos (sedimentadores, que visam retirar o material particulado) e de filtros

biológicos (que aumentam o processo realizado pelas bactérias de disponibilização de nitrato que é a forma mais assimilável de nitrogênio pelas plantas).

Em relação as plantas utilizadas, as hortaliças folhosas como a alface (*Lactuca sativa*) possuem excelente adaptação ao sistema e, devido também, a boa aceitação de mercado, rápido crescimento e baixo requerimento nutricional, merecem a atenção para cultivos em aquaponia (DIVER, 2006; RAKOCY, 2012; SALA; COSTA, 2012). No entanto, frutas (ROOSTA & MOHSENIAN, 2012) e temperos (PINHO et al. 2017) vem sendo empregados no sistema com sucesso.

Figura 4 – Tipos de bancada hidroponica para aquaponia: floating (a esquerda), substrato semi-seco (centro) e NFT (a direita).



Fonte: Disponível em <<http://aquaponicsplan.com/category/aquaponic-plans/>> Acesso em: 08/11/2017.

1.4 TILÁPIAS EM BFT E NA AQUAPONIA

As tilápias são o segundo grupo de peixes mais cultivados no mundo, sendo que o primeiro são as carpas (FAO, 2015). No Brasil é a espécie mais cultivada com 239,09 mil toneladas despescadas em 2016, 47,1% do total da piscicultura (IBGE, 2017).

A maior parte dos trabalhos científicos realizados com aquaponia dirigem ao uso da tilápia *Oreochromis niloticus* e seus híbridos (DEDIU; CRISTEA; XIAOSHUAN, 2012; DIVER, 2006; LOVE et al., 2015; RAKOCY, 2012; TYSON; TREADWEL; SIMONNEL, 2011). Bons índices de desempenho zootécnico, rusticidade, adaptação em diferentes ambientes de cultivo e a alta demanda de mercado (LIANG & CHIEN, 2013; MOYA et al. 2014) a tornam como uma das principais espécies de peixes com potencial para utilização nesse sistema.

Paralelamente esta espécie também possui produção comercial realizada com sucesso utilizando-se da tecnologia de bioflocos (AVNIMELECH, 2007), com destaque para os países latino-americanos como o México, o Equador, a Colômbia (AVNIMELECH, 2015) e também o Brasil (KUBITZA, 2011). Neste contexto, são vários os trabalhos científicos que denotam o potencial da espécie para o sistema de bioflocos. Uma produção com superioridade de 45% em relação aos cultivos em recirculação com águas-claras foram apresentados por AZIM e LITTLE (2008), mostrando que o BFT é uma fonte de alimento alternativa para as tilápias. LUO et al. (2014), observaram conversão alimentar de 1,20 no sistema BFT, inferior a conversão de 1,47 em águas claras, quando testaram tilápias adultas nesses dois sistemas, além de índices de sobrevivência de 100% e altas densidades de estocagem ($44,95 \text{ kg m}^{-3}$). Adicionalmente, WAMBACH (2013), ao verificar diferentes densidades de estocagem, trabalhando com juvenis de tilápia, alcançou biomassa de até $16,57 \text{ kg m}^{-3}$ e sobrevivência de até 98,96%. Segundo KUBTIZA (2011), após trabalhos com juvenis, as tilápias em BFT apresentaram conversão alimentar variando de 1,10 a 1,25 e sobrevivência maiores que 90%. Alta densidade de estocagem final ($18,4 \text{ kg m}^{-3}$), bom índice de sobrevivência (99,7%) e ganho médio de peso diário de 3,2 g, foram obtidos por RAKOCY et al. (2008) utilizando tilápias em tecnologia de bioflocos.

Figura 5 – Tilápia cultivada em Tecnologia de Bioflocos



Fonte: Disponível em:

<http://vet.ufmg.br/noticias/exibir/3166/bialoga_do_laqua_fala_sobre_biotecnologia_aplicada_a_aquacultura#.WgRLOltSyUk> Acesso em: 09/11/2017

Já quando se integra o sistema BFT com a aquaponia os trabalhos são escassos. PINHO et al. (2017), observaram resultados positivos com índices de sobrevivência superiores a 95% quando compararam sistemas aquapônicos de produção em BFT e água-clara, em ambos. Nesse mesmo trabalho, os autores obtiveram médias de peso médio final, biomassa final e taxa de crescimento específico maiores em BFT em relação ao sistema de água-clara, e melhor conversão alimentar em tecnologia de bioflocos. Em relação às plantas (alfaces) as variedades roxa, lisa e crespa, obtiveram produtividade média de 0,56; 1,94 e 1,36 kg.m⁻² no BFT, respectivamente, enquanto que no sistema com água clara os resultados foram de 0,28; 1,53 e 1,04 kg.m⁻².

Figura 6 – Aquaponia comercial no Chile



Fonte: Maurício Emerenciano

SILVA et al. (2017) em trabalho de comparação de sistema aquapônico utilizando tilápias (*Oerochromis niloticus*) e a planta Pak Choi (*Brassica chinensis*), com e sem filtro biológico, analisaram peso úmido, peso seco, peso comestível, altura e o diâmetro das plantas, sendo que nenhuma dessas variáveis apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, são raros os trabalhos que avaliem os efeitos de elementos filtrantes no cultivo de alfaces em sistemas aquapônicos de produção integrados com tilápia em BFT. Mesmo que o BFT propicie benefícios a produção de organismos aquáticos, o controle sobre os parâmetros de qualidade de água (principalmente no que diz respeito aos sólidos suspensos) é necessário para otimizar o desempenho dos animais (SCHVEITZER et al. 2013). A concentração aumentada de sólidos suspensos (TSS), causada pela acumulação de partículas, pode aumentar a demanda de oxigênio (DBO) causando obstrução de brânquias de peixes e camarões, crescimento de algas indesejáveis e promoção de microorganismos potencialmente nocivos (RAY et al., 2010).

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da utilização de filtros na produção aquapônica de alfaces integrado com tilápias utilizando a tecnologia de bioflocos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a eficácia de dispositivos de filtragem, a combinação da filtragem mecânica e biológica e sem nenhum dispositivo de filtragem na produção aquapônica em sistema de bioflocos;
- Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) e fitotécnico (alface lisa e alface crespa) em cultivo aquapônico em sistema BFT;
- Determinar o índice de qualidade das plantas (IQP) cultivadas referente aos aspectos visuais das folhas nos diferentes tratamentos;
- Avaliar o efeito de elementos de filtragem no desempenho de plantas e peixes em sistema aquapônico de produção de alfaces (variedade lisa e crespa) utilizando a tecnologia de bioflocos.

HIPÓTESE

A presença de elementos de filtração (mecânica e biológica) poderão modificar as características físico-químicas da água e, conseqüentemente, afetarão o desempenho dos peixes e plantas na produção aquapônica de alfaces utilizando a tecnologia de bioflocos face ao aumento da quantidade de sólidos suspensos.

2. CAPÍTULO II

ARTIGO

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de um artigo com sua formatação de acordo com as orientações da revista ao qual foi submetido:

ARTIGO

TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: ELEMENTOS FILTRANTES AFETAM A PRODUÇÃO AQUAPÔNICA DE ALFACES INTEGRADO COM TILÁPIAS?

De acordo com normas para publicação em:

Boletim do Instituto de Pesca, WEBQUALIS B1 na área de Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: ELEMENTOS FILTRANTES AFETAM A PRODUÇÃO AQUAPÔNICA DE ALFACES INTEGRADO COM TILÁPIAS?

Marcio Pedroso BARBOSA¹, Luan HONORATO², Maurício Gustavo Coelho EMERENCIANO^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZOO/UDESC), Chapecó, SC, Brasil.

² Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Laboratório de Aquicultura (LAQ), Laguna, SC, Brasil.

Endereço para correspondência: PPGZOO/UDESC: Rua Beloni Trombeta Zanin, 680-E – Bairro Santo Antônio – Chapecó-SC CEP: 89.815-630 Fone: (49) 2049 9540

Endereço eletrônico: mauricioemerenciano@hotmail.com / marciosktb@hotmail.com

RESUMO

Em contrapartida aos métodos tradicionais de cultivo de organismos aquáticos, a aquaponia contribui pelo máximo aproveitamento das áreas de cultivo e dos nutrientes derivados dos efluentes da aquicultura, além de colaborar com a baixa utilização de água. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de elementos filtrantes na produção aquapônica de alfaces integrado com tilápias utilizando a tecnologia de bioflocos. Foram realizados dois experimentos (um com alfaces da variedade lisa e outro com a variedade crespa, cada um com duração de 14 dias). Em cada experimento, dois tratamentos foram avaliados, com três repetições cada, chamados de BFT-SB e BFT. O tratamento “BFT-SB” era composto de um sistema padrão de aquaponia contendo, em sequência, um tanque de peixes de 500L (com juvenis de tilápias *Oreochromis niloticus* de aproximadamente $166 \pm 7,54$ g de peso médio inicial), filtro mecânico (sedimentador) e filtro biológico, acoplado a três unidades hidropônicas do tipo “floating”. Já o tratamento “BFT” era composto, em sequência, pelo tanque de peixes acoplado diretamente as três unidades hidropônicas (também do tipo “floating”). Dentre os parâmetros fitotécnicos analisados, os tratamentos não apresentaram diferença significativa no primeiro experimento, sendo que a produtividade média das alfaces foram $0,868 \text{ kg.m}^{-2}$ e $0,897 \text{ kg.m}^{-2}$ para o sistema BFT-SB e BFT respectivamente. No segundo experimento, a altura final das folhas, o comprimento de raiz e a altura da maior folha apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo as melhores médias atribuídas ao sistema

BFT-SB. A produção de peixes não foi alterada em ambos os experimentos. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a utilização de filtros sedimentadores e biofiltros é fundamental para que não ocorra acúmulo de sólidos suspensos que acometam o desenvolvimento de plantas na aquaponia.

Palavras-chave: sedimentador; biofiltro; efluente; qualidade de água; sustentabilidade.

ABSTRACT

In contrast to the traditional methods of cultivation of aquatic organisms, aquaponics contributes to maximum utilization of growing areas and nutrients derived from aquaculture effluents, in addition to collaborate with low water use. The objective of this study was to evaluate the effect of filter elements on the aquaponic production of lettuces integrated with tilapias using biofloc technology. Two experiments were carried out (one with lettuce of the smooth variety and another with the crispy variety, each with a duration of 14 days). In each experiment, two treatments were evaluated, with three replicates each, called BFT-SB and BFT. The "BFT-SB" treatment consisted of a standard aquaponic system containing, in sequence, a 500L fish tank (with juveniles of *Oreochromis niloticus* tilapia of approx. $166 \pm 7,54\text{g}$ initial weight), mechanical (sedimentation filter) and biological filter, coupled to three hydroponic units of the "floating" type. The treatment "BFT" consisted, in sequence, of the fish tank directly coupled to the three hydroponic units (also of the "floating" type). In the first experiment, among the phytotechnical parameters analyzed, the treatments had not significant difference in the first experiment, with the average lettuce productivity being 0.868 kg.m^{-2} and 0.897 kg.m^{-2} for the BFT-SB system and BFT respectively. In the second experiment, the final height of leaves, root length and height of the largest leaf showed significant differences between treatments, being the best means assigned to the BFT-SB system. Fish production was not altered in both experiments ($P > 0.05$). On the basis of the results obtained, the use of sedimentation filters and biofilters are fundamental so that there is no accumulation of suspended solids that affects the development of plants in the aquaponics.

Key Words: clarifier; biofilter; effluent; water quality; sustainability.

INTRODUÇÃO

A cada ano que passa, a aquicultura aumenta sua fatia na produção mundial de pescados. Em 2014, foram produzidos 73,8 milhões de toneladas de organismos aquáticos nos mais diversos sistemas de cultivo, valor que corresponde a 44,1% da produção total de pescado. (FAO, 2016).

Em um cenário de crescimento da produção piscícola, sistemas tradicionais de cultivo passam por sérios problemas de ordem ambiental face ao alto consumo de água, necessidade de utilização de grandes extensões de terra e ao descarte de efluentes ricos em nutrientes em águas adjacentes (BUHMANN et al., 2015; HU et al., 2015; MARISCAL-LAGARDA et al., 2012). Nesse sentido, há a necessidade de se encontrar soluções que objetivem alcançar altas produtividades com o menor impacto ambiental possível (MARTINS et al., 2010; RIJN, 2013).

Criada na década de 70 pelo instituto francês IFREMER, a tecnologia de cultivo em bioflocos ou “BFT” (sigla em inglês para *Biofloc Technology*), tem sido empregada com o intuito de aumentar a biossegurança dos cultivos de organismos aquáticos, diminuir o descarte de efluentes ricos em nutrientes nas águas adjacentes, reduzir as grandes extensões de área utilizadas pelos métodos tradicionais e o elevado consumo de água (EMERENCIANO et al, 2013). Essa tecnologia se caracteriza pela troca mínima ou nula de água e o estímulo do crescimento de comunidades microbianas específicas, através da manipulação da relação carbono e nitrogênio do sistema (AVNIMELCH, 2007; EMERENCIANO et al, 2011). No BFT, a comunidade microbiana (bactérias, microalgas, protozoários e outros invertebrados) desempenha papéis importantes no que diz respeito à manutenção da qualidade de água, competição com patógenos, produtividade natural e alimentação suplementar dos animais de cultivo (AZIM e LITTLE, 2008; EMERENCIANO et al, 2013). Nas unidades de produção é fundamental uma constante aeração e movimento de água promovendo a constante suspensão de partículas e ainda ocorrendo uma nitrificação *in situ* (EMERENCIANO et al., 2013).

O cultivo em bioflocos é uma forma sustentável de aumentar a produção aquícola (AVNIMELECH, 2015). Contudo, devido à baixa ou nula taxa de renovação e as altas taxas de densidade de estocagem empregadas nesse sistema (AVNIMELECH, 2015; CRAB et al., 2012) podem acarretar em efluente com grande concentração de nutrientes (QUINTÃ et al. 2015). Outrossim, mesmo que o BFT propicie benefícios a produção de organismos

aquáticos, o controle da qualidade de água, principalmente no tocante a concentração de sólidos suspensos, vem despertando muita atenção pois este manejo pode ser fundamental para otimizar o desempenho dos animais nos cultivos em BFT (SCHVEITZER et al., 2013; GAONA et al., 2016). A concentração aumentada de sólidos suspensos (SS) na coluna de água causada pela acumulação de partículas pode aumentar a demanda de oxigênio, promover a obstrução de brânquias de peixes e camarões, além de propiciar o crescimento de microrganismos indesejáveis e potencialmente nocivos (RAY et al., 2010). Neste sentido, uma alternativa seria aproveitar os nutrientes gerados pelo sistema BFT para a produção vegetal em cultivo integrado (BUHMANN et al., 2015), mas respeitando a premissa de controle dos sólidos.

Almejando o menor impacto ambiental possível e alta produtividade no cultivo de peixes, a aquaponia emerge como sistema alternativo para a aquicultura brasileira. Técnica ainda pouco utilizada comercialmente no Brasil devido à falta de mão-de-obra especializada, elevados valores de investimento inicial e ausência de dados técnico-econômicos (EMERENCIANO et al., 2015). A aquaponia é um método que combina o cultivo intensivo de organismos aquáticos com a hidroponia, a qual consiste no cultivo de plantas terrestres em solução aquosa (DIVER, 2006; RAKOCY, 2012). Habitualmente nesse sistema são empregados filtros mecânicos para correta remoção dos sólidos, com intuito de evitar o acúmulo de partículas nas raízes das plantas, além de filtros biológicos que desempenham a importante função para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes, viabilizando o processo de nitrificação (RAKOCY, 2012). Embora estudos recentes demonstrem a possibilidade de empregar a tecnologia de bioflocos na produção aquapônica com hortaliças folhosas (PINHO et al., 2017; EMERENCIANO et al., 2013), pouco se conhece sobre o efeito de sistemas de filtragem no desempenho das plantas e dos peixes em aquaponia. Em outras palavras, ainda é pouco elucidado a importância da presença de filtros mecânicos (por exemplo, do tipo sedimentadores), visando retirar o excesso de material particulado, e de filtros biológicos que aumentam o processo de nitrificação e disponibilizam maiores concentrações de nitrato, produto final deste processo, e que é considerada a forma mais assimilável de nitrogênio pelas plantas.

Segundo Rakocy (2007), o excesso de matéria orgânica nas raízes prejudica o crescimento das plantas em virtude de colmatar as raízes e diminuir a oxigenação das mesmas, acarretando em menor assimilação de nutrientes. No entanto, em sistemas de bioflocos onde uma das

premissas é a troca zero de água e consequentemente um acúmulo natural de partículas (ou “bioflocos”) ao longo dos ciclos de produção, o aumento desses sólidos suspensos no sistema aquapônico e seu efeito sobre as plantas e peixes ainda não foram elucidados. Neste contexto a presença de elementos de filtração mecânica e biológica ainda são elementos de discussão científica. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o sistema de bioflocos (BFT) na produção aquapônica de tilápias e alface comparando sistemas com e sem filtros mecânicos e biológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Aquicultura (LAQ), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), campus Laguna, localizado no município de Laguna, Santa Catarina, Brasil. O experimento foi realizado dentro de uma estufa agrícola (18 m² de área e 3 m de altura), com plástico filme de 1,5 mm de espessura recoberto com sombrite para redução de intensidade luminosa (50% de redução). O experimento teve a duração de 28 dias, composto de dois ciclos de produção de plantas de 14 dias cada.

Dispositivo experimental

O dispositivo experimental foi composto de quatro sistemas independentes de recirculação: dois utilizando a tecnologia de bioflocos sem dispositivo de filtragem (BFT) e outros dois com tecnologia de bioflocos utilizando filtragem mecânica e biológica (BFT-SB). Cada sistema apresentava um tanque matriz circular plástico de 500L para o cultivo dos peixes (chamado de “macrocosmo”) e três unidades experimentais (caixas retangulares plásticas de 0,5m² de área e 30 cm de altura) formando a bancada hidropônica. Foi utilizado o modelo de aquaponia de bandejas flutuantes (LENNARD & LEONARD, 2006), com uma peça de isopor (densidade 18 kg m⁻³ e espessura de 30 mm) de área igual a cada caixa para acondicionamento das plantas.

Os sistemas do tratamento BFT-SB continham, na sequência, um filtro mecânico do tipo “sedimentador” (com fundo cônico e 18L de volume útil); um filtro mecânico do tipo “bag” (geotêxtil Bidin® na forma de saco, com 90 cm de comprimento e 11 cm de diâmetro) visando minimizar o acúmulo de material particulado no filtro biológico e nas unidades

experimentais; e um filtro biológico (caixa plástica circular de 70L de volume útil) composto por 0,015 m³ de tampas tipo “PET” como substrato para fixação de bactérias nitrificantes e aeradas por 26 cm de comprimento de mangueira microperfurada (marca Aerotube®) fixadas no fundo. Os filtros biológicos foram maturados previamente (20 dias) visando o correto estabelecimento de bactérias nitrificantes. A água dos macrocosmos passava por ambos os filtros (sedimentador e biofiltro, sequencialmente) por gravidade e era bombeada, por uma bomba submersa de 80 Watts (3500 L h⁻¹), até as caixas que formavam a bancada hidropônica específica de cada sistema (vazão média de 8 Lmin⁻¹) e retornava ao macrocosmo novamente por gravidade.

Já nos sistemas pertencentes ao tratamento BFT, em face da ausência de filtros mecânicos e biofiltro, a água era bombeada diretamente do macrocosmo para as unidades experimentais (caixas que formavam a bancada hidropônica) através de uma bomba submersa com as mesmas características supracitadas. Em ambos os sistemas (BFT e BFT-SB) a água de cultivo foi inoculada com 500 L de água de um cultivo prévio de tilápias em BFT já existente no LAQ-UDESC. Durante todo o período experimental não foi feita renovação de água, apenas reposição de perdas por evaporação.

Desempenho das plantas

Durante a engorda dos peixes (28 dias) foram realizados dois experimentos de produção de plantas (14 dias cada). No primeiro, utilizaram-se mudas de alface lisa (variedade Regina, com altura inicial de 10,9 ± 0,42 cm) e, no segundo, mudas de alface crespa (variedade Marisa, com altura inicial 11,44 ± 0,8 cm). Em ambos, as mudas das plantas foram distribuídas nas bandejas de isopor em uma densidade de 16 plantas m⁻² (equivalente a 8 plantas/caixa). As raízes das plantas foram constantemente aeradas por 40 cm de comprimento de mangueira microperfurada (marca Aerotube®) fixado longitudinalmente no centro de cada uma das caixas que formavam a bancada hidropônica e conectado a um soprador de ar (2 CV). Ao final dos dois experimentos foram analisados os seguintes parâmetros fitotécnicos: altura final das folhas (cm), comprimento de raiz (cm), peso úmido das folhas (g), peso úmido das raízes (g), peso seco das folhas (g), peso seco das raízes (g), número de folhas por planta, altura da maior folha (cm) e produtividade (kg m⁻²). Para análise de peso seco das plantas, essas foram secadas em estufa a 55° C por 72 horas. Visando observar ainda mais o efeito dos tratamentos, ao final do segundo experimento, o material

particulado fixado junto as raízes (biofilme) foi retirado e seu peso estimado por diferença (Peso do biofilme = peso das raízes com biofilme – peso das raízes sem o biofilme). Também foi analisado um índice de qualidade da planta (IQP) por meio de pontuações atribuídas aos aspectos visuais das folhas (PINHO et al 2017). Os parâmetros visuais foram relativos à presença de anomalias na superfície foliar, como coloração anormal (amarelada) e/ou defeitos físicos (rugosidades e queimaduras). Foram atribuídas notas de classificação de A até D, representando A = ótima, com 5% ou menos da superfície foliar apresentando anormalidades; B = boa, com até 33% de anomalias; C = regular, com a até 66% de anomalias; e D Ruim, com 100 % de superfície foliar da planta apresentando anomalias. Essa avaliação foi feita por um único avaliador treinado.

Desempenho dos peixes

Para o cultivo dos peixes, em ambos os sistemas (BFT e BFT-SB), foram estocados nos macrocosmos tilápias (*Oreochromis niloticus*) com peso médio de 166 g, totalizando uma biomassa inicial média de 1,95 kg para cada sistema no primeiro experimento e, para o segundo experimento, peso médio de 188 g, com biomassa inicial média de 2,16 kg. A aeração de cada macrocosmo era fornecida via um círculo de 30 cm de diâmetro de mangueira microperfurada (Aerotube®), localizado centralmente no fundo do tanque, conectada ao soprador de ar (2 CV).

Os peixes foram alimentados durante os dois experimentos com 48 g de ração comercial por dia contendo 32% de proteína bruta, administrada três vezes ao dia (16 g/refeição), na proporção média de 2,3 e 2,2% da biomassa, para os experimentos 1 e 2 respectivamente, ou equivalente a 2 g de ração por planta por dia. Além disso, diariamente era realizado o manejo nos tanques visando o crescimento e manutenção da comunidade microbiana dos bioflocos adicionando fontes externas de carbono (açúcar branco refinado), que somados com os valores presentes na ração, buscou-se manter a relação carbono-nitrogênio (C:N) em 15:1 (EMERENCIANO et al., 2017).

Ao final de cada experimento foram avaliados os seguintes parâmetros de desempenho zootécnico dos peixes: peso médio final (g), biomassa final (kg), taxa de crescimento específico ($TCE = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo}] * 100$) (%/dia), conversão alimentar aparente (total de ração fornecido aos animais no período/ganho de biomassa) e índice de sobrevivência (%).

Parâmetros ambientais e de qualidade de água

As temperaturas ambiente de dentro e fora da estufa foram monitorados diariamente. Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água como pH (EcoSense pH10A Pen Tester, YSI Incorporated, Yellow Springs-OH, USA), sólidos sedimentáveis “SS” (volume de biofloco medidos em cones Imhoff), temperatura e oxigênio dissolvido (oxímetro polarográfico, Mod. DO 200A, YSI Incorporated, Yellow Springs-OH, USA) também foram monitorados diariamente em todos os tratamentos e nos macrocosmos. As concentrações de amônia (TAN), nitrito ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrato ($\text{NO}_2\text{-N}$) e ortofosfato (PO_4) dos macrocosmos foram monitorados semanalmente através de fotolorímetro AT 101 (Alfakit, Florianópolis, SC, Brasil). A alcalinidade total também foi determinada semanalmente, mas pelo método de titulação volumétrica utilizando kit comercial (ALFAKIT - 2058 e 2460). Com o intuito de medir o acúmulo de sólidos nas bancadas hidropônicas nos diferentes tratamentos, ao final do segundo ciclo de plantas foi ressuspensão as partículas manualmente do fundo de cada caixa e os valores de SS (cones Imhoff) foram anotados.

Análises estatísticas

Os dados de desempenho das plantas foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias (SOKAL & ROHLF, 1995). Quando atendidas as premissas, foi realizada análise de variância e quando significativa, as médias foram consideradas distintas pelo teste de Fischer-Snedecor a 5% de nível de significância (ZAR, 1999). Da mesma forma, foi realizada análise estatística para o peso final dos peixes.

RESULTADOS

Durante todo o período experimental foram observadas temperaturas ambientes médias que variaram de $24,4 \pm 1,7$ °C e $23,5 \pm 1,7$ °C dentro e fora da estufa, respectivamente, com temperaturas mínimas de 20,3 °C e 18,5 °C e máximas de 30,1 °C e 28,3 °C. Na Figura 1 pode se observar a variação de temperatura ambiente durante todo o período do experimento.

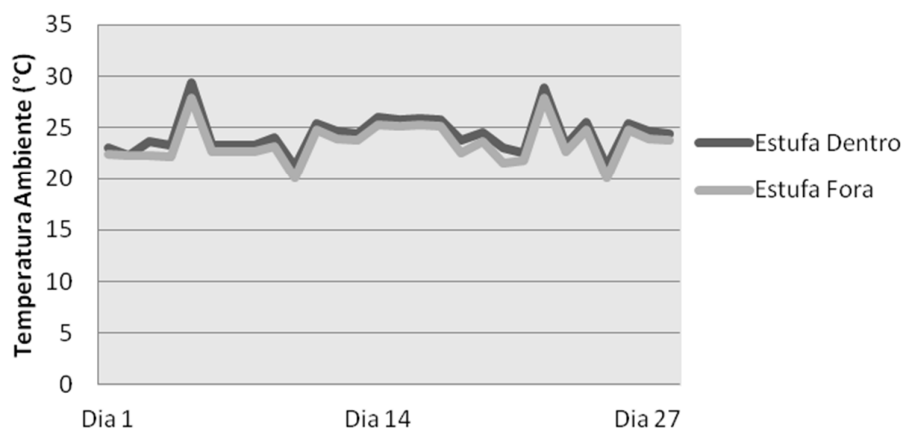


Figura 1 – Variação de temperatura ambiente dentro e fora da estufa durante todo o período dos dois experimentos de aquaponia realizados em sequência (28 dias).

A estatística descritiva dos parâmetros de qualidade de água para peixes (macrocosmos) e para plantas estão dispostos na Tabela 1. Os valores de temperatura, pH e oxigênio dissolvido se apresentaram bastante semelhantes ao longo do tempo entre os tratamentos. Os valores médios para sólidos sedimentáveis ao longo dos experimentos foram de $0,62 \text{ mL.L}^{-1}$ e $0,69 \text{ mL.L}^{-1}$ para os tratamentos BFT-SB e BFT, respectivamente. Ao final do segundo experimento, após ressuspensão nas caixas das plantas, os valores médios observados foram de $25,3 \text{ mL.L}^{-1}$ para o tratamento BFT-SB e, para BFT, $83,2 \text{ mL.L}^{-1}$ ($P = 0,0033$).

Tabela 1 – Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão dos parâmetros de qualidade de água monitorados nos tanques de peixes (macrocosmos) e nas caixas das plantas nos tratamentos utilizando a tecnologia de bioflocos sem dispositivo de filtragem (BFT) e com tecnologia de bioflocos utilizando filtragem de filtro sedimentador e biofiltro (BFT-SB) durante 28 dias de experimento.

	BFT-SB MACRO	BFT MACRO	BFT-SB PLANTAS	BFT PLANTAS
Parâmetros	Méd. – DP Mín. – Máx	Méd. – DP Mín. – Máx	Méd. – DP Mín. – Máx	Méd. – DP Mín. – Máx
OD (mg.L⁻¹)	6,85 ± 0,19 6,22 – 7,87	6,85 ± 0,14 6,29 – 7,65	6,94 ± 0,16 6,34 – 7,89	6,90 ± 0,24 6,43 – 7,98
Temp.(° C)	27,2 ± 1,90 22,1 – 30,2	27,1 ± 1,82 20,7 – 30,5	27,1 ± 1,83 22,1 – 30,1	27,1 ± 1,79 20,7 – 30,3
pH	7,70 ± 0,20 6,65 – 7,98	7,65 ± 0,21 6,76 – 8,01	7,70 ± 0,18 7,02 – 8,02	7,69 ± 0,15 6,50 – 7,98
Amônia (mg.L⁻¹)	0,64 ± 0,19 0,16 – 0,95	0,57 ± 0,20 0,20 – 0,99	0,60 ± 0,13 0,42 – 0,86	0,55 ± 0,12 0,31 – 0,70
Nitrito (mg.L⁻¹)	0,03 ± 0,02 0,00 – 0,08	0,04 ± 0,02 0,01 – 0,07	0,03 ± 0,02 0,00 – 0,06	0,04 ± 0,02 0,01 – 0,09
Nitrato (mg.L⁻¹)	0,56 ± 0,19 0,23 – 0,84	0,66 ± 0,35 0,13 – 1,43	0,70 ± 0,36 0,23 – 1,45	0,62 ± 0,19 0,23 – 0,85
Ortofosfato (mg.L⁻¹)	2,72 ± 0,43 2,01 – 3,72	3,52 ± 1,21 2,06 – 5,30	2,76 ± 0,38 2,34 – 3,72	3,32 ± 1,03 1,55 – 5,30
Alcal. (mg.L⁻¹ de CaCO₃)	42 ± 7 32 – 60	61 ± 12 36 – 80	38 ± 9 20 – 60	54 ± 15 32 – 80
SS (mL. L⁻¹)	0,65 ± 0,46 0 – 1	0,40 ± 0,48 0 – 1	0,83 ± 0,28 0 – 1	0,93 ± 0,21 0 – 2

Legenda: Méd.: média; Máx.: maior valor observado; Mín.: menor valor observado; DP: desvio padrão; OD: oxigênio dissolvido; Temp.: temperatura da água; Alcal.: Alcalinidade; SS: Sólidos Sedimentáveis MACRO: macrososmo; PLANTAS: caixa das plantas.

Nas figuras 2 e 3, são apresentados as variações no decorrer do tempo para os compostos nitrogenados, alcalinidade e ortofosfato para os dois sistemas testados, analisados no macrocosmos e nas caixas das plantas.

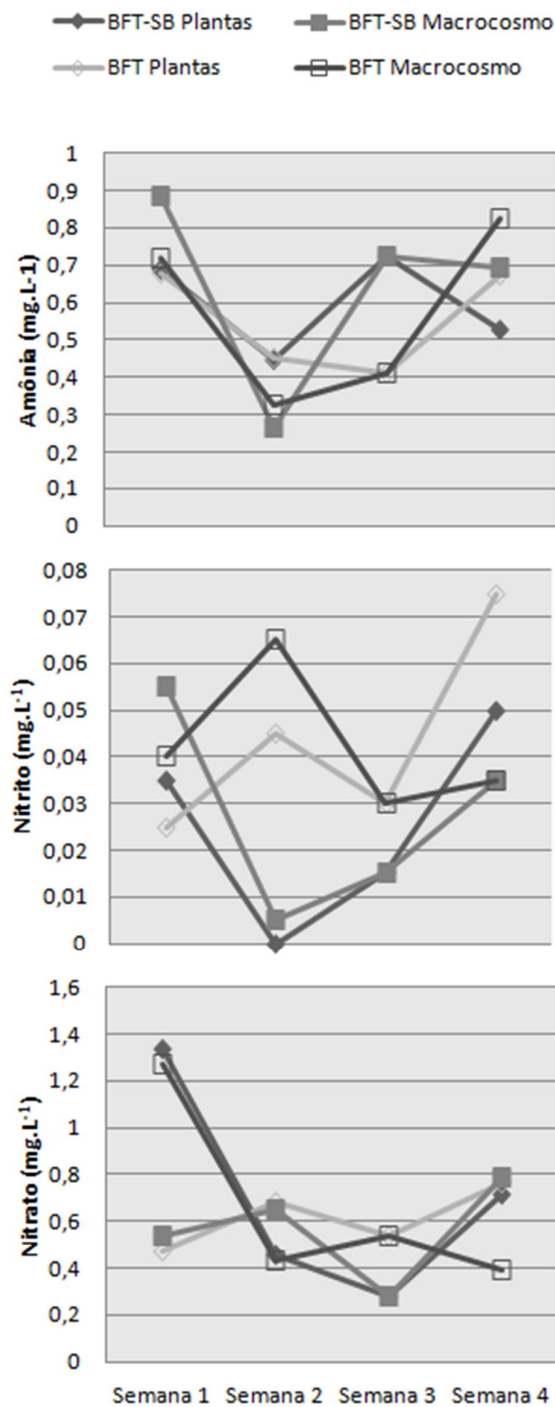


Figura 2 – Oscilação dos compostos nitrogenados (amônia, nitrato e nitrito, em mg.L⁻¹) nos macrocosmos e nas caixas das plantas dos sistemas de bioflocos com filtro sedimentador e biofiltro (BFT-SB) e sistema de bioflocos sem dispositivo de filtração (BFT) durante todo o período experimental.

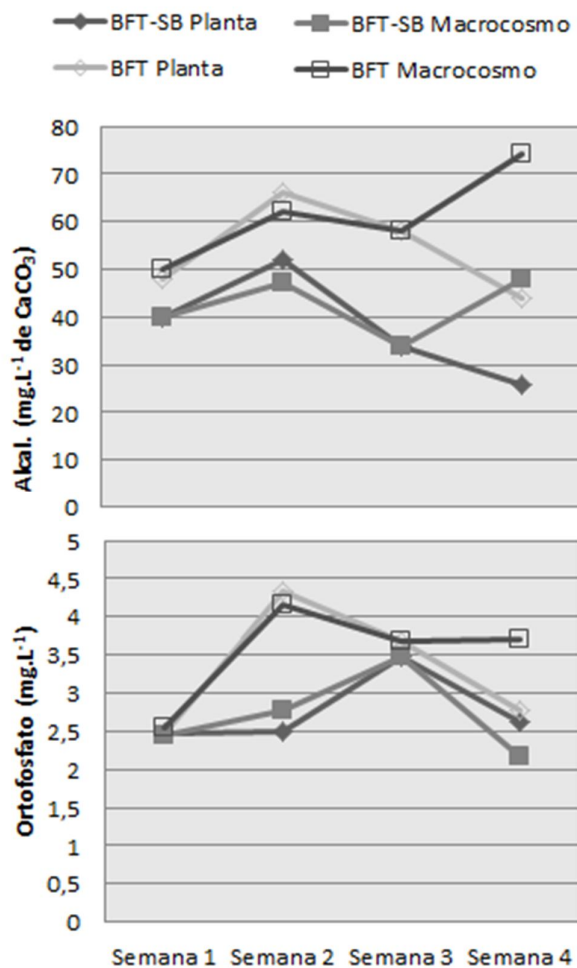


Figura 3 – Oscilação da alcalinidade (mg.L^{-1} de CaCO_3) e ortofosfato (mg.L^{-1}) nos macrocosmos e nas caixas das plantas dos sistemas de bioflocos com filtro sedimentador e biofiltro (BFT-SB) e sistema de bioflocos sem dispositivo de filtração (BFT) durante todo o período experimental.

Em relação ao índice de qualidade de planta (IQP), essas não apresentaram um bom aspecto visual em ambos os experimentos. No experimento 1 realizado com alfaces da variedade lisa, no sistema BFT-SB 10,42% das plantas foi atribuído o índice de qualidade C e para 89,58% índice D. Para essa mesma variedade, no sistema BFT 6,25 % das plantas receberam nota B, 45,83 % nota C e 47,92% receberam índice de qualidade visual D. Já para o experimento 2 com a variedade crespa foi atribuído para 8,33% índice B, 31,25% índice C e 60,42% D, para o tratamento BFT. No BFT-SB, 4,17%, 31,25% e 64,58, foram as notas para B, C e D, respectivamente. Em ambos os experimentos, nenhuma planta recebeu IQP máximas (ou notas “A”).

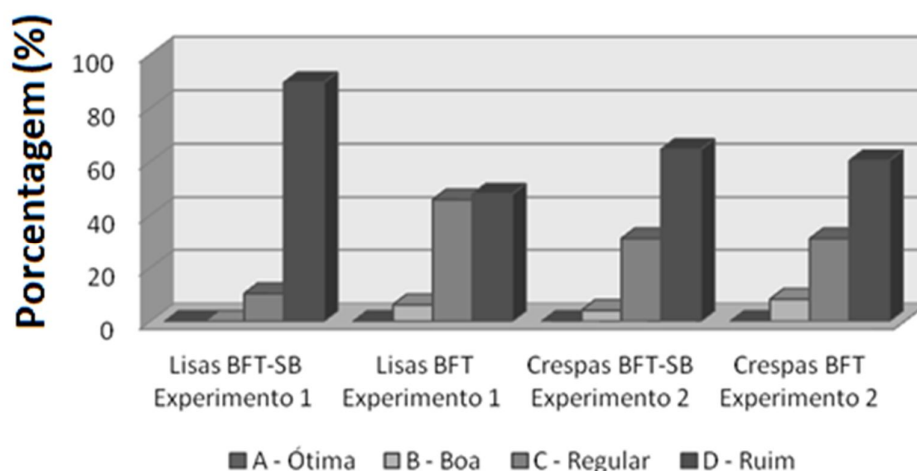


Figura 4 – Índice de qualidade de planta (IQP em %) das plantas do experimento 1 (alface variedade lisa) e do experimento 2 (alface variedade crepa).

Na tabela 2, são apresentados os dados de desempenho fitotécnico analisados para o primeiro e segundo experimento, respectivamente. No primeiro experimento, realizado com alfaces da variedade lisa, percebe-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos BFT-SB e BFT em nenhum dos parâmetros analisados. Já no segundo experimento, com alfaces da variedade crepa, os seguintes fatores de desempenho: altura final das folhas, comprimento de raiz e altura da maior folha; apresentaram valores médios superiores no tratamento BFT-SB ($P < 0,05$). Adicionalmente, foi mensurado no segundo experimento o valor do material particulado aderido nas raízes (biofilme) e foram observados valores de 5,49 g para o tratamento BFT, valores estes maiores que 3,65 g encontrados para BFT-SB.

Tabela 2 – Médias de desempenho fitotécnico de alface – variedade lisa e crespa na produção aquapônica integrado com tilápia utilizando a tecnologia de bioflocos em comparativo de sistema com (BFT-SB) e sem (BFT) dispositivo de filtragem.

<u>Experimento 1 – Variedade Lisa</u>				<u>Experimento 2 – Variedade Crespa</u>		
<u>Parâmetros Fitotécnicos</u>	<u>BFT-SB</u>	<u>BFT</u>	<u>Valores de P</u>	<u>BFT-SB</u>	<u>BFT</u>	<u>Valores de P</u>
Altura final das folhas (cm)	22,54 ± 1,85	20,71 ± 4,92	0,4137	13,08 ± 0,39	12,25 ± 0,73	0,0354
Comprimento de raiz (cm)	20,34 ± 3,97	19,33 ± 3,24	0,6389	17,27 ± 0,86	13,68 ± 2,02	0,0025
Peso úmido das folhas (g)	55,05 ± 11,12	55,17 ± 27,94	0,9922	9,74 ± 0,81	8,91 ± 2,33	0,4288
Peso úmido das raízes (g)	16,36 ± 1,87	17,51 ± 7,20	0,7120	2,87 ± 1,29	1,83 ± 1,22	0,1801
Peso seco das folhas (g)	2,84 ± 0,51	3,22 ± 1,33	0,5281	0,37 ± 0,06	0,33 ± 0,08	0,4287
Peso seco das raízes (g)	1,80 ± 0,28	1,59 ± 0,47	0,3744	0,15 ± 0,03	0,15 ± 0,03	0,8511
Número de folhas	27,14 ± 2,11	27,41 ± 4,71	0,9004	9,47 ± 0,48	9,36 ± 0,59	0,7106
Altura da maior folha (cm)	20,99 ± 1,47	19,52 ± 4,14	0,4327	13,35 ± 0,21	12,10 ± 1,01	0,0143
Produtividade (kg m ⁻²)	0,868 ± 0,193	0,897 ± 0,424	0,8798	0,275 ± 0,047	0,280 ± 0,084	0,8978
Biofilme (g)	–	–	–	3,65±1,62	5,49±3,03	0,0004

Nenhuma das variáveis analisadas apresentou diferença significativa entre sistemas no experimento 1 (P<0,05). No experimento 2, P<0,05 indica diferença significativa entre sistemas.

Em relação ao desempenho dos peixes, no primeiro experimento os índices de sobrevivência variaram de 90,9% no sistema BFT e 100% no sistema BFT-SB. Já no segundo experimento, em ambos os sistemas os peixes apresentaram 100% de sobrevivência. O peso médio final, no primeiro experimento, variou de 182,95 (g) no sistema BFT e 193,00 (g) no BFT-SB. No segundo experimento, o peso médio final para o sistema BFT foi 191,26 (g) e para o sistema BFT-SB 201,67 (g), esse foi o único parâmetro analisado estatisticamente, por análise de variância, e, em ambos os experimentos, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos testados. As taxas de crescimento específico (TCE) no primeiro experimento tiveram médias de $0,93\% \text{dia}^{-1}$ para o sistema BFT-SB e $0,81\% \text{dia}^{-1}$ para o BFT. Para o segundo experimento as médias de TCE foram $0,26\% \text{dia}^{-1}$ e $0,34\% \text{dia}^{-1}$, respectivamente, para BFT-SB e BFT. A biomassa final média no primeiro experimento foi de 2,32 kg e 2,01 kg para BFT-SB e BFT, respectivamente. Para o segundo experimento as médias foram de 2,22 kg e 2,29 kg, respectivamente, para BFT-SB e BFT. As médias de conversão alimentar foram 3,34 e 2,74 para BFT-SB e BFT, respectivamente, no primeiro experimento. E 8,83 e 12,74 respectivamente para BFT-SB e BFT no segundo experimento.

DISCUSSÃO

A ausência de elementos filtrantes afetou o desempenho das plantas, mas aparentemente não afetaram o desempenho dos peixes. Neste contexto, os índices de qualidade de água monitorados se apresentaram dentro de valores aceitáveis para a espécie (BEVERIDGE e McANDREW, 2000; EL-SAYED 2006) e semelhante a outros trabalhos com tilápias em BFT (AZIM & LITTLE, 2008; BROL et al. 2017), inclusive tilápias em BFT com aquaponia (PINHO et al. 2017a). Adicionalmente, os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito, nitrato, ortofosfato e alcalinidade registrados nesse trabalho estavam semelhantes aos usualmente aferidos para sistemas de aquaponia (RAKOCY et al., 2011; SILVA et al. 2017).

Os valores médios de sólidos sedimentáveis (SS) aferidos ao longo dos dois experimentos estavam inferiores aos encontrados em cultivo de tilápias em sistema de bioflocos (HARGREAVES, 2013; AVNIMELECH, 2015). Entretanto, ao final do segundo experimento, após ressuspensão manual, os níveis médios de SS observados apresentaram

valores de 83,17 mL.L⁻¹ no tratamento BFT, valores estes acima de 50 mL.L⁻¹, nível máximo recomendado para tilápias em tecnologia de bioflocos (HARGREAVES, 2013). O valor aumentado de SS ao final dos experimentos em ambos tratamentos sugere que a quantidade de sólidos suspensos, além de poder prejudicar o desempenho dos animais cultivados, pode também acometer as plantas no que diz respeito a colmatação de raízes. Este episódio foi principalmente observado no segundo experimento, acarretando em inferior desenvolvimento das partes aéreas das hortaliças folhosas. Vale ressaltar que o manejo adotado em ambos os tratamentos, ou seja, aplicando diariamente as fontes de carbono externo (açúcar) certamente podem ter contribuído para este episódio. Este fato foi plenamente observado uma vez que o desempenho fitotécnico no segundo experimento foi inferior no tratamento BFT (sem controle de sólidos) comparado a BFT-SB (com controle de sólidos) e que o material particulado aderido nas raízes (biofilme) também foram maiores para o tratamento BFT. Neste sentido, os métodos de remoção dos sólidos do presente estudo podem não ter sido eficientes. A engenharia do sistema, e principalmente a remoção eficiente dos sólidos em BFT, retornando integralmente ou parte das partículas para os tanques dos peixes, certamente devem ser objeto de estudos futuros.

Traçando um paralelo dos SS com os compostos nitrogenados, segundo AVNIMELECH (2015), para que os processos de nitrificação realizados pelas bactérias quimioautotróficas e sequestro de amônia pelas bactérias heterotróficas não sejam prejudicados a alcalinidade em sistemas BFT deve ser superior a 100 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Mesmo que este trabalho apresentou alcalinidade média abaixo desse valor recomendado, os valores dos compostos nitrogenados foram baixos, estáveis, e corroboraram com os valores observados em outros estudos com BFT (AZIM & LITTLE, 2008; PINHO et al. 2017a). Adicionalmente, os valores médios de nitrato, produto final da nitrificação, foram semelhantes em ambos os tratamentos, e entre os experimentos. O oposto era de se esperar uma vez que a presença dos biofiltros pudesse acelerar o processo de nitrificação, resultando em maiores valores de nitratos. No entanto, este fato pode mesmo ter ocorrido, mas ter sido mascarado resultado da maior absorção de nitrato pelas plantas. Esta hipótese pode ser verdadeira uma vez que o desempenho das plantas nos tratamentos BFT-SB foram superiores, sobretudo no segundo experimento.

No tocante ao desempenho zootécnico dos peixes, o uso de sistemas de filtragem e controle de sólidos parece não ter influenciado os resultados, exceto para peso final do segundo

experimento. No entanto, os resultados globais de variáveis como TCE e CAA (conversão alimentar aparente) foram inferiores a outros trabalhos com tilápias em BFT com faixas de peso semelhante (AZIM & LITTLE, 2008; com animais de 100g de peso médio inicial) e também em sistemas de aquaponia (AL-HAFEDH et al. 2008). Estes mesmos autores utilizando tilápias com peso médio inicial de 75 g e dietas contendo 34% de proteína bruta, em sistemas aquapônicos com águas claras, observaram conversão alimentar de 1,5, bem menores do que as observadas neste estudo. Além disso, PINHO et al (2017b) comparando o desempenho de juvenis de pacus com tilápias (ambos com pesos médios iniciais de 31g) na produção aquapônica de temperos (salsinha e cebolinha) obtiveram CA de 1,6 e 2,0, e TCE de 2,2 e 2,3, respectivamente, desempenho estes também superiores ao presente estudo. Embora as médias de temperatura neste estudo tenham se apresentado ideais para o cultivo de tilápias ($\sim 27^{\circ}\text{C}$), a amplitude de variação pode ter sido um fator importante pelo qual os resultados de conversão alimentar se demonstraram altos. Adicionalmente as temperaturas ambientais dentro e fora da estufa variaram pouco entre si (Figura 1) devido provavelmente a boa circulação de ar. No entanto, as oscilações monitoradas na água não afetaram as sobrevivências (acima de 90%) e os resultados foram semelhantes a outros trabalhos com tilápias em BFT (AVNIMELECH, 2007; WAMBACH 2013; LUO et al. 2014; SILVA et al. 2017).

No tocante ao desempenho fitotécnico, o acúmulo de sólidos nas raízes principalmente nos tratamentos BFT prejudicaram o desempenho das plantas. Em trabalhos de aquaponia realizado por LENNARD & LEONARD (2006), com a utilização de alface da variedade lisa, foram observados índices de produtividades de 4,1 até 5,0 kg.m^{-2} , em diferentes tipos de bancadas hidropônicas. Valores bastante superiores aos aferidos no presente trabalho (0,9 e 0,3 kg.m^{-2} para lisa e crespa, respectivamente). Porém esses autores utilizaram densidades de 39 plantas. m^{-2} , muito superior às 16 plantas. m^{-2} utilizadas no presente estudo.

Adicionalmente, PINHO et al. (2017a), constataram produtividades de 1,9 kg.m^{-2} 1,4 kg.m^{-2} , em sistema aquapônico de produção utilizando a tecnologia de bioflocos, para alfaces da variedade lisa e crespa, respectivamente. Porém nesse trabalho foi utilizada uma biomassa de peixes maior que no presente trabalho, sugerindo que as densidades de estocagem de peixes está diretamente relacionada ao fornecimento de nutrientes as plantas cultivadas. De qualquer forma, foi substancial a queda de produtividade do experimento 1 para o experimento 2

mesmo se tratando de cultivares diferentes. Ao final do segundo experimento os valores médios de altura final das folhas, comprimento de raiz e altura da maior folha foram superiores no tratamento BFT-SB, onde havia uma menor concentração de sólidos sedimentáveis nas caixas das plantas. Em contraste a este resultado, Silva et al. (2017), testaram a produção aquapônica de *Pak Choi* (repolho chinês) em sistema de bioflocos com e sem a utilização de biofiltros e, para os parâmetros fitotécnicos avaliados nas plantas, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos.

Ainda no trabalho de PINHO et al. (2017a) os autores observaram uma diferença de aproximadamente 25% entre os cultivares, inferior a diferença observada no presente estudo onde a cultivar lisa produziu três vezes mais que a cultivar crespa. O acúmulo de sólidos nas caixas e nas raízes ao longo dos ciclos, certamente pode ajudar a explicar tais diferenças. Isso sugere que a utilização de filtros mecânicos se faz necessário com intuito de minimizar o acúmulo de sólidos nas raízes das plantas.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, conclui-se que o acúmulo de sólidos suspensos afeta negativamente a produção aquapônica de alfaces utilizando a tecnologia de bioflocos. As partículas acumuladas ao longo dos dois ciclos na bancada hidropônica, e que consequentemente também acumulou e afetou as raízes, prejudicou o desempenho fitotécnico evidenciado a necessidade de aparatos de filtração.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina pelo suporte financeiro (PAP-FAPESC 2013TR3406 e 2013TR3406). Agradecemos também a Aline Zampar pelo apoio técnico no processamento dos dados, a Bruna de Jesus, Raquel Pacífico Scaldelai, Kathia Cienfuegos Martínez e Daniel Becerril Cortés pelo apoio na execução do experimento, além de toda a equipe LAQ/UDESC.

REFERÊNCIAS

- AL-HAFEDH, Y.S., ALAMI, A., BELTAGI, M.S. 2008. Food Production and Water Conservation in a Recirculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 39, n. 4, p. 510-520.
- AVNIMELECH Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture* 264, 140-147. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.11.025..
- AVNIMELECH, Y. 2015. *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*, 3rd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA.
- AZIM, M.E., LITTLE, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, n. 283, p. 29–35.
- BEVERIDGE, M.C.M., McANDREW, B. 2000. *Tilapias: Biology and Exploitation*. Springer, p. 508.
- BROL, J.; PINHO, S.M.; SGNAULIN, T.; PEREIRA, K. da R; THOMAS, M.C.; MELLO, G.L. de; MIRANDA-BAEZA, A. EMERENCIANO, M.G.C. 2017. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilapias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia* Vol. 66, núm. 254, p. 230.
- BUHMANN, A.K.; WALTER, U.; WECKER, B.; PAPENBROCK, J. 2015. Optimization of culturing conditions and selection of species for the use of halophytes as biofilter for nutrient-rich saline water. *Agricultural Water Management*, n. 149, p. 102–114.
- CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P. VERSTRAETE, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, n. 356–357, p. 351–356.
- DIVER, S. 2006. *Aquaponics - Integration of Hydroponics with Aquaculture*. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service. National Center for Appropriate

Technology, p. 1-25.

EL-SAYED, A-F.M. 2006. Tilapia culture. CABI Publishing, Oxfordshire, U.K., p. 277.

EMERENCIANO M., GAXIOLA, G., CUZON, G., 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: Biomass Now - Cultivation and Utilization, Dr. Miodrag Darko Matovic (Ed.), ISBN: 978-953-51-1106-1, InTech.

EMERENCIANO, M. G.C.; MELLO, G. L. de.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M.N. 2015. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na Aquicultura. Panorama da Aquicultura, v. 25, n. 147, p. 24-35.

EMERENCIANO, M.G.C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture, Water Quality, Prof. Hlanganani Tutu (Ed.), InTech.

FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All., Rome, p. 200.

GANOVA, C. et al. Sistema de Bioflocos a Importância e Manejo dos Sólidos Suspensos. Panorama da Aquicultura, n.134, 2016.

HARGREAVES, J.A. 2013. Biofloc production systems for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center.

HU, Z.; LEE, J.W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; BROTTTO, A.C.; KHANAL, S.K.; 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. Bioresource Technology, p. 1-7.

LENNARD, W.A., LEONARD, B.V. 2006. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. Aquaculture International, n. 14, p. 539–550.

LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 448, 135-141.

LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. 2014. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, v. 422-423, p. 1-7.

MARISCAL-LAGARDA, M.M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J.L.; GUERRERO-MONROY, I.; VIVAR, A.R.; FÉLIX-GASTELUM, R., 2012. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production. *Aquaculture*, n. 366, p. 76–84,.

MARTINS, C.I.M.; EDING, E.H.; VERDEGEM, M.C.J.; HEINSBROEK, L.T.N.; SHNEIDER, O.; BLANCHETON, J.P.; ROQUE, E.; VERRETH, J.A.J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, n. 43, p. 83–93.

PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; MELLO, G. L. de; FITZSIMMONS, K. M.; EMERENCIANO, M. G. C. 2017a. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological Engineering*, n. 103, p. 146-153.

PINHO, S. M.; MELLO, G. L. de; FITZSIMMONS, K. M.; EMERENCIANO, M. G. C. 2017b. Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. *Aquacult Int.*

QUINTÃ, R., SANTOS, R., THOMAS, D.N.N., LE VAY, L., 2015. Growth and nitrogen uptake by *Salicornia europaea* and *Aster tripolium* in nutrient conditions typical of aquaculture wastewater. *Chemosphere*, n. 120, p. 414–421.

RAKOCY, J.E.; BAILEY D.S.; SHULTZ, R.C.; DANAHER, J.J. 2011. A Commercial-Scale Aquaponic System Developed at the University of the Virgin Islands. *Agricultural Experiment Station University of the Virgin Islands RR 1, Box 10,000, Kingshill, VI 00850 U.S.*

RAKOCY, J.E. 2012. Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. In: Tidwell, J.H.

(Ed.). *Aquaculture Production Systems*. 1. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, p. 343–386.

RAY, A. J.; LEWIS, B.L.; BROWDY, C. 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.

RIJN, J. 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, n. 53, p. 49–56,

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; CUSTÓDIO, P.F.S.; SANTO, C.M. do,E.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W.Q.; 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.

SILVA, L.; ESCALANTE; E. VALDÉS-LOZANO, D.; HERNÁNDEZ, M.; GASCA-LEYVA, E. 2017.Evaluation fo a Semi-Intensive Aquaponics System, with and without Bacterial Biofilter in a Tropical Location. *Sustainnability*. n. 9, p. 592.

SOKAL, R., ROHLF, J. 1995. *Biometry, the principles and practice of statistics in biological research*. W H Freeman, New York.

WAMBACH, X.F. 2013 *Influência de diferentes densidades de estocagem no desempenho produtivo de tilápia do nilo (Oreochromis niloticus) (Linnaeus, 1758) cultivada com tecnologia de bioflocos*. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife.

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquaponia tem se mostrado uma boa alternativa para a produção de organismos aquáticos e produção vegetal como forma de diversificação de produtos agropecuários, minimizando a utilização de grandes áreas de cultivo e a redução do consumo de água. Aliada a tecnologia de bioflocos, demonstra potencial de produção de maneira segura e sustentável. O estudo realizado aponta a necessidade que esse método de cultivo tem em utilizar maneiras eficientes de controle de sólidos suspensos, com a finalidade de maximizar o desempenho produtivo de plantas e animais, visto que o acúmulo de sólidos suspensos afeta negativamente a produção aquapônica de alfaces. As partículas acumuladas ao longo do tempo nas bancadas hidropônicas prejudicam o desempenho fitotécnico evidenciando a necessidade de aparatos de filtragem e, também, os índices de performance zootécnicas dos animais cultivados no sistema. Os resultados de baixa produtividade das plantas e baixo desempenho zootécnico dos animais estão diretamente relacionados ao acúmulo de sólidos suspensos ao longo do tempo.

RECOMENDAÇÕES DE FUTUROS ESTUDOS

- Realizar estudos econômicos para corroborar os resultados de desempenho zootécnico;
- Contrastar que a ausência/presença dos dispositivos de filtragem pode alterar o perfil microbiano dos sistemas;
- Utilizar tilápias em diferentes estágios de desenvolvimento, além de outras espécies de peixes para verificar os efeitos acumulativos dos sólidos suspensos nos animais;
- Utilizar outras espécies de vegetais e estabelecer limites de sólidos suspensos para cada tipo de planta utilizada na aquaponia.

4. REFERÊNCIAS

AL-HAFEDH, Y.S., ALAMI, A., BELTAGI, M.S. Food Production and Water Conservation in a Recirculating Aquaponic System in Saudi Arabia at Different Ratios of Fish Feed to Plants. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 39, n. 4, p. 510-520, 2008.

AVNIMELECH Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture* 264, 140-147. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.11.025. 2007.

AVNIMELECH, Y. *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*, 3. ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge: Louisiana, EUA, 2015, p.258.

AZIM, M.E., LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, n. 283, p. 29–35, 2008.

BUHMANN, A.K. et al. Optimization of culturing conditions and selection of species for the use of halophytes as biofilter for nutrient-rich saline water. *Agricultural Water Management*, n. 149, p. 102–114, 2015.

BUZBY, M., LIN, L. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*, n. 63, p. 39–44, 2014.

CRAB, R. et al. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, n. 356–357, p. 351–356, 2012.

DEDIU, L., CRISTEA, V., XIAOSHUAN, Z. Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with baster and lettuce. *African Journal of Biotechnology*, v. 11, n. 9, p. 2349-2358, 2012.

DIVER, S. Aquaponics - Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service. National Center for Appropriate Technology, p. 1-25, 2006.

EMERENCIANO, M. et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). Aquaculture Research, p. 1-11, 2011.

EMERENCIANO M., GAXIOLA, G., CUZON, G., 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: Biomass Now - Cultivation and Utilization, Dr. Miodrag Darko Matovic (Ed.), ISBN: 978-953-51-1106-1, InTech.

EMERENCIANO, M. et al. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na Aquicultura. Panorama da Aquicultura, v. 25, n. 147, p. 24-35, 2015.

EMERENCIANO, M. et al. Aquaponia no Brasil: o que o futuro nos aguarda?. Aquaculture Brasil. 2ª Edição, p. 34-41, 2016.

ENDUT, A. et al. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation. Bioresource Technology, v. 101, p. 1511–1517, 2010.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All., Rome, p. 200, 2016.

FAO. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Oreochromis niloticus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Rakocy, J. E. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online], Rome, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en#tcNA00EA>. Acesso em: 08/11/2017.

HU, Z. et al. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology*, p. 1-7, 2015.

IBGE. Produção da pecuária municipal, Rio de Janeiro, 2017.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema de bioflocos sem renovação de água. *Panorama da Aqüicultura*, v.21, n.125, p.14-23, 2011.

LENNARD, W.A., LEONARD, B.V. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture International*, n. 14, p. 539–550, 2006.

LIANG, J., CHIEN, Y. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration & Biodegradation*, n. 85, p. 693-700, 2013.

LOVE, D.C. et al. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, n. 435, p. 67–74, 2015.

LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, v. 422-423, p. 1-7, 2014.

MARISCAL-LAGARDA, M.M. et al. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production. *Aquaculture*, n. 366, p. 76–84, 2012.

MARTÍNEZ-CÓRDOCA, L.R., EMERENCIANO, M., MIRANDA-BAEZA, A., MARTINEZ-PORCHAS, M., Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Reviews in Aquaculture* 6, 1-18. doi: 10.1111/raq.12058. 2014

MARTINS, C.I.M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, n. 43, p. 83–93, 2010.

MOYA, E.A.E. et al. Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. *Aquaculture Research*, p. 1–11, 2014.

PINHEIRO, Isabela. et al. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. *Ecological Engineering*, n. 100, p. 261-267, 2017.

PINHO, Sara Mello; MOLINARI, Diego; MELLO, Giovanni Lemos de; FITZSIMMONS, Kevin M., EMERENCIANO, Maurício Gustavo Coelho. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological Engineering*, n. 103, p. 146-153, 2017a.

PINHO, Sara Mello; MELLO, Giovanni Lemos de; FITZSIMMONS, KEVIN M., EMERENCIANO, Maurício Gustavo Coelho. Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. *Aquacult Int.* 2017b.

QUINTÃ, R. et al. Growth and nitrogen uptake by *Salicornia europaea* and *Aster tripolium* in nutrient conditions typical of aquaculture wastewater. *Chemosphere*, n. 120, p. 414–421, 2015.

RAKOCY, J.E.; DANAHER, J.J.; BAILEY, D.S.; SHULTZ, R.C. Development of a Biofloc System for the Production of Tilapia. *Aquaculture*, v.277, p. 138-145, 2008.

RAKOCY, J.E. Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture. In: Tidwell, J.H. (Ed.). *Aquaculture Production Systems*. 1. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, p. 343–386, 2012.

RAY A, et al. 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. 2010

RIJN, J. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, n. 53, p. 49–56, 2013.

ROOSTA, H. R.; MOHSENIAN, Y. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. *Scientia Horticulturae*. v. 146, p. 182-191. 2012.

SALA, F.C., COSTA, C.P. Retrospectiva e tendencia da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SILVA, Bruno Corrêa da Silva et al. Desempenho produtivo da piscicultura catarinense em 2015. Florianópolis, SC: Epagri, p. 17, 2017.

SILVA, Laura et al. Evaluation fo a Semi-Intensive Aquaponics System, with and without Bacterial Biofilter in a Tropical Location. *Sustainability*. n. 9, p. 592, 2017.

THOMPSON FL, PC ABREU & WJ WASIELESKY. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture* 203: 263–278. 2002.

TYSON, R.V., TREADWEL, D.D., SIMONNE, E.H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *Horttechnology*, n. 21, p. 1–13, 2011.

WAMBACH, X.F. Influência de diferentes densidades de estocagem no desempenho produtivo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) cultivada com tecnologia de bioflocos. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife,

2013.



CARTA DE APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Experimentação Animal da UDESC analisou o(s) projeto(s):

Protocolo: 1.45.14

Título: Sistemas de bioflocos em aquicultura.

Coordenador/Pesquisador: Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

O Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA) APROVOU o(s) projeto(s) acima relacionado(s) em seus aspectos éticos e metodológicos, para utilização de animais em pesquisa, de acordo com as diretrizes e normas nacionais e internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008 que disciplina a criação e utilização de animais em atividades de ensino e pesquisa no Brasil.

Lages, 02 de outubro de 2015.

Prof. Ubirajara Maciel da Costa
Coordenador do CETEA/UDESC

ANEXOS

Anexo 1 – Estufa piloto do Laboratório de Aquicultura LAQ-UDESC exclusiva para experimentos com aquaponia.



Anexo 2 – Aspecto visual das alfaces (variedade Lisa) no tratamento BFT (acima) e BFT-SB (abaixo).



Anexo 3 – Aspecto visual de raízes das alfaces (variedade Lisa) no tratamento BFT (acima) e BFT-SB (abaixo), esta última visivelmente com menos sólidos acumulados

