

**VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS DE CULTIVOS DE LITOPENAEUS VANNAMEI
COM ADIÇÃO DE MICRORGANISMOS BIORREMEDIADORES**
(*Hydrology variables of Litopenaeus vannamei culture system with addition of bioremediation microorganisms*)

Glauber Pereira de Carvalho Santos^{1*}, Sônia Valéria Pereira¹, Emiko Shinozaki Mendes², Luis Otávio Brito da Silva², Silvio José de Macedo³

¹Instituto de Tecnologia de Pernambuco, PE, Brazil. *Corresponding author: glauber@itep.br

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brazil.

³Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brazil.

RESUMO: O uso de microrganismos biorremediadores e/ou probiótico tem sido utilizado por 1/3 das fazendas de camarão no Brasil. Neste sentido, um experimento foi conduzido durante 18 semanas para avaliar as variáveis hidrobiológicas do cultivo semi intensivo de *Litopenaeus vannamei* em viveiros com adição de microrganismos biorremediadores. Duas estratégias foram utilizadas: uma com adição microrganismos biorremediadores (BIO) e outra sem microrganismos biorremediadores (SEM). Camarões *L. vannamei* (PI20) foram povoados em viveiros comerciais de 2,0 ha em uma densidade de 30 camarões/m². Os microrganismos biorremediadores foram composto de bactérias ácido lática, actinomicetos, leveduras, extrato vegetal e minerais. Significativas diferenças foram encontradas na demanda bioquímica de oxigênio, clorofila a e Vibrios ($P < 0.05$) entre as duas estratégias. No que diz respeito as condições de sanidade, um menor número de lesões nos camarões foram verificadas em viveiros com microrganismos biorremediadores. Neste contexto a aplicação diária de microrganismos biorremediadores demonstrou efeito positivo no aumento da degradação da matéria orgânica da água e melhores condições de saúde dos camarões cultivados

Palavras-chave: Camarão; Qualidade da agua; Saúde; Víbrios; Viveiros comerciais

ABSTRACT: The use of bioremediation microorganisms and/or probiotic have been used by 1/3 of the Brazilian shrimp farming. In the sense, a 18-week trial was carried out to evaluate hydrology variables a semi intensive culture system of *Litopenaeus vannamei* in ponds with addition of bioremediation microorganisms. Two management strategies were used: one with the addition of bioremediation microorganisms (BIO) and another without of bioremediation microorganisms (SEM). Shrimp *L. vannamei* (PI20) were stocked in 2.0 ha commercial ponds a density of 30 shrimp m⁻². The of bioremediation microorganisms was composed of lactic-acid bacteria, actinomycetes, yeasts, vegetal extract and minerals. Significant differences were found in biochemical oxygen demand, chlorophyll- α and Vibrios ($P > 0.05$) between the two management strategies. As far as health conditions are concerned, a lesser number of injuries in the shrimp with of bioremediation microorganisms were found. In this context, the daily application of bioremediation microorganisms showed positive effect on the degradation of the organic material of the water and improved the health conditions of shrimp culture.

Keywords: Shrimp; Water quality; Health; Víbrios; comercial ponds

INTRODUÇÃO

A produção de camarões marinhos entre 1997 a 2003, expandiu-se de 3.600 para 90.000 t/ano, consequentemente a produtividade passou de 1.050 para 6.084 kg/ha/ano (ABCC, 2013). Entretanto após o ápice da produção, ocorreram significativas perdas, devido a problemas de enfermidades com o Vírus da mionecrose infecciosa (IMNV) e Síndrome do Vírus da Mancha Branca (WSSV) (Guerrelhas e Teixeira, 2012). Além das vibrioses ocasionadas pelos Vibrio, tais como: harveyi, vulnificus, parahaemolyticus e alginolyticus (Costa et al., 2009; Mendes et al., 2009; Vieira et al., 2010). Apesar desta problemática, a produção Brasileira em 2015 foi de 69.859 t gerando uma receita bruta de R\$ 901.895.000,00 (IBGE, 2016).

O uso de compostos à base de microrganismos vivos pré-selecionados tem sido utilizado por 33% dos produtores de camarão no Brasil, correspondendo a 408 propriedades (ABCC, 2013). Este tipo de manejo é uma ferramenta de importância crescente na carcinicultura brasileira, especialmente no uso de biorremediadores destinados à degradação de matéria orgânica, que promovam a redução do uso de produtos químicos, possibilitando a manutenção da sanidade dos animais cultivados e da qualidade da água (Balcazar, 2006; Farzanfar, 2006; Sahu et al., 2008).

A utilização deste microorganismos tem proporcionado melhor desempenho zootécnico em camarões da espécie *L. vannamei* (Valdes et al., 2013; Sha et al., 2016), aumento da resposta imune (Shen et al., 2010; Sha et al., 2016), maior atividade das enzimas digestivas (Yu et al., 2009), melhor sobrevivência quando submetido a desafios contra *Vibrio harveyi* (Vieira

et al., 2010), *Vibrio parahaemolyticus* (Li et al., 2008) e ao vírus da mancha branca (Peraza-Gómez et al., 2010). De uma maneira geral, a ação dos microrganismos pode ocorrer através da: inibição da proliferação de bactérias patogênicas; produção de enzimas digestivas e síntese de vitaminas; produção de metabolitos que neutralizam toxinas bacterianas ou inibem sua produção; incremento da imunidade na mucosa intestinal, por meio da produção de imunoglobulinas em repostas às bactérias enteropatogênicas (Ribeiro et al., 2008).

Os microrganismos benéficos comumente utilizados em aquicultura são bactérias gram-positivas (*Bacillus* spp., *Lactobacillus* spp.), gram-negativas (*Vibrio alginolyticus* e *fluvialis*), fungos, microalgas, dentre outros (Irianto e Austin, 2002; Sahu et al., 2008), no entanto, há limitações para o entendimento do real mecanismo e ação desses microrganismos em sistemas com renovação de água, demandando estudos mais aprofundados sobre o tema.

Neste sentido objetivou-se avaliar as condições hidrobiológicas de viveiros comerciais que utilizam microrganismos biorremediadores através de análises físicas, químicas e biológicas na água de cultivo, bem como da sanidade dos animais cultivados.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido em viveiros comerciais (~ 2,0 ha), na fazenda Campo Novo Aquacultura, localizada no município de Rio Formoso, Pernambuco, Brasil (08°39'26" S e 35°07'02" W). O delineamento experimental foi constituído de duas estratégias de manejo: adição de microrganismos biorremediadores (BIO) em água e sedimento em dois viveiros e sem microrganismos biorremediadores

(SEM) em um viveiro, uma vez que no período estudado, apenas 03 viveiros estavam disponíveis para análises com datas de povoamento em intervalos de 10 dias.

Dez dias antes do povoamento dos camarões, todos os viveiros foram esvaziados, a comporta de abastecimento e drenagem foram seladas com duas telas consecutivas de 500 e 1000 µm. Após este procedimento foram aplicados calcário dolomítico (2.000 kg/ha), nitrato de sódio (125 kg/ha) e composto comercial de microrganismos biorremediadores (tratamento BIO, contagem aeróbica total de 1,0 x 10⁸ Unidades Formadoras de Colônias - UFC/mL-1 numa proporção de 80 L/ha) no solo em única aplicação (Tabela 1). Posteriormente, os viveiros foram abastecidos com água estuarina e fertilizados com nitrato de cálcio (65 kg/ha) e melaço (10 L/ha). Durante o ciclo de cultivo no tratamento BIO foi administrado composto comercial de microrganismos biorremediadores (contagem aeróbica total de 1,0 x 10⁸ Unidades Formadoras de Colônias - UFC/mL) composto de bactérias ácido-lácticas, actinomicetos, leveduras, extrato vegetal e minerais na proporção diária de 10 L/ha (Tabela 1).

Tabela 1 - Processo de ativação do composto comercial de Microorganismosbiorremediadores.

	Insumos			
	Microorganismo Biorremediadores	Melaço	Água doce	Total
Sedimento	9,7 %	9,7 %	80,6 %	100,0 %
Água	4,0 %	4,0 %	92,0 %	100,0 %

As pós larvas de *L. vannamei* foram obtidas em laboratório comercial e cultivadas em berçário (40 m³) durante 10 dias, com densidade de 20 PLs/L em salinidade média de 35 g/L. As pós larvas foram alimentadas doze vezes ao dia, com alimentação comercial contendo 32% de proteína bruta e 7,5% de lípidos, ajustadas diariamente ao consumo estimado pelos camarões, a taxa de mortalidade e alimentação

restante. Posteriormente os viveiros foram povoados com PL₂₀ a uma densidade de 30 camarões/m². Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia (às 08:00 e às 17:00h), com ração comercial (32% de proteína bruta e 7,5% de lípidos) em bandejas de alimentação (50 por ha) e ajustados diariamente de acordo com o consumo estimado de camarão, taxa de mortalidade e sobra de ração. Todos os viveiros possuíam aeradores de pá (16 hp/ha) onde ligava-se entre 21:00h e 06:00h. Durante os cultivos com duração média de 19 semanas, foram utilizadas trocas regulares de água em intervalos de cinco dias com 10% da permuta de água para cada viveiro.

Oxigênio dissolvido (Strickland e Parsons, 1972), temperatura (WTW, Alemanha), pH (330i, WTW, Alemanha), salinidade (Strickland e Parsons, 1972); demanda bioquímica de oxigênio (APHA, 1998); Clorofila- a (UNESCO, 1966) e transparencia de secchi foram monitorados a cada semana em três locais nos viveiros e canal de abastecimento.

Análises microbiológicas compreenderam a contagem total de bactérias heterotróficas, diluindo-se as amostras de água e sedimento numa proporção de 10⁻¹ a 10⁻⁷ em água peptonada alcalina. Posteriormente, alíquotas de 0,1 mL foram transferidas para placas de Petri contendo Ágar Marine, semeando-as por espalhamento com o auxílio de um bastão em formato de L, em duplicata. As placas foram invertidas e incubadas a 35º C durante 24 horas, seguindo-se o método descrito pelo FDA (1998). Após o período de incubação, as colônias foram contadas e repicadas para o Tryptone Soya Agar (TSA) suplementado com 2,0% de (NaCl). O cálculo foi obtido a partir da multiplicação do número de UFC pelo inverso da diluição correspondente da placa, sendo expresso em UFC/mL e UFC/g.

Amostras de água e de sedimento foram diluídas (10^{-1} a 10^{-7}) e alíquotas de 0,1 mL foram semeadas em placas de Petri contendo o meio Ágar Tiosulfato Citrato Sais de Bile (TCBS) por espalhamento em placa, utilizando-se bastão em L, em duplicata. Em seguida, as placas foram incubadas a 35°C por um período de 24 horas. Para o *Vibrio spp.*, colônias características que prevaleceram morfologicamente após o período de incubação foram selecionadas e repicadas para o TSA suplementado com 2,0% de NaCl. Em seguida, realizou-se o estudo do perfil bioquímico das colônias, conforme a orientação de Holt et al. (1994) e do FDA (1998). As colônias características de sacarose negativa e sacarose positiva isoladas em TSA contendo 2% de NaCl, foram submetidas aos testes de tolerância ao NaCl em 0%, 1 %, 3%, 6%, 8% e 10%, motilidade, oxidase, produção de indol, Vogues-Proskauer (VP), produção de ácido a partir de sacarose, celobiose, lactose, arabinose, manose e manitol, descarboxilação de aminoácidos (ornitina dihidrolase, arginina dihidrolase, lisina descarboxilase, urease, gelatinase) conforme descrito em Holt et al. (1994) e FDA (1998).

A saúde do camarão foi avaliada a partir de 60 dias de cultivo, através de amostragens semanais de 10 camarões por viveiros, verificando brânquias, epipodito, hepatopâncreas, ceco, intestino, antenas, urópodo e cutículas de acordo com Morales-Covarrubias (2010).

As variáveis de qualidade da água, análise bacteriana e dados de sanidade do camarão foram comparadas por ANOVA de medidas repetidas. O tratamento foi considerado como fator principal e dados de amostragem como fator de medidas repetidas, após confirmação de homocedasticidade (Cochran $P < 0,05$) e

normalidade (Shapiro-Wilk $P < 0,05$). Quando observou-se diferenças significativas, o teste de multi-comparação de Tukey foi aplicado a um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o STATISTICA Versão 6 (StatSoft South America, Brasil).

RESULTADOS

Os resultados das análises de qualidade de água para produção de camarão *L. vannamei*, bem como do canal de abastecimento (água do estuário) estão descritos na Tabela 2. Os valores de transparência da água variaram entre 0,3 e 0,5 m, enquanto o pH da água apresentaram-se alcalinos com médias de 8,40 (SEM) e 8,10 (BIO), já no canal de abastecimento foi de 7,74, com diferença significativa entre os tratamentos e o canal de abastecimento ($P < 0,05$). A temperatura média da água variou de 29,4 °C a 30,6°C nos viveiros e no canal de abastecimento a média foi de $28,5 \pm 2,00$ °C. A salinidade média dos viveiros no tratamento SEM foi 26 g/L e no BIO 31,5 g/L, porém no canal de abastecimento apresentou uma alta variação (13,9 g/L a 38 g/L), com diferença significativa entre os tratamentos e o canal de abastecimento ($P < 0,05$) (Tabela 2).

No tratamento SEM o oxigênio dissolvido (OD) oscilou bastante ao longo do cultivo, enquanto no tratamento BIO esta oscilação foi menos acentuada, com teores de OD próximos ou acima da concentração da água de captação. Entretanto não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 2). Os valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foram significativamente diferentes ($P < 0,05$) entre os tratamentos, bem como entre estes e o canal de abastecimento, registrando-se a maior média no tratamento SEM ($14,82 \pm 2,82$ mg/L),

que apresentou tendência de acréscimo entre a 6^a e 14^a semana, período em que foi registrado valor máximo de 45,75 mg/L (Tabela 2). No tratamento BIO foram verificadas pequenas variações ao longo do ciclo de cultivo, observando-se picos máximos de 40,66 mg/L também no final do ciclo devido ao acúmulo de matéria orgânica que coincide com o aumento das concentrações de clorofila a, que apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos e o canal de abastecimento, com teores médios mais elevados no tratamento SEM (81 mg/m³) e menor no canal de abastecimento que representa a água estuarina (14,2 mg/m³).

Tabela 2 - Qualidade da água do cultivo semi-intensivo de *L. vannamei* com e sem adição do composto comercial de microorganismos biorremediadores

Variáveis	Tratamentos		
	Canal de abastecimento	SEM	BIO
Transparência de Secchi (m)	1,19 ^b ± 0,62	0,59 ^a ± 0,04	0,55 ^a ± 0,02
pH	7,74 ^c ± 0,17	8,40 ^a ± 0,08	8,10 ^a ± 0,05
Temperatura (°C)	28,5 ^a ± 2,00	30,6 ^a ± 0,31	29,4 ^a ± 0,24
Salinidade (g/L)	28,6 ^a ± 5,19	26,0 ^a ± 6,38	31,5 ^a ± 1,33
OD (mL/L)	4,12 ^a ± 1,23	4,59 ^a ± 1,07	4,38 ^a ± 1,03
DBO (mL/L)	4,67 ^b ± 1,69	14,82 ^a ± 2,82	7,75 ^b ± 2,20
clorofila-a (mg/m ³)	14,2 ^c ± 8,94	81,0 ^a ± 9,48	55,0 ^a ± 6,75

Os dados correspondem à média ± desvio padrão. Os resultados foram analisados através da ANOVA de medidas repetidas e do teste de Tukey. Os valores médios na mesma linha com diferentes letras diferem significativamente ($P < 0,05$). SEM - Sem microorganismos biorremediadores; BIO - microorganismos biorremediadores; OD - Oxigênio dissolvido; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.

As concentrações médias de bactérias heterotróficas na água do estuário (canal de abastecimento) foram de $3,4 \times 10^7$ UFC/mL, no tratamento SEM de $3,3 \times 10^7$ UFC/mL e no BIO de $3,9 \times 10^6$ UFC/mL, apresentando diferenças significativas ($P < 0,05$) (Tabela 3). Já as densidades bacterianas no sedimento foram de $3,6 \times 10^7$ UFC/g no canal de abastecimento, $5,3 \times 10^7$ UFC/g no tratamento SEM e de $4,0 \times 10^7$ UFC/g

no BIO, apresentando diferenças significativas ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Densidade de bactérias heterotróficas do cultivo semi-intensivo de *L. vannamei* com e sem adição do composto comercial de microorganismos biorremediadores.

		média	min	max
Água UFC/mL	Canal de abastecimento	$3,4^a \pm 2,3 \times 10^7$	$4,5 \times 10^4$	$4,9 \times 10^9$
	SEM	$3,3^a \pm 1,6 \times 10^7$	$1,1 \times 10^5$	$1,4 \times 10^9$
	BIO	$3,9^b \pm 2,3 \times 10^6$	$5,0 \times 10^3$	$5,4 \times 10^8$
Sedimento UFC/g	Canal de abastecimento	$3,6^{ab} \pm 1,9 \times 10^7$	$4,0 \times 10^5$	$7,8 \times 10^9$
	SEM	$5,3^a \pm 2,8 \times 10^7$	$1,4 \times 10^5$	$9,6 \times 10^8$
	BIO	$4,0^b \pm 1,9 \times 10^6$	$2,3 \times 10^5$	$7,0 \times 10^8$

Os dados correspondem à média ± desvio padrão. Os resultados foram analisados através da ANOVA de medidas repetidas e do teste de Tukey. Os valores médios na mesma linha com diferentes letras diferem significativamente ($P < 0,05$). SEM - Sem microorganismos biorremediadores; BIO - microorganismos biorremediadores; OD - Oxigênio dissolvido; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.

As contagens de *Vibrios* spp. na água variaram de $3,0 \times 10^2$ UFC/g a $6,4 \times 10^6$ UFC/g, identificando-se 12 espécies com predominância para o *Vibrio alginolyticus* (19%), *V. harveyi* (9%) e *V. fischeri* (9%). Na água de captação, o *V. harveyi* foi a espécie dominante, isolado em 28% das amostras, enquanto no tratamento BIO, predominou o *Vibrio alginolyticus* (50%), entretanto, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 -Densidade (UFC/mL) de Víbrios na agua do cultivo semi-intensivo de *L. vannamei* com e sem adição do composto comercial de microorganismos biorremediadores.

	Média	min	max	Espécies
Canal de abastecimento	$2,8^a \pm 1,4 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	$4,0 \times 10^5$	<i>V. harveyi</i> ; <i>V. furnissi</i> ; <i>V. fischeri</i> <i>V. tubiashii</i> ; <i>V. vulnificus</i> <i>V. proteolyticus</i>
SEM	$2,6^a \pm 2,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^3$	<i>V. tubiashii</i> ; <i>V. vulnificus</i>
BIO	$3,4^a \pm 2,4 \times 10^4$	$1,2 \times 10^3$	$6,4 \times 10^5$	<i>V.alginolyticus</i> ; <i>V. fischeri</i> ; <i>V. cholerae</i> ; <i>V. cincinnatiensis</i> ; <i>V. vulnificus</i> ; <i>V. mediterranei</i> ; <i>V. metchnikovii</i>

Os dados correspondem à média ± desvio padrão. Os resultados foram analisados através da ANOVA de medidas repetidas e do teste de Tukey. Os valores médios na mesma linha com diferentes letras diferem significativamente ($P < 0,05$). SEM - Sem microorganismos

biorremediadores; BIO – microorganismos biorremediadores; OD - Oxigênio dissolvido; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.

As contagens de *Vibrios* spp. do sedimento variaram de $2,0 \times 10^2$ a $6,8 \times 10^6$ UFC/g, tendo sido identificadas 15 espécies, prevalecendo o *V. mediterranei* (10%) e *V. fischeri* (10%). Entre as espécies identificadas nos tratamentos, o *V. mediterranei* esteve presente em um maior número de amostras (13,3%). Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos e o canal de abastecimento (Tabela 5).

Tabela 5 – Densidade (UFC/g) de *Vibrios* no sedimento de viveiros do cultivo semi-intensivo de *L. vannamei* com e sem adição do composto comercial de microorganismos biorremediadores.

	Média	mín	max	Especies
Canal de abastecimento	$2,5^a \pm 1,15 \times 10^4$	$2,0 \times 10^2$	$2,5 \times 10^5$	<i>V. fischeri</i> ; <i>V. furnissi</i> ; <i>V. mediterranei</i> ; <i>V. vulnificus</i> ; <i>V. diabolicus</i>
SEM	$4,4^b \pm 1,42 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^3$	<i>V. mediterranei</i> ; <i>V. parahaemolyticus</i> ; <i>V. tubiashii</i> ; <i>V. vulnificus</i> ; <i>V. furnissi</i> ; <i>V. fluvialis</i>
BIO	$3,4^a \pm 2,22 \times 10^3$	$4,2 \times 10^2$	$6,8 \times 10^6$	<i>V. mediterranei</i> ; <i>V. fluvialis</i> ; <i>V. salmonicida</i> ; <i>V. alginolyticus</i> ; <i>V. cincinnatiensis</i> ; <i>V. furnissi</i> ; <i>V. vulnificus</i> ; <i>V. fischeri</i> ; <i>V. brasiliensis</i> ; <i>V. tubiashii</i> ; <i>V. splendidus</i> ; <i>V. shiloni</i>

Os dados correspondem à média ± desvio padrão. Os resultados foram analisados através da ANOVA de medidas repetidas e do teste de Tukey. Os valores médios na mesma linha com diferentes letras diferem significativamente ($P < 0,05$). SEM - Sem microorganismos biorremediadores; BIO – microorganismos biorremediadores; OD - Oxigênio dissolvido; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.

Os resultados das avaliações presuntivas indicaram um menor índice de lesões nas estruturas dos camarões cultivados no tratamento BIO (52%) (Tabela 6), enquanto que nos animais do tratamento SEM foi detectada elevada presença de necrose e/ou sujeira nas brânquias, protozoários no epipodíto, gametócitos e gregarinas no ceco e/ou intestino, estrangulamento dos túbulos do hepatopâncreas e ausência de

lipídios, com 67% dos animais avaliados apresentando lesões (Figura 1).

Tabela 6 - Análise presuntiva do camarão *L. vannamei* cultivado em semi-intensivo com e sem adição do composto comercial de microorganismos biorremediadores.

Tecidos	Tratamentos	
	SEM	BIO
Brânquias	100%	94%
Epipodito	100%	79%
Hepatopâncreas	68%	43%
Ceco	36%	23%
Intestino	17%	< 1%
Antenas	100%	62%
Urópodo	100%	62%
Cutículas	13%	0%
Média	67 ^a %	48 ^b %

Os dados correspondem à média ± desvio padrão de camarões com lesões. Os resultados foram analisados através da ANOVA de medidas repetidas e do teste de Tukey. Os valores médios na mesma linha com diferentes letras diferem significativamente ($P < 0,05$). SEM - Sem microorganismos biorremediadores; BIO – microorganismos biorremediadores; OD - Oxigênio dissolvido; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.

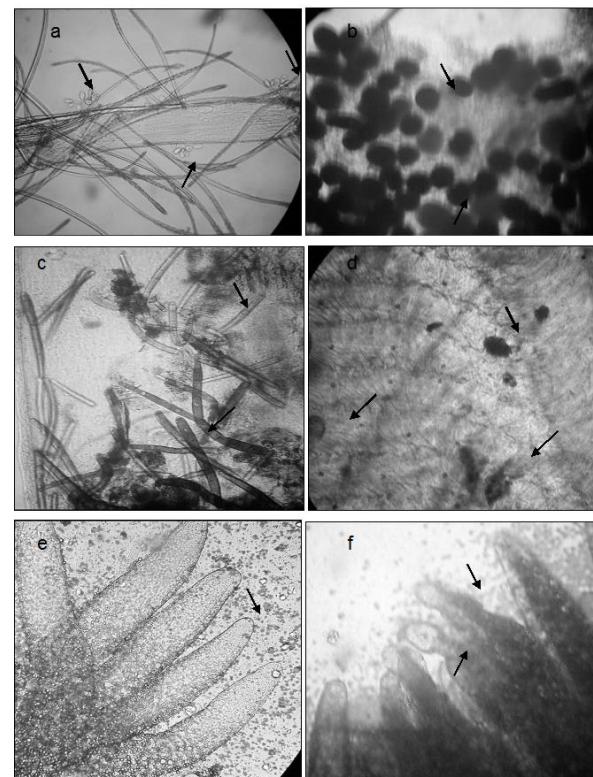


Figura 1 - Alterações observadas nos camarões: presença de protozoários no epipodito (a); gametócitos no ceco pilórico (b); gregarinas no intestino (c), necrose nas brânquias e presença de matéria orgânica nos filamentos (d), deformidade e ausência de lipídeos nos túbulos

do hepatopâncreas (e) e estrangulamento dos túbulos do hepatopâncreas (f).

DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade da água (transparências de secchi, pH, temperatura, salinidade, Demanda Bioquímica de Oxigênio e clorofila a na água de cultivo estiveram dentro do recomendado por Boyd (1998) e Van Wyk e Scarpa (1999) para cultivo de camarões marinhos. O oxigênio dissolvido (4,12 a 4,59 mg/L) encontrava-se abaixo do recomendado (5 a 9 mg/L) por Van Wyk e Scarpa (1999). Flutuações dos níveis de oxigênio dissolvido em viveiros ao longo do dia é muito comum, devido aos processos de fotossíntese e respiração. As variações não causam mortalidades dos camarões, entretanto podem estressar os animais, tornando-os suscetíveis às doenças e/ou causando retardo no crescimento, principalmente porque o oxigênio dissolvido é de suma importância para os camarões poderem extrair energia química dos nutrientes (Sá, 2012).

Registra-se que a salinidade média inferior no tratamento SEM foi ocasionada pelo maior índice de chuvas no final do cultivo de inverno. A DBO representa o consumo de oxigênio no ambiente através da oxidação da matéria orgânica pela respiração dos microrganismos decompositores, principalmente as bactérias heterotróficas aeróbias, que a convertem em compostos simples e inertes como água e gás carbônico (Von Sperling, 1996). Nos viveiros de aquicultura, a DBO indica a intensidade do processo de mineralização e o metabolismo das comunidades vivas, principalmente a biomassa fitoplanctônica, que representa o maior produtor de matéria orgânica nestes ambientes, corroborando com os valores médios significativamente mais

elevados para biomassa fitoplanctônica e DBO no tratamento SEM, apesar de encontrar-se dentro da escala de valor recomendadas para águas de aquicultura de ≤ 30,0 mg L⁻¹ (Jackson e Boyd, 2006).

Variações dos níveis de clorofila a ao longo do ciclo de cultivo estão associadas ao aporte de nutrientes no sistema através da alimentação artificial e fertilizantes, incrementando nitrogênio e fósforo no ambiente. Shariff et al. (2001), em cultivos de *Penaeus monodon* na Malásia com uso de bactérias comerciais registraram menores níveis de clorofila a, enquanto Becerra-Dórame et al. (2011) observaram aumento nos níveis de clorofila a em sistema autotrófico (predominância de algas) comparado a sistemas heterotróficos (predominância de bactérias). Provavelmente isto ocorre devido a competição entre bactérias e o fitoplâncton por nutrientes (Sahu et al., 2008).

As bactérias heterotróficas desempenham papel importante nos viveiros pois além de decompor a matéria orgânica existente no meio, podem ser manipuladas como fonte potencial de alimento para os camarões (MacGraw, 2002). Maia et al. (2013) avaliando a utilização de produtos com bactérias probióticas em viveiros comerciais de camarão marinho, não observaram diferenças significativa em relação aos viveiros sem a utilização deste produto, o que também foi observado por Devaraja et al. (2002) e Shariff et al. (2001), entretanto, Wang et al. (2005) observaram diferenças significativas entre viveiros com e sem aplicação de bactérias. Segundo Maia et al. (2016) isto provavelmente ocorre devido as diferentes espécies ou cepas de bactérias utilizadas, unidades formadoras de colônias e a forma de administração das bactérias.

As densidades bacterianas no sedimento foram mais elevadas do que

as registradas nas amostras de água, coincidindo com o aumento nos teores de clorofila a, o que indica uma relação entre o crescimento bacteriano com o aumento da matéria orgânica advinda da biomassa fitoplânctonica. Riquelme e Avendaño-Herrera (2003) registraram que a matéria orgânica oriunda do fitoplâncton morto e dos detritos é um dos fatores mais importantes no crescimento bacteriano em ecossistemas aquáticos, uma vez que estimulam a proliferação das bactérias.

Nos viveiros do tratamento BIO, tanto na água como no sedimento, as densidades de bactérias heterotróficas foram significativamente inferiores as do tratamento SEM. Maia et al. (2013) em cultivos de *L. vannamei* e Shariff et al. (2001) de *P. monodon*, registraram densidades mais elevadas no sedimento dos viveiros que utilizaram bactérias comerciais. Estes diferentes resultados podem estar associados as bactérias patogênicas existentes no meio, que podem causar inibição ou competição com as bactérias adicionadas pelo composto comercial.

Dentre as espécies de víbrios identificadas nos viveiros estudados, o *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. cholerae* e *V. vulnificus*, são considerados patogênicos para camarões marinhos (Vieira et al., 2009). Tais espécies foram reportadas por Mendes et al. (2005) como potenciais causadoras de infecções entéricas, sistêmicas ou externas nos camarões cultivados. Apesar dos viveiros do tratamento BIO apresentarem médias mais elevadas para as densidades de Vibrio ssp., não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Shariff et al. (2001) e Devajara et al. (2002) não observaram diferenças significativas nas densidades de Vibrios na água e no sedimento de viveiros controle e tratados com bactérias. De acordo com Moriarty (1997), os dois principais fatores

para controlar o crescimento das bactérias nos viveiros são a temperatura e a concentração de substratos orgânicos.

Melhores resultados das avaliações presuntivas foram verificadas nos viveiros sob uso de composto de microorganismos biorremediadores (Tabela 5, Figura 1), demonstrando o efeito benéfico da microbiota adicionada nestes ambientes pela possível competição com microrganismos patogênicos, refletindo positivamente na saúde dos animais cultivados. Métodos de análises presuntivas em campo são importantes para o monitoramento da saúde dos animais cultivados através de uma visualização macroscópica, contribuindo para adesão das boas práticas de manejo nas fazendas, uma vez que resultados como a grande presença de protozoários no intestino e/ou no ceco posterior (Figura 1) podem ser reflexo do aumento da carga orgânica nos viveiros sem uso de microorganismos biorremediadores (SEM), provocando perfurações e criando uma rota de entrada de bactérias oportunistas tipo Víbrios.

CONCLUSÕES

O uso de composto comercial de microrganismos biorremediadores utilizado neste estudo influenciou na demanda bioquímica de oxigênio e no estado de sanidade dos animais, que apresentaram um menor número de lesões. Entretanto, novos estudos demandam ser realizados para avaliar a competição com a microbiota autóctone oportunista (Víbrios).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) no âmbito da Rede Nacional de Carcinicultura (RECARCINA). Aos revisores anônimos também são

reconhecidos por suas valiosas sugestões.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO –ABCC. **Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinicultura marinha no Brasil em 2011.** 1.ed. Natal: ABCC, 2013. 82p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the estimation of water and wastewater.** 20. ed. Washington: American Public Health Association, American Works Association, 1998. 109p.
- BALCÁZAR, J. L.; BLAS, I.; RUIZ-ZARZUELA, I. et al. The role of probiotics in aquaculture. **Veterinary Microbiology**, v. 114, p. 173–186, 2006.
- BECERRA-DÓRAME, M., J.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M. et al. Evaluation of autotrophic and heterotrophic microcosm-based systems on the production response of *Litopenaeus vannamei* intensively nursed without *Artemia* and with zero water Exchange. **The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh**, v. 63, p. 620-627, 2011.
- BOYD, C. E. **Water quality for pond aquaculture.** Alabama: Auburn University, International Centre for Aquaculture and Aquatic Environment, 1998. 37p.
- COSTA, R. A.; VIEIRA, G. H. F.; VIEIRA, R. H. S. F. et al. *Vibrio* em amostras de água de viveiros de cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, no Ceará-Brasil. **Atlântica**, v. 31, n. 2, p. 177-182, 2009.
- DEVARAJA, T. N.; YUSOFF, F. M.; SHARIFF, M. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products. **Aquaculture**, v. 206, p. 245-256, 2002.
- FARZANFAR, A. The use of probiotics in shrimp aquaculture. **FEMS Immunology & Medical Microbiology**, v. 48, p. 149-158, 2006.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Bacteriological analytical manual.** 8. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1998.
- GUERRELHAS, A. C. B.; TEIXEIRA, A. P. Panorama da situação da mancha branca no Nordeste. **Panorama da Aquicultura**, v. 22, n. 129, p. 38 – 41, 2012.
- HOLT J. G.; KRIEG N. R.; SNEATH, P. H. A. et al. **Bergey's manual of determinative bacteriology.** 9 ed. Baltimore: William e Wilkins, 1994, 1300 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2015.** 43. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. 49p.
- IRIANTO, A.; AUSTIN, B. Probiotics in aquaculture. **Jornal of Fish Diseases**, v. 25, p. 633 – 642, 2002.
- JACKSON, C.; BOYD, C. E. Effluent Water Quality. In BOYD, C. E.; JORY, D. E.; CHAMBERLAIN, G. W. **Operating Procedures for Shrimp Farming**, 1. ed. St. Louis, Missouri: Global Aquaculture Alliance, 2006, cap.12, p. 106-112.
- LI, J.; TAN, B.; MAI, K. et al. Immune responses and resistance against

- Vibrio parahaemolyticus** induced by probiotic bacterium **Arthrobacter XE-7** in pacific white shrimp, **Litopenaeus vannamei**. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 4, p. 477–489, 2008.
- MACGRAW, W. J. Utilization of heterotrophic and autotrophic bacteria in aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, v. 6, p. 82-83, 2002.
- MAIA, E. P.; MODESTO, G. A.; BRITO, L. O. et al. Effect of a commercial probiotic on bacterial and phytoplankton concentration in intensive shrimp farming (*Litopenaeus vannamei*) recirculation systems. **Latin American Journal Aquatic Research**, v. 41, p. 126-137, 2013.
- MAIA, E. P.; MODESTO, G. A.; BRITO, L. O. et al. Intensive culture system of *Litopenaeus vannamei* in commercial ponds with zero water exchange and addition of molasses and probiotics. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 51, n. 1, p. 61- 67, 2016.
- MENDES, E. S.; LIRA, S. F.; GÓES, L. M. N. B. et al. *Vibrio* spp. isolados de camarão e água de cultivo de fazenda marinha em Pernambuco. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1191- 1199, 2009.
- MENDES, E. S.; MENDES, P. P.; GÓES, L. M. N. B. et al. Os víbrios na Carcinicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 15, n. 91, p. 26-29, 2005.
- MORALES-COVARRUBIAS, M. S. **Enfermedades del camarón: detección mediante análisis en fresco e histopatología**, México: Trilhas, 2010, 23p.
- MORIARTY, D. J W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 151, p. 333-349, 1997.
- PERAZA-GÓMEZ, V.; LUNA-GONZÁLEZ, A.; CAMPA-CÓRDOVA, A. I. et al. Dietary microorganism and plant effects on the survival and immune response of *Litopenaeus vannamei* challenged with the white spot syndrome virus'. **Aquaculture Research**, v. 42, n. 4, p. 559- 570, 2011.
- RIBEIRO, P. A. P.; COSTA, L. S.; LOGATO, P. V. R. Probióticos na aquicultura. **Revista Nutritime**, v. 6, n. 1, p. 837- 846, 2008.
- RIQUELME, C.; AVENDAÑO-HERRERA, R. Interacción bacteria-microalga en el ambiente marino y su potencial uso en acuicultura. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 76, p. 725-736, 2003.
- SÁ, M. V. C. **Limnicultura - Limnología para Aquicultura**. 1 ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012, 218p.
- SAHU, M. K.; SWARNAKUMAR, N. S.; SIVAKUMAR, K. et al. Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives. **Indian Journal of Microbiology**, v. 48, p. 299-308, 2008.
- SHA, Y.; WANG, L.; LIUA, M. et al. Effects of lactic acid bacteria and the corresponding supernatant on the survival, growth performance, immune response and disease resistance of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 452, p. 28–36, 2016.
- SHARIFF, M.; YUSOFF, F. M.; DEVARAJA, T. N. e al. The effectiveness of a commercial microbial product in poorly prepared tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius), ponds. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 181-187, 2011.
- SHEN, W. Y.; FU, L. L.; LI, W. et al. Effect of dietary supplementation with *Bacillus subtilis* on the growth, performance, immune response and antioxidant activities of the shrimp

- (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Research**, v. 41, p. 1691-1698, 2010.
- STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 311p
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO. **Determination of photosynthetic pigments in sea Waters**. 2.ed. Paris: UNESCO, 1966, França. 69p.
- VALDES C. E. M.; MACÍAS, E. B.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. A. et al. Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. **Revista de Biología Tropical**, v. 61, n. 3, p. 1215-1228, 2013.
- VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water quality and management. In VAN WYK, P.; DAVIS-HODGKINS, M.; LARAMORE, R. et al. **Farming marine Shrimp in recirculating freshwater systems**, 1.ed. Florida: Department of Agriculture and Consumer Services-Harbor Branch Oceanic Institute, 1999, cap.8, p. 141 - 162.
- VIEIRA, R. H. S. F.; ROCHA, R. S.; CARVALHO, E. M. R. et al. *Vibrio* na água e sedimento de viveiros de quatro fazendas de carcinicultura no estado do Ceará, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 47, n. 6, p. 454-460, 2010.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental- Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 246 p.
- YU, M. C.; LI, Z. J. LIN, H. Z. et al. Effects of dietary medicinal herbs and *Bacillus* on survival, growth, body composition, and digestive enzyme activity of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 17, p. 377–384, 2009.
- WANG, Y. B.; XU, Z. R.; XIA, M. S. The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Penaeus vannamei* ponds. **Fish Science**, v. 71, p. 1036-1041, 2005.