

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Avaliação do uso de substrato no desempenho e qualidade de água de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) mantidos em berçário em sistema de bioflocos**

João Paulo Silva Lorenzini

Belo Horizonte  
Escola de Veterinária – UFMG  
2018

João Paulo Silva Lorenzini

**Avaliação do uso de substrato no desempenho e qualidade de água de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) mantidos em berçário em sistema de bioflocos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para Obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

**Área de concentração:** Produção Animal

**Orientador:** Prof. Dr. Kleber Campos Miranda Filho

**Coorientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Cintia Labussière Nakayama

Belo Horizonte  
Escola de Veterinária – UFMG  
2018

L869a Lorenzini, João Paulo Silva, 1992-  
Avaliação do uso de substrato no desempenho e qualidade de água de camarão  
marinho (*Litopenaeus vannamei*) mantidos em berçário em sistema de bioflocos / João  
Paulo Silva Lorenzini. – 2018.  
38 p. : il.

Orientador: Kleber Campos Miranda Filho  
Coorientadora: Cintia Labussière Nakayama  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.  
Inclui bibliografia

I. Camarão – Criação – Teses. 2. Substratos – Teses. 3. Água – Qualidade – Teses.  
4. Produção animal – Teses. 5. Desempenho produtivo – Teses. I. Miranda Filho, Kleber  
Campos. II. Nakayama, Cintia Labussière. III. Universidade Federal de Minas Gerais.  
Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 639.543

DISSERTAÇÃO defendida e aprovada em 08 de fevereiro de 2018 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:



---

Prof. Dr. Kleber Campos Miranda Filho  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Galileu Crovatto Veras



---

Dr. Filipe dos Santos Cipriano

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais pelo empenho e  
dedicação durante toda minha  
formação moral e intelectual.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a CAPES, pelo incentivo financeiro.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Kleber Campos Miranda Filho, pelos ensinamentos, pela amizade e confiança durante os seis anos de orientação.

Agradeço à Prof.<sup>a</sup> Cintia Nakayama, pela coorientação e ensinamentos durante minha formação.

Agradeço as empresas parceiras que nos auxiliaram no projeto, Guabi e Renner Têxtil.

Agradeço ao grupo do laboratório de Aquacultura da Escola de Veterinária principalmente à equipe de maricultura, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Aos amigos, em ordem alfabética Amanda Hastenreiter do Espírito Santo, Angelica da Silva Ferreira, Camila Gomes de Oliveira, Camila Oliveira Paranhos, Deliane Cristina Costa, Luanna do Carmo Neves, Raphael Nogueira Bahiense e Walisson Souza e Silva pelas discussões, agressões mútuas, alimentações fartas, risadas e momentos de diversão.

Ao Filipe Cipriano e Franklin Batista, pela amizade dentro e fora do laboratório.

Ao Pedro Henrique Oliveira Pacheco, pela amizade e pelas partidas de FIFA.

À Luanna do Carmo Neves, pelo companheirismo, paciência, apoio e incentivo principalmente nos momentos mais difíceis durante essa jornada.

Em especial aos meus pais, Orestes Lorenzini e Mirtes da Silva Lorenzini, minha tia Mirian Fátima da Silva e meus avós Onófrio Júlio e Therezinha da Silva.

Por todos que auxiliaram este trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>OBJETIVOS</b> .....	9
<i>Objetivo Geral</i> .....	9
<i>Objetivos Específicos</i> .....	9
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
<b>Panorama da carcinicultura</b> .....	9
<b>O camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i></b> .....	10
<b>Cultivo em Bioflocos</b> .....	11
<b>Remoção de resíduos nitrogenados</b> .....	12
<b>Substratos para aumento de área</b> .....	13
<b>Substrato favorecendo a alimentação</b> .....	13
<b>Substrato na melhoria da qualidade da água</b> .....	15
<b>ARTIGO</b> .....	20
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>2.1 - Material biológico</b> .....	22
<b>2.2 - Desenho experimental</b> .....	22
<b>2.3 - Colonização do substrato</b> .....	23
<b>2.4 - Análises de qualidade de água</b> .....	24
<b>2.5 - Alimentação</b> .....	25
<b>2.6 - Desempenho zootécnico</b> .....	25
<b>2.7 - Análises estatísticas</b> .....	25
<b>3 RESULTADOS</b> .....	26
<b>3.1 - Qualidade de água</b> .....	26
<b>3.2 - Desempenho zootécnico</b> .....	28
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>4.1 Qualidade de água</b> .....	30
<b>4.2 Desempenho zootécnico</b> .....	32
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	33
<b>6. AGRADECIMENTOS</b> .....	33
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	33

## RESUMO

O aumento nas densidades de estocagem dos sistemas intensivos e super intensivos de carcinicultura pode ter resultados positivos sobre a produtividade, entretanto, traz consigo efeitos danosos que afetam principalmente a qualidade da água de cultivo. Neste cenário, a utilização de substratos artificiais apresenta potencial mitigador na depleção da qualidade da água. Com este intuito foi realizado, no Laboratório de Aquacultura da UFMG, experimento empregando substrato artificial, durante o período de berçário do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. O mesmo teve duração de 40 dias, sendo testados quatro tratamentos com quatro réplicas: Controle, Substrato virgem, Substrato maturado (MAT), Substrato maturado+Bioflocos (MAT+BIO) (inóculo de 10%). Foram utilizadas pós larvas (PL) de 0,043 g. A densidade de cultivo foi de 1500 PL.m<sup>-2</sup> em salinidade 17‰. Como substrato artificial foi utilizado o tecido não tecido (Needlon<sup>®</sup>), em quantidade correspondente a 100% da área de fundo dos tanques (100 L). A maturação do substrato foi feita por meio da adição de cloreto de amônia (NH<sub>4</sub>Cl) para se atingir concentrações de 3 mg.L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>. O substrato foi considerado maturado quando observada redução das concentrações de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, na água de maturação. Para acompanhamento da qualidade da água foram feitas mensurações duas vezes ao dia das variáveis: temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e pH. Diariamente foram feitas análises de amônia total, nitrito e a cada três dias foram realizadas análises de alcalinidade. Para análise do desempenho zootécnico foram avaliados: peso médio, sobrevivência, biomassa final, crescimento específico e taxa de conversão alimentar. Os menores valores de alcalinidade foram observados nos tratamentos MAT (150,50±13,95 mg.L<sup>-1</sup>) e MAT+BIO (137,25±11,97 mg.L<sup>-1</sup>), as concentrações de nitrito foram significativamente menores (P<0,05) nos tratamentos MAT e MAT+BIO, enquanto as concentrações de amônia total não sofreram influência dos tratamentos testados. O desempenho zootécnico não foi beneficiado somente com a adição de substrato no ambiente de cultivo, sendo que a maior biomassa foi obtida no tratamento MAT+BIO (105,39±2,72 g). A pré colonização do substrato mostrou-se eficiente no controle das concentrações de nitrito durante o processo de formação do bioflocos. O uso de substrato quando associado ao inóculo de 10% de bioflocos (pré-formado) foi capaz de promover ganhos zootécnicos durante o berçário de *L. vannamei*.



## ABSTRACT

The increase in stocking densities of intensive and super intensive shrimp farming systems may have positive results on productivity. However, with harmful effects that mainly affect the water quality of the culture. In this scenario, the use of artificial substrates presents a mitigating potential in the depletion of water quality. With this aim, an experiment was carried out in the Aquaculture Laboratory of UFMG, using artificial substrate, during the nursery period of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei*. The experiment lasted 40 days, and four treatments with four replicates were tested: Control, Virgin substrate, Matured substrate (MAT), Matured substrate + Biofloc (MAT+BIO) (10% inoculum). Post-larvae (PL) of 0.043 g were used. The culture density was 1500 PL.m<sup>-2</sup> in salinity 17‰. As an artificial substrate, non-woven fabric (Needlona®) was used, in an amount corresponding to 100% of the bottom area of the tanks (100 L). Substrate maturation was carried out by the addition of ammonium chloride (NH<sub>4</sub>Cl) to reach concentrations of 3 mg.L<sup>-1</sup> of NH<sub>4</sub>. The substrate was mature when the concentration of NO<sub>2</sub><sup>-</sup> in the ripening water was observed. To analyze the water quality, measurements were carried out twice a day: temperature, dissolved oxygen, oxygen saturation and pH. Daily analyzes of total ammonia and nitrite were performed and alkalinity analyzes were carried out every three days. For analysis of the zootechnical performance were evaluated: mean weight, survival, final biomass, specific growth rate and feed conversion rate. The lowest alkalinity values were observed in MAT (150.50 ± 13.95 mg.L<sup>-1</sup>) and MAT + BIO (137.25 ± 11.97 mg.L<sup>-1</sup>) treatments. Nitrite concentrations were significantly lower (P<0.05) in MAT and MAT+BIO treatments, while total ammonia concentrations were not influenced by the treatments. Zootechnical performance was not benefited by the only addition of substrate in the growing environment, and the highest biomass was obtained in MAT+BIO treatment (105.39 ± 2.72 g). Precolonization of the substrate was efficient in the control of nitrite concentrations during the biofloc formation process. The use of substrate when associated to the 10% biofloc inoculum (preformed) was able to promote zootechnical gains during the nursery of *L. vannamei*.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável da aquicultura deve ser baseado em três pilares, no aumento da produção sem aumentar o uso de recursos naturais, no desenvolvimento de sistemas que não agridam o meio ambiente e no desenvolvimento de uma indústria que apresente uma relação custo/benefício viável (AVNIMELECH; KOCHBA, 2009).

Uma das tecnologias sustentadas por todos esses pilares é o sistema de biofloc, também conhecido como BFT (“biofloc technology”), tecnologia que torna possível o cultivo de organismos aquáticos com a mínima troca de água através da ação da comunidade microbiana presente no sistema, atuando na manutenção da qualidade da água (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). De forma genérica, o BFT pode ser considerado uma mistura de microrganismos de rápido crescimento, que tem a capacidade de reciclar resíduos nitrogenados e usá-los na composição de novas células (CRAB et al., 2007). Dentre os constituintes do BFT podemos destacar microrganismos como, zooplâncton, fitoplâncton e bactérias, além de restos de organismos mortos, exúvias, fezes e ração (HARGREAVES, 2006).

Os benefícios proporcionados pela comunidade microbiana possibilitam elevar as densidades de cultivo, na produção de camarão marinho ( $> 650$  camarões/m<sup>2</sup>) e ao mesmo tempo reduzir significativamente o consumo de água (KRUMMENAUER et al., 2012). O aumento nas densidades de estocagem dos sistemas intensivos de carcinicultura pode ter resultado positivo sobre a produtividade, entretanto, traz consigo alguns efeitos danosos, tais como: aumento no canibalismo nas fases iniciais de desenvolvimento (KRUMMENAUER et al., 2011), redução na sobrevivência (SILVA et al., 2013), decréscimo no ganho de peso e aumento na conversão alimentar (WASIELESKY et al., 2013).

O desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo, que façam um contraponto a esses efeitos negativos do aumento de densidade, é de grande importância para que os sistemas super intensivos sejam amplamente adotados nas produções aquícolas. Dentre elas, podemos destacar o cultivo bifásico (com adoção de berçários), estocando as pós-larvas (PL) em densidade elevada, reduzindo assim, a área necessária para produção e permitindo maior controle sobre as variáveis do sistema. Outra tecnologia que demonstra potencial é a utilização de substratos artificiais. A mesma demonstra grande potencial, sendo capaz de mitigar grande parte dos problemas supracitados.

Diversos materiais têm sido testados como substratos na carcinicultura, dentre eles: produtos especializados como Aquamat<sup>®</sup> (ARNOLD et al., 2009); materiais adaptados de outros fins, tais como: telas de polietileno (SCHVEITZER et al., 2013), Needlona<sup>®</sup> (LARA et al., 2016), “silk cloth” (ZHANG et al., 2016), etc. De modo geral, qualquer material que possa ser submerso verticalmente pode ser utilizado como substrato, entretanto, alguns materiais se destacam sobre outros pelos benefícios que trazem ao sistema de cultivo.

## **OBJETIVOS**

### *Objetivo Geral*

Avaliar os efeitos da utilização do substrato artificial Needlona<sup>®</sup> durante o berçário em cultivo super intensivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, em sistema de bioflocos.

### *Objetivos Específicos*

Avaliar o efeito da pré colonização do substrato, na qualidade da água e no desempenho de *L. vannamei* cultivados em sistema super intensivo durante o berçário.

Avaliar o efeito da pré colonização do substrato, no desempenho de *L. vannamei* cultivados em sistema super intensivo durante o berçário.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Panorama da carcinicultura**

A carcinicultura é o cultivo de camarões em cativeiro, podendo ser realizado tanto em água doce quanto salgada. No Brasil, esta prática começou a ser desenvolvida no Rio Grande do Norte, na década de 70, com a espécie exótica *Marsupenaeus japonicus* (MAGALHÃES, 2004). Porém, seu cultivo foi considerado um fracasso devido ao período prolongado de seca e altas variações de salinidade nos estuários da região Nordeste do Brasil, dificultando sua larvicultura e engorda. A solução para a carcinicultura brasileira surgiu no ano de 1993, quando outra espécie exótica foi introduzida para desenvolver a carcinicultura no país, o camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, capaz de tolerar as variações de temperatura e salinidade do nosso

país (ABCC, 2016). Apesar da atividade de carcinicultura no país ter aproximadamente 40 anos, ela pode ser considerada recente, já que o pacote tecnológico do *L. vannamei* foi desenvolvido no Brasil entre os anos de 1996 e 1997 (IBAMA, 2016).

Segundo dados mais recentes, a produção de camarões representa uma parcela de 6,0% da produção total da aquicultura mundial. Em termos de valor de mercado, essa parcela se multiplica sendo responsável por 15,3% do mercado mundial, estando atrás apenas do grupo dos salmonídeos (FAO, 2016). No Brasil, segundo o IBGE, no ano de 2015, a produção de camarão foi de 64.678 mil toneladas, movimentando um total de R\$ 901.895.000,00, o que representa 20,57% do valor total de mercado da aquicultura nacional.

No ranking dos organismos aquáticos mais cultivados no Brasil, o camarão *L. vannamei* é o terceiro colocado, atrás apenas do cultivo da tilápias (primeiro colocado) e de peixes redondos (segundo colocado). No ano de 2014, o cultivo desse crustáceo Peneídeo chegou a cerca de 90 mil toneladas, igualando ao ano de 2003, quando a atividade alcançou seu pico máximo. O estado do Ceará é considerado o principal produtor de camarão marinho e alcançou produção de 42 mil toneladas no ano de 2014 (KUBITZA, 2015).

### **O camarão marinho *Litopenaeus vannamei***

Espécie também conhecida como camarão cinza ou camarão branco do Pacífico, tem sua origem na Costa do Pacífico, encontrado desde o litoral do México até a costa norte do Peru, podendo chegar a 230 mm de comprimento (BARBIERI JÚNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002). Distribui-se desde águas rasas até 72 metros de profundidade (SANTOS; COELHO, 2002), Quando adulto habita preferencialmente regiões marinhas, profundas e escuras, onde ocorre a sua reprodução. Já na fase inicial do ciclo de vida, as larvas são levadas por correntes marinhas até áreas costeiras onde encontram abrigo e alimento para o seu crescimento. Os animais permanecem nessas áreas de berçário durante toda a fase jovem (LOPES et al., 2009) e retornam ao mar quando subadultos.

O camarão marinho *L. vannamei* é a espécie de crustáceo mais produzida mundialmente, isso se deve à sua boa adaptabilidade às condições de cativeiro, sendo capaz de tolerar altos níveis de compostos nitrogenados (PONCE-PALAFOX; MARTINEZ-PALACIOS; ROSS, 1997; LIN; CHEN, 2003) e, conforme já descrito, por

ser uma espécie euritérmica e eurialina (LARAMORE; LARAMORE; SCARPA, 2001; LI et al., 2007).

Essas características zootécnicas podem ser potencializadas a partir da adoção de um sistema de cultivo bifásico. Esse tipo de sistema permite que as PL sejam cultivadas em densidades elevadas, até 4.500 PL/m<sup>3</sup> sem reduzir a produtividade, (WASIELESKY et al., 2013). A utilização de berçários ainda viabiliza que esta fase da produção seja realizada em locais fechados, abrigados de variações climáticas como baixas temperaturas (ESPARZA-LEAL; AMARAL XAVIER; WASIELESKY, 2016).

A carcinicultura é uma atividade importante em várias partes do mundo, porém, há preocupações quanto à sustentabilidade ambiental da atividade, já que as descargas das águas das fazendas podem resultar em mudança dos ecossistemas adjacentes (NAYLOR et al., 2000). Para favorecer a sustentabilidade e a biossegurança da atividade, sistemas de cultivo têm sido desenvolvidos com altas densidades de estocagem, com baixa ou nenhuma renovação de água, minimizando os impactos causados pela atividade (SCHRYVER et al., 2008). Esses sistemas de cultivo também auxiliam na prevenção de doenças virais e bacterianas que se tornaram uma preocupação no cultivo de *L. vannamei* (VANDENBERGHE et al., 1999; AGUIRRE-GUZMÁN; VÁZQUEZ-JUÁREZ; ASCENCIO, 2001).

### **Cultivo em Biofloc**

O sistema de biofloc (“Biofloc Technology” ou BFT) tem se baseado na manutenção da qualidade de água do cultivo por meio da remoção dos resíduos nitrogenados (DE SCHRYVER et al., 2008) pela comunidade microbiana presente no sistema (CRAB et al., 2012). Dois grupos de bactérias destacam-se no processo de reciclagem do nitrogênio, as bactérias heterotróficas e as quimioautotróficas, o primeiro grupo absorve o nitrogênio na forma de amônia e o utiliza na formação de sua parede celular (CRAB et al., 2007), enquanto o segundo oxida a amônia em nitrito e depois em nitrato por meio do processo de nitrificação (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006), mas também emprega o N para se desenvolver, porém de maneira mais lenta.

O controle dos compostos nitrogenados reduz drasticamente a necessidade de trocas de água durante o cultivo, principalmente quando é feita a fertilização com carbono (WIDANARNI et al., 2010) e a remoção dos sólidos por decantação (ARANTES et al., 2017), esta característica, associada à eurialinidade do *L. vannamei*, possibilitam a

interiorização do seu cultivo, migrando para áreas de menor valor comercial e ainda livres de patógenos presentes no meio costeiro.

Conforme já destacado, a composição do bioflocos vai muito além das bactérias heterotróficas e quimioautotróficas, outros microrganismos de diversos níveis tróficos completam essa comunidade, dentre eles podemos destacar: microalgas, outras espécies de bactérias, rotíferos, protozoários, outros invertebrados que se agregam às partículas presentes no sistema, formando os flocos microbianos (EMERENCIANO et al., 2007).

### **Remoção de resíduos nitrogenados**

As bactérias presentes no sistema são as principais responsáveis pela remoção de nitrogênio inorgânico do sistema. A maior parte desse nitrogênio removido encontra-se na forma de amônia, um composto extremamente tóxico para os animais de cultivo (LIN; CHEN, 2001). Apesar dos dois grupos de bactérias se destacarem no processo de reciclagem do nitrogênio (bactérias heterotróficas e as quimioautotróficas), o método de remoção de cada grupo é diferente.

No sistema de bioflocos, as bactérias heterotróficas utilizam carbono na forma de carboidrato como fonte de energia, no entanto, as fontes que são ricas em carboidratos em sua maioria não suprem a demanda proteica dessas bactérias. Para suprir a demanda elas capturam nitrogênio inorgânico disponível no sistema e o utilizam (juntamente com o carbono) na produção de proteína microbiana que tem grande importância na constituição celular bacteriana (CRAB et al., 2007).

A fonte de energia para as bactérias quimioautotróficas nitrificantes é obtida de compostos inorgânicos, e não de compostos orgânicos como nas bactérias heterotróficas. Tal processo é denominado de nitrificação e consiste na oxidação da amônia em nitrito e posteriormente do nitrito em nitrato. Estas podem ser divididas em dois grupos, o primeiro, são as bactérias oxidantes de amônia em nitrito (AOB), dentre as quais podemos destacar os gêneros, *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* e *Nitrosovibrio*. O segundo grupo oxida o nitrito, produzidos pela AOB, em nitrato e é denominado de bactérias oxidantes de nitrito (NOB), nesse grupo, destacam-se bactérias dos gêneros *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*, e *Nitrospina* (EBELING; TIMMONS; BISOGLI, 2006).

O processo de remoção de nitrogênio pelas bactérias heterotróficas ocorre de forma mais rápida do que pelas bactérias quimioautotróficas. Isso ocorre porque esse

grupo é capaz de formar mais biomassa bacteriana por unidade de carbono, portanto, multiplicam sua colônia de forma mais célere (HARGREAVES, 2006). O desenvolvimento da biomassa também pode ser estimulado por meio da manipulação da proporção entre carbono (C) e nitrogênio (N) dentro do sistema de cultivo, resultando em uma redução nos níveis amônia do sistema. Quando adicionado carboidrato no sistema, as bactérias heterotróficas são capazes de responder em poucas horas, enquanto as bactérias AOB demoram por volta de 12 dias e as NOB levam ainda mais tempo, por volta de 20 dias (AVNIMELECH, 2009).

### **Substratos para aumento de área**

Com a adição de substrato no meio de cultivo, a distribuição espacial dos camarões se altera pela maior área superficial disponível. Na ausência do substrato, quase totalidade dos animais se mantém no fundo dos tanques. Com a presença do substrato vertical, parte significativa migra para o substrato, diminuindo a concentração de camarões no ambiente de fundo (ZHANG et al., 2010). A migração destes animais tende a minimizar os efeitos negativos das altas densidades e ainda permite a adoção de maiores densidades de estocagem, tendo um melhor aproveitamento da área de cultivo. A ampliação da área de superfície também aumenta as áreas de refúgios para os camarões, principalmente para os camarões em estágio de muda (MOSS; MOSS, 2004). Os refúgios minimizam a predação e o canibalismo entre os animais, resultando em melhores resultados de sobrevivência, como o encontrado por ZHANG et al. (2010), que obtiveram maior sobrevivência no tratamento com adição de substratos artificiais quando comparado à condição controle (sem substrato).

SCHVEITZER et al. (2013) testaram a tela de mosquiteiro de polietileno em quantidade equivalente a 100% da área lateral dos tanques nas densidades de 238 e 473 camarões.m<sup>-3</sup>, e observaram que a presença do substrato refletiu em elevação significativa no ganho de peso final e na taxa de crescimento, em ambas as densidades. Os referidos ganhos foram atribuídos à redução densidade relativa nos tanques de cultivo proporcionada pela maior área de superfície proporcionada pelo substrato.

### **Substrato favorecendo a alimentação**

A área extra fornecida pelos substratos artificiais não é utilizada somente pelos camarões. Também ocorrem junto ao substrato, organismos de vários níveis tróficos:

diatomáceas e cianobactérias (autotróficas), bactérias, protozoários (ciliados, flagelados), copépodes e rotíferos, além de seres detritívoros, anfípodas e nematóides (AUDELO-NARANJO et al., 2011).

A colonização dos substratos por esses microrganismos se dá de maneira rápida. As bactérias já são encontradas 24 h após a submersão do substrato, enquanto as diatomáceas surgem entre o 4º e 5º dia e atingem o ápice de sua população em aproximadamente duas semanas (THOMPSON et al., 2002). A comunidade microbiana se adere à toda a área da superfície do substrato formando um biofilme que é utilizado como alimento por pequenos invertebrados (KHATOON et al., 2007). Os camarões são beneficiados pela presença do biofilme no sistema de cultivo, pois se alimentam tanto do biofilme quanto dos invertebrados que o habitam (ABREU et al., 2007).

ZHANG et al. (2016) avaliaram a utilização de “silk cloth” em quantidade equivalente a 100% da área de fundo dos tanques de cultivo e relataram, com a presença do substrato no tanque de cultivo, conversão alimentar de 1,1:1, em comparação com 1,3:1, quando da ausência do mesmo. A menor conversão alimentar no tratamento com a presença do substrato é justificada pela utilização do biofilme pelos camarões como uma fonte extra de alimento.

Os benefícios do biofilme também são refletidos no ganho de peso. A utilização de 400% da área de fundo aumentou o ganho o peso final do camarão marinho *L. vannamei* comparado com o cultivo em bioflocos (FERREIRA et al., 2016). Comportamento semelhante também foi observado, já no 20º dia de cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis*, onde o ganho de peso foi mais elevado no tratamento em que os animais tiveram o biofilme disponível para a alimentação (BALLESTER et al., 2003).

Adicionalmente, AUDELO-NARANJO et al. (2011) descreveram que os camarões que tiveram acesso ao biofilme, para suplementação da alimentação, apresentaram uma maior percentagem proteica em sua composição corporal, em comparação com os animais que tiveram somente ração como fonte de alimento, independente das densidades de cultivo. Quanto à importância do biofilme na nutrição dos camarões, ABREU et al. (2007) demonstraram por meio de pesquisa com isótopos estáveis  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , que o biofilme pode ser responsável pelo suprimento de 30% do carbono e aproximadamente 70% do nitrogênio consumido pelo camarão rosa *F. paulensis*.



### **Substrato na melhoria da qualidade da água**

O benefício dos substratos na carcinicultura também são observados na qualidade da água do cultivo, de forma que a superfície extra fornecida pelos substratos adicionados ao sistema pode ser utilizada como área de fixação pelas bactérias quimioautotróficas. Com mais superfície disponível para a colonização, aumenta-se a capacidade de nitrificação (ARNOLD et al., 2009).

ZHANG et al. (2016) observaram que a presença do substrato correspondente a 100% da área de fundo de tanques de cultivo de *L. vannamei* foi responsável por menores concentrações de amônia e nitrito do que em tanques sem substrato. Comportamento semelhante foi observado no cultivo do camarão marinho *Penaeus monodon* utilizando o substrato Aquamat<sup>®</sup> (também correspondente a 100% da área de fundo dos tanques). Os resultados da presença de compostos nitrogenados também foram menores nos tanques com presença do substrato (ARNOLD et al., 2009). AUDELO-NARANJO et al. (2011) também avaliaram a utilização de substratos Aquamat<sup>®</sup> no cultivo de *P. monodon*. Os pesquisadores relataram melhores resultados de qualidade da água nos tratamentos com a presença do substrato. Esse ganho na qualidade foi atribuído à formação de biofilme na superfície do substrato, possibilitando o aumento das densidades de estocagem sem que houvesse perda no desempenho zootécnico dos animais (HUANG et al., 2013)

Em contrapartida, alguns autores não observaram eficácia dos substratos na melhora na qualidade da água. LARA et al. (2016) testaram o uso do substrato Needlona<sup>®</sup> em quantidade correspondente à 150% da área lateral dos tanques e não observaram melhoras nos níveis de compostos nitrogenados na água. Uma das possíveis causas da não diferenciação entre os compostos nitrogenados pode estar relacionada à comunidade de bactérias nitrificantes, pois a mesma encontrava-se em grande parte distribuída na coluna d'água (SCHVEITZER et al., 2013).

Outro fator interessante da formação do biofilme no substrato seria o controle de organismos patogênicos. A comunidade que compõe o biofilme compete por nutrientes com bactérias que são maléficas aos camarões como as do gênero *Vibrio*. ZHANG et al. (2016) observaram menor concentração de colônias de *Vibrio* e bactérias heterotróficas em unidades de cultivo que possuíam substratos em quantidade correspondente à 100% da área de fundo dos tanques.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABCC. **Associação Brasileira dos criadores de camarão**. Disponível em: <<http://abccam.com.br/site/historia-da-carcinicultura-no-brasil/>>. Acesso em: 16 set. 2017.
- ABREU, P. C. et al. Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 347, n. 1–2, p. 88–96, 2007.
- AGUIRRE-GUZMÁN, G.; VÁZQUEZ-JUÁREZ, R.; ASCENCIO, F. Differences in the Susceptibility of American White Shrimp Larval Substages (*Litopenaeus vannamei*) to Four Vibrio Species. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 78, n. 4, p. 215–219, 2001.
- ARANTES, R. et al. A comparison between water exchange and settling tank as a method for suspended solids management in intensive biofloc technology systems: effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance, water quality and water use. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 4, p. 1478–1490, abr. 2017.
- ARNOLD, S. J. et al. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture**, v. 293, n. 1–2, p. 42–48, 2009.
- AUDELO-NARANJO, J. M. et al. Water quality, production parameters and nutritional condition of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) grown intensively in zero water exchange mesocosms with artificial substrates. **Aquaculture Research**, v. 42, n. 9, p. 1371–1377, 2011.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology Apractical Guide Book**. Batpm Rouge: Aquaculture Society, 2009.
- AVNIMELECH, Y.; KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using  $^{15}\text{N}$  tracing. **Aquaculture**, v. 287, n. 1–2, p. 163–168, 2009.
- BALLESTER, E. L. C. et al. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. **Atlantica**, v. 25, n. 2001, p. 117–122, 2003.
- BARBIERI JÚNIOR, R. C.; NETO OSTRENSK, A. **Camarões marinhos – Engorda**. v2. ed. Viçosa: [s.n.].
- CRAB, R. et al. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356–357, p. 351–356, 2012.
- CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, n. 1–4, p. 1–14, 2007.
- DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v. 277, n. 3–4, p. 125–137, 2008.
- 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, n. 1–4, p. 346–358, jun. 2006.
- EMERECIANO, M. G. C. et al. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1–7, 2007.

- ESPARZA-LEAL, H. M.; AMARAL XAVIER, J. A.; WASIELESKY, W. Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water exchange. **Aquaculture International**, v. 24, n. 5, p. 1435–1447, 2016.
- FAO. **SOFIA. The state of world fisheries and aquaculture Report**. Roma: United Nations Food and Agriculture Organization, 2016.
- FERREIRA, L. M. H. et al. Biofilm versus biofloc : Are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system **Aquaculture International**, v. 24, n. 4, p. 921–930, 2016.
- HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, n. 3, p. 344–363, 2006.
- HUANG, Z. et al. Assessment of AquaMats for removing ammonia in intensive commercial Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* aquaculture systems. **Aquaculture International**, v. 21, n. 6, p. 1333–1342, 2013.
- IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/0B19D3B1/DIAGDACARCINICULTURACEARA.pdf>>
- KHATOON, H. et al. Formation of periphyton biofilm and subsequent biofouling on different substrates in nutrient enriched brackishwater shrimp ponds. **Aquaculture**, v. 273, n. 4, p. 470–477, 2007.
- KRUMMENAUER, D. et al. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 5, p. 726–733, 2011.
- KRUMMENAUER, D. et al. Cultivo De Camarões Marinhos Em Sistema De Bioflocos: Análise Da Reutilização Da Água. **Atlântica**, v. 34, n. 2, p. 103–111, 2012.
- KUBITZA, F. Produção aquícola no Brasil: principais espécies e polos de produção. **Panorama da Aquicultura**, p. 1–12, 2015.
- LARA, G. et al. Addition of sodium nitrite and biofilm in a *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 4, p. 760–768, 2016.
- LARAMORE, S.; LARAMORE, C. R.; SCARPA, J. Effect of Low Salinity on Growth and Survival of Postlarvae and Juvenile *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 4, p. 385–392, 2001.
- LI, E. et al. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. **Aquaculture**, v. 265, n. 1–4, p. 385–390, 2007.
- LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* boone juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 259, n. 1, p. 109–119, 2001.
- LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, v. 224, n. 1–4, p. 193–201, 2003.
- LOPES, D. L. D. A. et al. Análise comparativa da criação dos camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis* criados em gaiolas em

- ambiente estuarino. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1540–1546, 2009.
- MAGALHÃES, M. E. S. **Cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone,1931) em sistema multifásico**. [s.l.] Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004.
- MEIRELES, A. J. DE A. et al. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil. **Mercator**, v. 6, n. 12, p. 83–106, 2007.
- MOSS, K.; MOSS, S. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 35, n. 4, p. 536–542, 2004.
- NAYLOR, R. L. et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, n. 6790, p. 1017–1024, 2000.
- PONCE-PALAFOX, J.; MARTINEZ-PALACIOS, C. A.; ROSS, L. G. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture**, v. 157, n. 1–2, p. 107–115, 1997.
- SANTOS, M. DO C. F.; COELHO, P. A. Espécies exóticas de camarões peneídeos (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798 e *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) nos ambientes estuarinos e marinho no nordeste do Brasil. In: Tamandaré: Boletim Técnico Científico CEPENE, 2002. p. 207–222.
- SCHVEITZER, R. et al. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. **Aquacultural Engineering**, v. 54, p. 93–103, 2013.
- SILVA, A. F. et al. Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência de *litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (bft). **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n. 3, p. 279–287, 2013.
- THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. J. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v. 203, n. 3–4, p. 263–278, 2002.
- VANDENBERGHE, J. et al. Vibrios associated with *Litopenaeus vannamei* larvae, postlarvae, broodstock, and hatchery probionts. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 6, p. 2592–2597, 1999.
- WASIELESKY, W. et al. Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth. **Journal of Shellfish Research**, v. 32, n. 3, p. 799–806, 2013.
- WIDANARNI et al. Nursery culture performance of *Litopenaeus vannamei* with probiotics addition and different C/N ratio under laboratory condition. **HAYATI Journal of Biosciences**, v. 17, n. 3, p. 115–119, 2010.
- ZHANG, B. et al. Effects of artificial substrates on growth, spatial distribution and non-specific immunity factors of *Litopenaeus vannamei* in the intensive culture condition. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 10, n. 2, p. 491–497, 2010.
- ZHANG, J. et al. Artificial substrates in zero-water-exchange culture system regulate the rearing performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) under the winter indoor condition. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 1, p. 91–100,

2016.

## ARTIGO

\*Artigo formatado de acordo com as normas da revista Aquacultural Engineering

### **Avaliação do uso de substrato pré-colonizado na qualidade de água do berçário de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) em sistema de bioflocos**

#### RESUMO

O aumento nas densidades de estocagem dos sistemas intensivos e super intensivos de carcinicultura pode ter resultados positivos sobre a produtividade, entretanto, traz consigo efeitos danosos que afetam principalmente a qualidade da água de cultivo. Neste cenário, a utilização de substratos artificiais apresenta potencial mitigador na depleção da qualidade da água. Com este intuito foi realizado, no Laboratório de Aquacultura da UFMG, experimento empregando substrato artificial, durante o período de berçário do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. O mesmo teve duração de 40 dias, sendo testados quatro tratamentos com quatro réplicas: Controle, Substrato virgem, Substrato maturado (MAT), Substrato maturado+Bioflocos (MAT+BIO) (inóculo de 10%). Foram utilizadas pós larvas (PL) de 0,043 g. A densidade de cultivo foi de 1500 PL.m<sup>-2</sup> em salinidade 17‰. Como substrato artificial foi utilizado o tecido não tecido (Needlona<sup>®</sup>), em quantidade correspondente a 100% da área de fundo dos tanques (100 L). A maturação do substrato foi feita por meio da adição de cloreto de amônia (NH<sub>4</sub>Cl) para se atingir concentrações de 3 mg.L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>. O substrato foi considerado maturado quando observada redução das concentrações de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, na água de maturação. Para acompanhamento da qualidade da água foram feitas mensurações duas vezes ao dia das variáveis: temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e pH. Diariamente foram feitas análises de amônia total, nitrito e a cada três dias foram realizadas análises de alcalinidade. Para análise do desempenho zootécnico foram avaliados: peso médio, sobrevivência, biomassa final, crescimento específico e taxa de conversão alimentar. Os menores valores de alcalinidade foram observados nos tratamentos MAT (150,50±13,95 mg.L<sup>-1</sup>) e MAT+BIO (137,25±11,97 mg.L<sup>-1</sup>), as concentrações de nitrito foram significativamente menores (P<0,05) nos tratamentos MAT e MAT+BIO, enquanto as concentrações de amônia total não sofreram influência dos tratamentos testados. O

desempenho zootécnico não foi beneficiado somente com a adição de substrato no ambiente de cultivo, sendo que a maior biomassa foi obtida no tratamento MAT+BIO (105,39±2,72 g). A pré colonização do substrato mostrou-se eficiente no controle das concentrações de nitrito durante o processo de formação do bioflocos. O uso de substrato quando associado ao inóculo de 10% de bioflocos (pré-formado) foi capaz de promover ganhos zootécnicos durante o berçário de *L. vannamei*.

Palavras chave: Biofilme; Nitrificação; Qualidade de água; Salinização artificial

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável da aquicultura deve ser baseado em três pilares, no aumento da produção sem aumentar o uso de recursos naturais, no desenvolvimento de sistemas que não agridam o meio ambiente e no desenvolvimento de uma indústria que apresente uma relação custo/benefício viável (Avnimelech e Kochba, 2009).

Essas necessidades promovem o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias que possibilitem o cultivo de maior biomassa de camarão em menores áreas de cultivo. Novas tecnologias como o cultivo em bioflocos já foram capazes de elevar as densidades de cultivo e reduzir significativamente o consumo de água (Krummenauer et al., 2012).

O aumento nas densidades de estocagem dos sistemas intensivos de carcinicultura pode ter resultado positivo sobre a produtividade, entretanto, traz consigo alguns efeitos danosos causadores de problemas, tais como: aumento do canibalismo acentuado nas fases iniciais (Krummenauer et al., 2011), redução na sobrevivência (Silva et al., 2013), decréscimo no ganho de peso e aumento na conversão alimentar (Wasielesky et al., 2013).

A utilização de substratos artificiais em tanques de cultivo de camarão é uma alternativa na mitigação destes efeitos. Os substratos aumentam a área de superfície disponível para os camarões o que possibilita maior adensamento dos animais (Moss e Moss, 2004). Junto ao substrato se adere uma comunidade de microrganismos que constitui fonte extra de alimento para os camarões. Adicionalmente os substratos também oferecem reduções nos níveis de compostos nitrogenados nos sistemas de cultivo (Huang et al., 2013). Portanto o presente estudo teve objetivo avaliar o efeito de substrato pré colonizado na qualidade da água e no desempenho de *L. vannamei* cultivados em sistema super intensivo durante o período de berçário.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquacultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (LAQUA) durante os meses de julho e agosto do ano de 2017 e estão de acordo com o comitê de ética no uso de animais (CEUA/UFMG) número de protocolo 208/2017.

### 2.1 - Material biológico

As pós-larvas (PL) do camarão marinho *L. vannamei* (provenientes da Aquasul LTDA, Rio Grande do Norte, Nísia Floresta, Brasil) em idade de PL10, já aclimatadas à salinidade de 15‰, foram mantidas em pré berçário nos tanques de polietileno de 2000 L de volume útil (1,55 m de diâmetro) até atingirem a média de peso inicial do experimento ( $44,83 \pm 9,59$  mg). Nesse período a alimentação consistiu em mistura de duas rações comerciais, Poti Mirim<sup>®</sup> QS 40 PL e Brine Shrimp Flake Prilabsa<sup>®</sup>, em uma proporção 70/30%, respectivamente.

### 2.2 - Desenho experimental

Um total de 5.520 foram distribuídos em 16 caixas de polietileno com volume útil de 80 L (diâmetro 73 cm) em densidade de 1.500 camarões/m<sup>2</sup> em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo a caixa de 80 L a unidade experimental. Os quatro tratamentos se diferenciavam quanto à presença de substratos artificiais, quais sejam: sem substrato, com substrato virgem, com substrato previamente colonizado com bactérias nitrificantes, com substrato previamente colonizado com bactérias nitrificantes e um inoculo de 10% de bioflocos na água de cultivo. Os tratamentos receberam a seguinte denominação: Controle, VRG, MAT e MAT+BIO, respectivamente.

As unidades experimentais eram dotadas de aeração suplementar por meio de três pedras porosas conectadas ao soprador radial e distribuídas uniformemente por sua área auxiliando também na suspensão de sólidos presentes na água. As réplicas de um mesmo tratamento permaneceram interligadas por um mesocosmo para manutenção do meio homogêneo no mesmo tratamento (circulação de 100% da água por hora), nos mesocosmos foram adicionadas tilápias vermelhas na densidade de 500 g.m<sup>-3</sup>, as tilápias



tinham o objetivo de reduzir a incidência de vibrioses na água e no sistema de cultivo (Tendencia et al., 2004) além de auxiliar a ressuspensão dos sólidos no mesocosmo.

Como substrato foram utilizadas peças retangulares (1 mm de espessura) de manta filtrante Needlona® (252,69 g.m<sup>-2</sup>) que foram adicionadas totalmente submersas aos tratamentos com substrato, em quantidade equivalente à 100% da área de fundo dos tanques, sendo considerado para cálculo somente um dos lados do substrato. Quatro peças retangulares (24x24 cm) foram distribuídas equidistantes, em formato de cruz nas unidades experimentais. Nesta disposição, os substratos foram mantidos esticados por meio de estruturas rígidas de bambu em ambas as laterais.

A água utilizada no cultivo foi proveniente de poço artesiano, sendo salinizada artificialmente por meio de mistura de sais da Veromix® e cloreto de sódio na proporção de 1:2. A diluição foi feita para a obtenção de água em salinidade 17‰, respeitando as proporções de Ca:Mg:K em 1:3:1. As concentrações esperadas de acordo com o fabricante estão listadas na tabela 1.

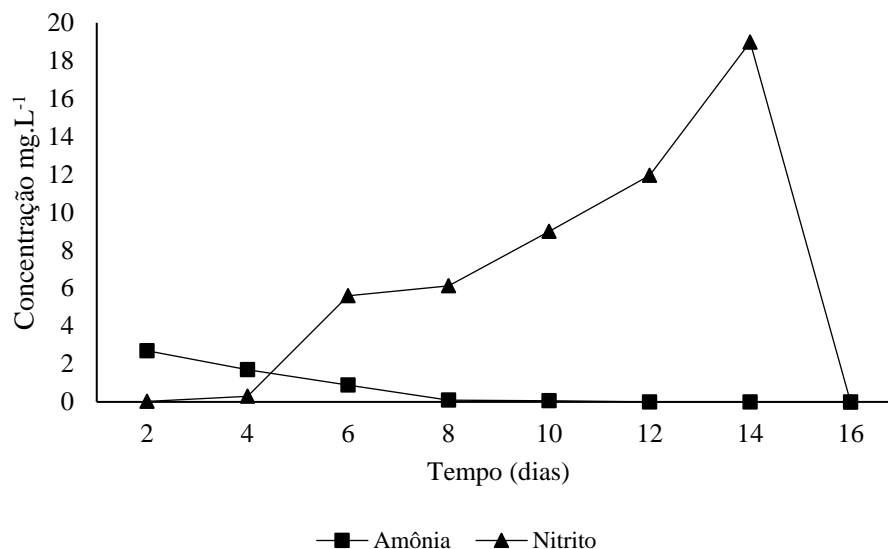
**Tabela 1.** Composição média do sal artificial utilizado no experimento

Elementos	Concentrações (mg.L <sup>-1</sup> )
Na	5666,7
Cl	9633,3
Ca	177,9
Mg	512,8
K	171,1
Sulfatos	1360,0
Carbonatos	59,5
Boro	2,3
Flúor	0,8
Estrôncio	2,8

### 2.3 - Colonização do substrato

A colonização do substrato foi realizada antes do início do experimento, em tanque de fibra de vidro (400 L), independente das unidades experimentais. Os substratos foram mantidos submersos na posição vertical. Um sistema de "airlift" foi responsável pela aeração e pela circulação da água no próprio tanque. Para favorecer o desenvolvimento da comunidade bacteriana foi adicionada solução de cloreto de amônio (NH<sub>4</sub>Cl) em quantidade suficiente para manter a concentração de amônia na água em 2-

3 mg.L<sup>-1</sup>. Após a adição do NH<sub>4</sub>Cl, as concentrações de amônia e nitrito foram monitoradas a cada dois dias. Quando os níveis dos nitrogenados foram reduzidas ao ponto próximo à zero (16 dias), o substrato foi considerado colonizado. As dinâmicas das concentrações de amônia e nitrito durante a colonização podem ser observadas na figura 1.



**Figura 1.** Concentração de amônia total e nitrito durante o período de maturação dos substratos artificiais.

#### 2.4 - Análises de qualidade de água

Para acompanhamento da qualidade da água foram feitas mensurações duas vezes ao dia das variáveis: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (OD) (mg.L<sup>-1</sup>) e saturado (%) (YSI/modelo 550 A, E.U.A) e pH (Hanna/modelo HI98129, Rep. Tcheca). Diariamente foram feitas análises de amônia total (AT), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (Unesco, 1983) e salinidade (mg.L<sup>-1</sup>) (Atago/modelo ATC-S/Mill 2440, Japão).

A cada três dias foi realizada análise de alcalinidade. A mesma foi mantida em níveis superiores à 150 mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> e quando observados valores abaixo deste nível foi realizada correção com a adição de bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) na água do sistema. Duas vezes na semana foram realizadas análises de sólidos suspensos totais (SST) (APHA, 1999).

## 2.5 - Alimentação

Durante todo o experimento os animais foram alimentados por uma mistura de duas rações comerciais, Poti Mirim<sup>®</sup> QS 40 PL e Brine Shrimp Flake Prilabsa<sup>®</sup>, em uma proporção 70/30% respectivamente. A alimentação foi fornecida quatro vezes ao dia (8:00, 10:00, 14:00 e 16:00 h) seguindo a taxa de alimentação proposta por Jory et al. (2001), ajustada de acordo com biometrias realizadas a cada 10 dias.

## 2.6 - Desempenho zootécnico

Biometrias de 30 animais (com periodicidade de 10 dias) foram realizadas para cálculo dos parâmetros de desempenho zootécnico. Estes foram secos, pesados individualmente e devolvidos para o seu respectivo tanque. Ao final do experimento uma última biometria foi realizada, desta vez com uma amostra de 100 animais (ou com o máximo de animais no tanque).

O desempenho dos animais submetidos aos diferentes tratamentos foi avaliado levando em consideração os seguintes parâmetros:

- Peso médio (g)
- Ganho de peso (g) = Peso médio final – Peso médio inicial
- Sobrevivência (%) = N° de sobreviventes / N° Inicial x 100
- Taxa de crescimento específico (%.dia<sup>-1</sup>) = 100 x (ln peso final (g) - ln peso inicial (g)) / tempo em dias
- Biomassa final (g) = N° final camarões x peso final (g)
- Conversão alimentar = Consumo de ração / Ganho de peso

## 2.7 - Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à teste de homocedasticidade e normalidade. Os testes que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de ANOVA e quando apresentaram diferença foram submetidos ao teste de Tukey. Os dados que não tiveram distribuição normal foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis, quando observada diferença foram submetidas ao teste de comparação de médias (Holm). Os dados foram analisados com auxílio do software “R” versão 3.4.3.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 - Qualidade de água

Os parâmetros de qualidade da água estão dispostos nas tabelas de número 2 a 5. O pH não apresentou diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos e a temperatura, apesar de ter apresentado diferença estatística ( $P < 0,05$ ), manteve-se em aproximadamente 28°C, em todos os tratamentos. O maior nível de saturação de OD foi observado no tratamento Controle, enquanto o menor foi observado no tratamento VRG. O OD teve sua maior concentração média no tratamento MAT+BIO e a menor no tratamento VRG. Os sólidos suspensos totais também apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, sendo a maior média observada no tratamento MAT+BIO e as menores concentrações observadas nos tratamentos Controle e VRG. A salinidade manteve-se em 17‰ em todos os tratamentos.

**Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos de qualidade da água nos quatro tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato virgem (VRG), substrato maturado (MAT) e com substrato maturado mais adição de inóculo de biofoco (MAT+BIO), ao longo dos 40 dias de experimento.

	Tratamento			
	Controle	VRG	MAT	MAT+BIO
pH	8,00 ± 0,26 <sup>a</sup>	7,97 ± 0,28 <sup>a</sup>	7,98 ± 0,26 <sup>a</sup>	7,98 ± 0,22 <sup>a</sup>
Temperatura (°C)	28,19 ± 0,08 <sup>ab</sup>	28,23 ± 0,07 <sup>ab</sup>	28,12 ± 0,07 <sup>b</sup>	28,43 ± 0,07 <sup>a</sup>
Saturação (%)	85,15 ± 0,17 <sup>a</sup>	83,43 ± 0,22 <sup>c</sup>	84,11 ± 0,20 <sup>b</sup>	84,64 ± 0,17 <sup>ab</sup>
Oxigênio (mg.L <sup>-1</sup> )	6,08 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,97 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,02 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,19 ± 0,02 <sup>a</sup>
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	87,5 ± 64,5 <sup>b</sup>	87,5 ± 48,3 <sup>b</sup>	106,7 ± 73,9 <sup>ab</sup>	155,4 ± 44,3 <sup>a</sup>
Salinidade (‰)	17	17	17	17

\*Valores expressos em média ± desvio padrão, letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ).

Na tabela 3 são mostradas as concentrações médias de amônia total ao longo do período de experimento. Até o 30º dia de experimento não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. No período entre o 30º e 40º dia, todos os tratamentos apresentaram diferença estatística entre si, sendo MAT+BIO, o tratamento com maior média ( $0,18 \pm 0,04$  mg.L<sup>-1</sup> N-AT).

**Tabela 3.** Concentrações médias de amônia total ( $\text{mg.L}^{-1}$  N-AT) nos quatro tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato virgem (VRG), substrato maturado (MAT) e com substrato maturado mais adição de inóculo de biofloco (MAT+BIO), ao longo dos 40 dias de experimento.

	Tempo (dias)			
	10	20	30	40
Controle	$0,16 \pm 0,07^a$	$0,14 \pm 0,06^a$	$0,15 \pm 0,07^a$	$0,09 \pm 0,04^d$
VRG	$0,19 \pm 0,09^a$	$0,15 \pm 0,05^a$	$0,15 \pm 0,04^a$	$0,15 \pm 0,05^b$
MAT	$0,19 \pm 0,09^a$	$0,17 \pm 0,06^a$	$0,18 \pm 0,09^a$	$0,11 \pm 0,03^c$
MAT+BIO	$0,21 \pm 0,05^a$	$0,17 \pm 0,07^a$	$0,16 \pm 0,05^a$	$0,18 \pm 0,04^a$

\*Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão, letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ).

As concentrações médias de  $\text{NO}_2^-$  estão mostradas na tabela 4. No 10º dia de experimento, o tratamento VRG ( $4,96 \pm 2,93 \text{ mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ ) apresentou a maior concentração média entre todos os tratamentos ( $P < 0,05$ ). No 20º dia, o tratamento VRG ( $12,96 \pm 1,33 \text{ mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ ) manteve-se com a concentração média mais elevada, sendo seguido pelo tratamento Controle ( $6,04 \pm 1,40 \text{ mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ ), enquanto MAT e MAT+BIO ( $1,77 \pm 0,43$  e  $1,41 \pm 0,46 \text{ mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ , respectivamente) foram as menores concentrações médias observadas, não diferindo entre si. No 30º dia de experimento, os tratamentos Controle e VRG ( $2,39 \pm 1,75$  e  $2,69 \pm 2,38 \text{ mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ , respectivamente) foram significativamente ( $P < 0,05$ ) maiores que o tratamento MAT+BIO ( $1,14 \pm 0,28 \text{ mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ ) que foi a menor concentração média observada nesse período. No 40º dia de experimento, o único tratamento que apresentou diferença estatisticamente significativa foi o tratamento MAT ( $0,70 \pm 0,22 \text{ mg.L}^{-1}$  N- $\text{NO}_2^-$ ) que foi a maior concentração média de  $\text{NO}_2^-$  observada no período.

**Tabela 4.** Concentrações médias de nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$  N-  $\text{NO}_2^-$ ) nos quatro tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato virgem (VRG), substrato maturado (MAT) e com substrato maturado mais adição de inóculo de biofloco (MAT+BIO), ao longo dos 40 dias de experimento.

	Tempo (dias)			
	10	20	30	40
Controle	$2,68 \pm 0,64^b$	$6,04 \pm 1,40^b$	$2,39 \pm 1,75^a$	$0,38 \pm 0,27^b$
VRG	$4,96 \pm 2,93^a$	$12,96 \pm 1,33^a$	$2,69 \pm 2,38^a$	$0,48 \pm 0,26^b$
MAT	$2,24 \pm 0,65^{bc}$	$1,77 \pm 0,43^c$	$1,80 \pm 0,63^{ab}$	$0,70 \pm 0,22^a$
MAT+BIO	$1,32 \pm 0,75^c$	$1,41 \pm 0,46^c$	$1,14 \pm 0,28^b$	$0,33 \pm 0,12^b$

\*Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão, letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significante ( $P < 0,05$ ).

A tabela 5 apresenta os dados de alcalinidade durante o período experimental. No 10º dia de experimento, a maior concentração média foi observada foi no tratamento

VRG, enquanto que MAT+BIO apresentou a menor ( $P<0,05$ ) concentração entre os demais tratamentos. No 20º dia de experimento, os tratamentos VRG e Controle foram as maiores concentrações médias, o tratamento MAT apresentou concentração intermediária e MAT+BIO como a menor. No 30º e 40º dias o comportamento das concentrações médias foi o mesmo sendo VRG significativamente ( $P<0,05$ ) maior que as demais concentrações, MAT+BIO significativamente ( $P<0,05$ ) menor que todas as outras concentrações e MAT e Controle não se diferenciando entre si.

**Tabela 5.** Concentrações médias de Alcalinidade ( $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ ) nos quatro tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato virgem (VRG), substrato maturado (MAT) e com substrato maturado mais adição de inóculo de biofloco (MAT+BIO), ao longo dos 40 dias de experimento.

	Tempo (dias)			
	10	20	30	40
Controle	251,00 ± 27,65 <sup>ab</sup>	241,00 ± 29,94 <sup>a</sup>	153,50 ± 9,33 <sup>b</sup>	165,75 ± 8,16 <sup>b</sup>
VRG	266,50 ± 28,15 <sup>a</sup>	229,00 ± 33,47 <sup>a</sup>	161,25 ± 11,80 <sup>a</sup>	182,75 ± 15,93 <sup>a</sup>
MAT	245,25 ± 32,26 <sup>b</sup>	193,00 ± 30,67 <sup>b</sup>	150,50 ± 13,95 <sup>b</sup>	163,75 ± 25,59 <sup>b</sup>
MAT+BIO	201,00 ± 17,81 <sup>c</sup>	160,75 ± 17,72 <sup>c</sup>	137,25 ± 11,97 <sup>c</sup>	151,00 ± 7,36 <sup>c</sup>

\*Valores expressos em média ± desvio padrão, letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ( $P<0,05$ ).

### 3.2 - Desempenho zootécnico

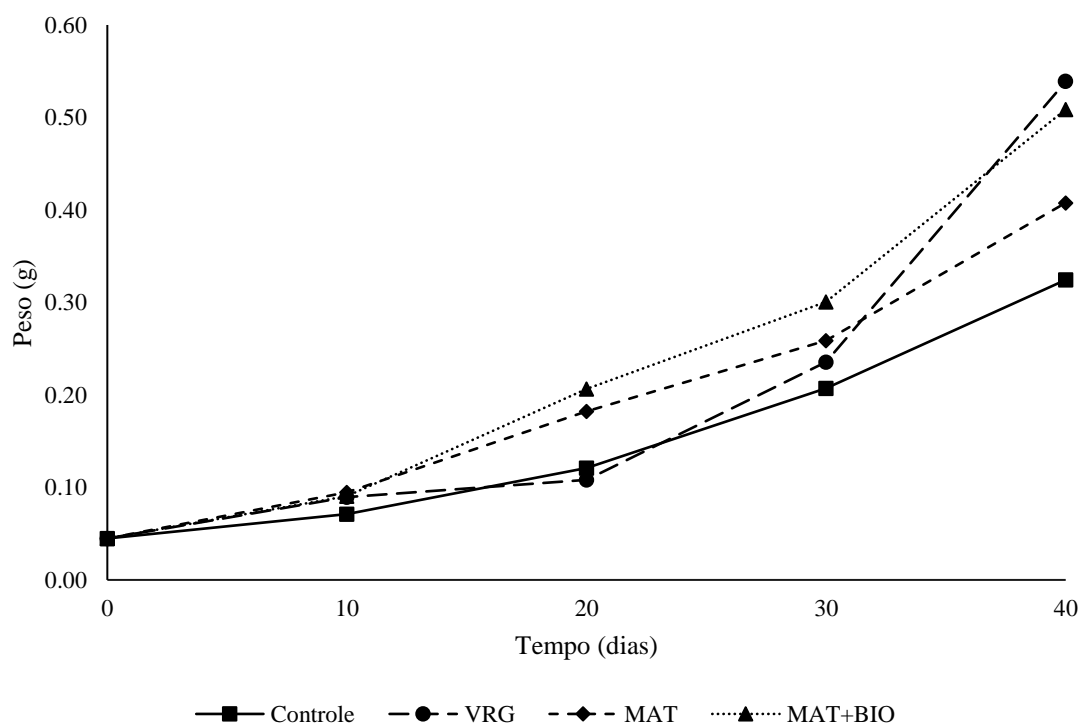
Os resultados de desempenho zootécnico (média ± desvio padrão) estão apresentados na tabela 6. Todos os parâmetros apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O peso médio final (g) foi superior nos tratamentos VRG e MAT+BIO. Comportamento semelhante foi observado na taxa de crescimento específico (% ao dia). A sobrevivência no tratamento VRG foi de  $18,77 \pm 5,78\%$ , valor significativamente menor que os demais tratamentos, sendo que estes não se diferiram entre si. A biomassa final (g) foi maior no tratamento MAT+BIO  $105,39 \pm 2,72\%$  e a menor no tratamento VRG. A de conversão alimentar (CA) também sofreu alterações de acordo com o tratamento, sendo o maior valor observado no tratamento VRG e o menor valor no tratamento MAT+BIO.

**Tabela 6.** Peso médio final, sobrevivência, crescimento específico, biomassa final e conversão alimentar na fase de berçário, nos quatro tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato virgem (VRG), substrato maturado (MAT) e com substrato maturado mais adição de inóculo de biofloco (MAT+BIO), ao longo dos 40 dias de experimento.

	Tratamento			
	Controle	VRG	MAT	MAT+BIO
PF (g)	0,324 ± 0,224 <sup>b</sup>	0,529 ± 0,285 <sup>a</sup>	0,408 ± 0,295 <sup>b</sup>	0,509 ± 0,331 <sup>a</sup>
S (%)	66,80 ± 24,80 <sup>b</sup>	18,77 ± 5,68 <sup>a</sup>	66,59 ± 4,04 <sup>b</sup>	60,44 ± 5,98 <sup>b</sup>
TCE (%)	0,70 ± 0,08 <sup>b</sup>	1,23 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,91 ± 0,10 <sup>b</sup>	1,16 ± 0,11 <sup>a</sup>
BF (g)	72,8 ± 20,9 <sup>ab</sup>	34,16 ± 8,53 <sup>a</sup>	93,74 ± 11,76 <sup>bc</sup>	105,39 ± 2,72 <sup>c</sup>
CA	3,59 ± 0,64 <sup>ab</sup>	3,77 ± 0,41 <sup>a</sup>	2,73 ± 0,52 <sup>bc</sup>	1,99 ± 0,28 <sup>c</sup>

\*Valores de peso final (PF), sobrevivência (S), taxa de crescimento específico (TCE), biomassa final (BF) e conversão alimentar (CA). Valores expressos em média ± desvio padrão, letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa (P<0,05).

A figura 2 demonstram o avanço do peso médio dos animais durante o período do experimento. A partir do 20º dia de experimento, o tratamento VRG passou a ganhar peso de forma mais rápida, terminando o experimento com maior peso médio e se igualando (P>0,05) ao tratamento MAT+BIO.



**Figura 2.** Peso médio (g) obtido nas biometrias ao longo dos 40 dias de berçário, nos quatro tratamentos testados: sem substrato (Controle), com substrato virgem (VRG), substrato maturado (MAT) e com substrato maturado mais adição de inóculo de biofloco (MAT+BIO).

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Qualidade de água

Apesar das diferenças observadas nos níveis de OD, os mesmos apresentaram-se dentro da condição ótima para o cultivo do camarão marinho *L. vannamei*. De forma semelhante, a temperatura também apresentou diferença significativa entre os tratamentos testados, mas a variação foi menor que 0,5°C, o que não é capaz de provocar alteração no desempenho zootécnico dos animais.

Em todos os tratamentos as concentrações de SST se mantiveram abaixo de 300 mg.L<sup>-1</sup>, concentração considerada ideal para melhor desempenho no cultivo de *L. vannamei* em sistemas de bioflocos (Gaona et al., 2017). A maior concentração encontrada no tratamento MAT+BIO esteve associada à adição do inóculo de biofloco já formado neste tratamento. Apesar da maior quantidade de flocos microbianos, a liberação de CO<sub>2</sub> por estes organismos por meio da respiração não foi o suficiente para causar alterações no pH quando comparado aos demais tratamentos, corroborando com outros estudos desenvolvidos na área (Ray et al., 2010a; 2010b; Arantes et al., 2017). A adição de substratos artificiais no sistema, ao contrário do observado por Schweitzer et al. (2013), não influenciou as concentrações de SST. Isto pode ser explicado pelo fato das concentrações observadas por esses autores serem até quatro vezes maior do que as obtidas neste trabalho.

Durante todo o experimento, as concentrações de AT foram mantidas abaixo da margem considerada segura para espécie, na salinidade de 17‰ (Li et al., 2007). Até a última semana de experimento o substrato artificial não influenciou as concentrações de AT, independente da pré colonização. A AT não tem se mostrado como um problema em cultivos super-intensivos em sistema de biofloco. Mesmo em altas densidades é comum que as concentrações não ultrapassem 1,0 mg.L<sup>-1</sup> N-AT (Ray et al., 2010a; Wasielesky et al., 2013; Lara et al., 2016; Arantes et al., 2017). De acordo com Ebeling et al. (2006), as baixas concentrações de AT registradas no experimento podem estar relacionadas com a remoção por parte das bactérias heterotróficas e quimioautotróficas.

Ainda não se encontrou um consenso na literatura sobre os efeitos da adição de substratos artificiais na qualidade de água principalmente no que se tange os compostos nitrogenados. Ainda não estava claro se os efeitos da adição do substrato são benéficos, prejudiciais ou se não causam efeito algum. Bratvold e Browdy (2001) demonstraram que



a adição de substratos artificiais nos tanques de cultivo provocou elevação no pico de nitrito. Já Moss e Moss (2004) avaliando o uso do substrato artificial Aquamat<sup>®</sup>, não observaram nenhum efeito do substrato na qualidade da água. Resultado semelhante foi encontrado por Schweitzer et al. (2013) utilizando tela de mosquiteiro. Huang et al. (2013) também utilizando o substrato artificial Aquamat<sup>®</sup> observaram redução nas concentrações de AT e  $\text{NO}_2^-$  com o uso de quantidade correspondente à 150% da área de fundo do tanque.

Utilizando outro método de abordagem, semelhante ao utilizado neste trabalho, Lara et al. (2016) buscaram a pré colonização do substrato pelas bactérias oxidantes de nitrito (NOB), entretanto, os resultados obtidos por esses autores não demonstraram nenhum efeito sobre a diminuição dos compostos nitrogenados no meio de cultivo.

No presente trabalho, as concentrações de  $\text{NO}_2^-$  foram influenciadas pela presença do substrato e se comportaram de forma diferente com relação à pré colonização do substrato. O maior e mais precoce pico observado na concentração de  $\text{NO}_2^-$  no tratamento VRG está de acordo com observado por Bratvold e Browdy (2001) e isto se deve à reação de oxidação de amônia em  $\text{NO}_2^-$  ocorrer de forma mais acelerada que a oxidação do  $\text{NO}_2^-$  em nitrato, gerando um acúmulo de  $\text{NO}_2^-$  no sistema (Timmons e Ebeling, 2013). A precocidade do pico em relação ao tratamento controle está relacionado à área extra para fixação bacteriana proporcionada pelos substratos no sistema. A colonização dos substratos pelas bactérias é iniciada em menos de 24 h (Thompson et al., 2002). O tratamento controle apresentou a mesma tendência de concentração que o tratamento VRG, entretanto, o pico de  $\text{NO}_2^-$  observado ocorreu no 20º dia. Tal fato demonstra que a formação das comunidades de bactérias nitrificantes no meio de cultivo ocorreu de forma mais branda e organizada do que na presença de substrato virgem.

Os tratamentos que continham o substrato artificial pré colonizado não apresentaram pico de  $\text{NO}_2^-$  em nenhum momento, ao longo dos 40 dias de experimento, indicando que a comunidade de bactérias nitrificantes já estava bem estabelecida no início do experimento e assim se manteve, evitando o acúmulo de  $\text{NO}_2^-$  no sistema. Lara et al. (2016) não tiveram sucesso ao estimular diretamente a colonização dos substratos pelas bactérias NOB através da adição de nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_2$ ), mesmo durante o período de 20 dias antes da estocagem das PL. No presente trabalho, o estímulo para o desenvolvimento deu-se por meio da adição de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , estimulando primordialmente as

bactérias oxidantes de amônia (AOB) e as bactérias NOB sendo estimuladas naturalmente pelo  $\text{NO}_2^-$  gerado pela oxidação da amônia.

No 30º dia de experimento, todas as concentrações de  $\text{NO}_2^-$  já estavam abaixo de  $3 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N-NO}_2^-$ , valor aproximadamente 50% inferior ao nível de segurança de  $6,1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N-NO}_2^-$  para *L. vannamei* cultivados em 15‰ (Lin e Chen, 2003). A confirmação de que o processo de nitrificação está ocorrendo pode ser obtida pela observações dos dados de alcalinidade. A reação química de oxidação de amônia em  $\text{NO}_2^-$  diminui a alcalinidade. É notório que para cada grama de nitrogênio amoniacal convertido em nitrato, 7,01 g de alcalinidade é consumida (Ebeling et al., 2006). Até o 20º dia de experimento, os tratamentos MAT e MAT+BIO apresentaram as menores médias de alcalinidade. Neste mesmo período, estes tratamentos evidenciaram as menores concentrações médias de  $\text{NO}_2^-$ . Os resultados comprovam a maior ocorrência do processo de nitrificação nestes tratamentos. Nos tratamentos VRG e controle, o mesmo comportamento só foi observado no 30º dia de experimento, demonstrando que, a partir desse momento, as comunidades de bactérias nitrificantes já estavam completamente estabelecidas. O referido tempo de maturação bacteriana foi menor do que o observado em biofiltros de sistemas de recirculação (Timmons e Ebeling, 2013).

#### **4.2 Desempenho zootécnico**

Os índices produtivos do camarão marinho *L. vannamei* foram influenciados pela adição do substrato no sistema, assim como, a qualidade da água. O comportamento observado foi diferente quando utilizado substrato pré colonizado. A sobrevivência observada no tratamento VRG, foi aproximadamente três vezes menor do que a dos demais tratamentos. Neste caso, os animais estiveram expostos à maior e mais prolongada concentração de  $\text{NO}_2^-$  do que nos demais tratamentos, superando o nível de segurança proposto para esta faixa de salinidade que é de  $6,1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N-NO}_2^-$  (Lin e Chen, 2003). Importante salientar que a tolerância do *L. vannamei* ao  $\text{NO}_2^-$  reduz com a diminuição da salinidade (Furtado et al., 2016). Isto justifica a maior sobrevivência encontrada por Lara et al. (2016) trabalhando com salinidade 30‰, mesmo obtendo maiores concentrações de  $\text{NO}_2^-$ . Nos demais tratamentos, a sobrevivência foi correspondente ao descrito na literatura (Esparza-Leal et al., 2016).

Só a adição do substrato, pré colonizado ou não, parece não ter beneficiado o peso final e o crescimento específico dos animais. O maior valor obtido no tratamento VRG não pode ser analisado de forma isolada, dado que a sobrevivência neste tratamento foi

significativamente menor. Quando acompanhamos os pesos médios ao longo do tempo de experimento observamos que após o 20º dia de experimento, o tratamento VRG ultrapassou os demais, e foi neste mesmo período que as concentrações de  $\text{NO}_2^-$  começaram a cair. As altas concentrações de  $\text{NO}_2^-$  responsáveis pela baixa sobrevivência no tratamento VRG, reduziram a densidade relativa, fornecendo mais espaço para o desenvolvimento dos animais. Conforme descrito por Wasielesky et al. (2013), com a redução da densidade houve o crescimento compensatório dos animais, ou seja, os camarões voltaram uma maior parte do seu gasto energético para o crescimento, atingindo maior peso médio final.

A biomassa final pode ser o dado mais representativo para avaliarmos o real desempenho dos animais nos diferentes tratamentos testados. O tratamento MAT+Bio foi o que teve maior biomassa final. Este tratamento também apresentou as maiores concentrações de SST. Os dois resultados podem estar ligados entre si, uma vez que os flocos microbianos que compõem parte desses sólidos são utilizados pelos animais como fonte extra de alimento (Avnimelech, 2009), sendo responsável também pela menor conversão alimentar.

## **5. CONCLUSÃO**

Com o presente trabalho podemos concluir que a pré colonização do substrato artificial é eficiente no controle dos picos de nitrito durante a formação do bioflocos. Quando o substrato pré colonizado é utilizado junto ao inóculo de bioflocos, a conversão alimentar, a sobrevivência e o crescimento dos animais são beneficiados.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa. À Guabi e à Prilabsa pela doação das rações, à Renner Têxtil por nos ceder a Needlona<sup>®</sup>. Por fim, agradecemos à equipe da maricultura do Laboratório de Aquacultura da Escola de Veterinária da UFMG (LAQUA).

## **7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Abreu, P.C., Ballester, E.L.C., Odebrecht, C., Wasielesky, W., Cavalli, R.O., Granéli, W.,

- Anesio, A.M., 2007. Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ). J. Exp. Mar. Bio. Ecol. 347, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.03.012>
- APHA-American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Stand. Methods 541.
- Arantes, R., Schweitzer, R., Magnotti, C., Lapa, K.R., Vinatea, L., 2017. A comparison between water exchange and settling tank as a method for suspended solids management in intensive biofloc technology systems: effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance, water quality and water use. Aquac. Res. 48, 1478–1490. <https://doi.org/10.1111/are.12984>
- Audelo-Naranjo, J.M., Martínez-Córdova, L.R., Voltolina, D., Gómez-Jiménez, S., 2011. Water quality, production parameters and nutritional condition of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) grown intensively in zero water exchange mesocosms with artificial substrates. Aquac. Res. 42, 1371–1377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02725.x>
- Avnimelech, Y., 2009. Biofloc Technology Apractical Guide Book. Aquaculture Society, Batpm Rouge.
- Ballester, E.L.C., Wasielesky Jr, W., Cavalli, R.O., Silva Santos, M.H., Abreu, P.C., 2003. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. Atlântica 25, 117–122.
- Bratvold, D., Browdy, C.L., 2001. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. Aquaculture 195, 81–94. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00538-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00538-X)
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture 257, 346–358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- Esparza-Leal, H.M., Amaral Xavier, J.A., Wasielesky, W., 2016. Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water exchange. Aquac. Int. 68, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0001-5>
- Ferreira, L.M.H., Lara, G., Wasielesky, W., Abreu, P.C., 2016. Biofilm versus biofloc :

- Are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system ? *Aquac. Int.* 24, 921–930. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9961-0>
- Furtado, P.S., Valenzuela, M.A.J., Rodriguez-Fuentes, G., Campos, B.R., Wasielesky, W., Gaxiola, G., 2016. Chronic effect of nitrite on the rearing of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* in two salinities. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 49, 201–211. <https://doi.org/10.1080/10236244.2016.1163837>
- Gaona, C.A.P., de Almeida, M.S., Viau, V., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2017. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. *Aquac. Res.* 48, 1070–1079. <https://doi.org/10.1111/are.12949>
- Huang, Z., Wan, R., Song, X., Hallerman, E., 2013. Assessment of AquaMats for removing ammonia in intensive commercial Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* aquaculture systems. *Aquac. Int.* 21, 1333–1342. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9636-7>
- Jory, D., Cabrera, T., Dugger, D., Fegan, D., Berger, C., Orrantia, J., 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. *Aquaculture* 2001.
- Krummenauer, D., Seifert-Júnior, C.A., Poersch, L.H., Foes, G.K., Lara, G.R. DE, Wasielesky, W., 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. *Atlântica* 34, 103–111. <https://doi.org/10.5088/atl.2012.34.2.103>
- Lara, G., Furtado, P., Hostins, B., Poersch, L., Wasielesky Jr., W., 2016. Addition of sodium nitrite and biofilm in a *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 44, 760–768. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue4-fulltext-11>
- Li, E., Chen, L., Zeng, C., Chen, X., Yu, N., Lai, Q., Qin, J.G., 2007. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture* 265, 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.018>
- Lin, Y.C., Chen, J.C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224, 193–201. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)
- Methods, C., Marine, N., Monitoring, E., 1983. for Use I N Marine.
- Moss, K., Moss, S., 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production. *J. World Aquac. Soc.* 35, 536–542. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00121.x>

- Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Leffler, J.W., 2010a. 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.021>
- Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L., 2010b. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.019>
- Schweitzer, R., Arantes, R., Baloi, M.F., Costódio, P.F.S., Arana, L.V., Seiffert, W.Q., Andreatta, E.R., 2013. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. *Aquac. Eng.* 54, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.12.003>
- Tendencia, E.A., Dela Peña, M.R., Fermin, A.C., Lio-Po, G., Choresca, C.H., Inui, Y., 2004. Antibacterial activity of tilapia *Tilapia hornorum* against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture* 232, 145–152. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00531-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00531-3)
- Thompson, F.L., Abreu, P.C., Wasielesky, W., 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture* 203, 263–278. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00642-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00642-1)
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., 2013. *Recirculating Aquaculture*, 3rd editio. ed. Ithaca Publishing Company LLC, Ithaca.
- Wasielesky, W., Froes, C., Fóes, G., Krummenauer, D., Lara, G., Poersch, L., 2013. Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a biofloc system: the effect of stocking densities and compensatory growth. *J. Shellfish Res.* 32, 799–806. <https://doi.org/10.2983/035.032.0323>
- Zhang, J., Chen, L., Dong, H., Duan, Y., Li, Z., Wen, G., Chen, J., Feng, Z., Xu, W., Xie, J., 2016. Artificial substrates in zero-water-exchange culture system regulate the rearing performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) under the winter indoor condition. *Aquac. Res.* 47, 91–100. <https://doi.org/10.1111/are.12473>