

***Vibrio* spp. COMO PATÓGENOS NA CARCINICULTURA: ALTERNATIVAS DE CONTROLE**

Vibrio spp. as pathogens in shrimp farming: Control alternatives

**Rosa Helena Rebouças¹, Francisca Gleire Rodrigues de Menezes²,
Regine Helena Silva dos Fernandes Vieira³, Oscarina Viana de Sousa⁴**

¹ Professora Assistente, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais (Doutorado) UFC, E-mail: rosareboucas@gmail.com

² Engenheira de Pesca – D.Sc. em Ciências Marinhas Tropicais, Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado, Labomar/UFC

³ Professora Titular, Departamento de Engenharia de Pesca e Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado, Labomar/UFC

⁴ Professora Adjunto, Curso de Ciências Ambientais e Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado, Labomar/UFC

RESUMO

A carcinicultura é uma atividade importante da agroindústria em várias partes do mundo e que sofre perdas significativas devido à ocorrência de doenças. Dentre os agentes patogênicos, as bactérias do gênero *Vibrio* têm destaque pelos elevados índices de mortalidade registrados. O emprego de antibióticos é a opção mais frequente no combate a essas enfermidades, entretanto seu uso não criterioso aumenta a pressão seletiva sobre estirpes bacterianas resistentes no ambiente aquático, o que resulta em risco ambiental e para a saúde de animais e humanos. Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas no combate de doenças nos ambientes de cultivo de organismos aquáticos prevenindo assim, perdas econômicas. Esforços vêm sendo aplicados para a compreensão dos processos infecciosos e rotas de invasão das estirpes de *Vibrio* em camarões cultivados a fim de estabelecer melhores técnicas de combate aos patógenos. Procedimentos de biossegurança nos cultivos devem ser desenvolvidos integrando conceitos de saúde, nutrição, genética e qualidade ambiental para um efetivo controle e combate de enfermidades. Este trabalho de revisão tem como objetivo traçar um perfil sobre esse novo panorama que se desenha na atividade da carcinicultura e as alternativas no combate às vibrioses.

Palavras-chave: biossegurança, carcinicultura, vibriose, patógeno.

ABSTRACT

Shrimp farming, an important agribusiness activity worldwide, experiences significant losses due to diseases. Among the pathogenic agents, bacteria of the Vibrio genus are prominent for the high mortality rate registered in infections. Antibiotics are the most frequent option in to fight such

Recebido: 26 jan 2016

Aceito: 4 mar 2017

Publicado online: 31 mai 2017

diseases, however, their careless use increase the selective pressure on resistant bacterial strains in aquatic environment, which results in risks for the environment and for the health of animal and man. As a measure to prevent economic losses, new technologies are being developed in order to fight the emergence of diseases in the environments where aquatic organisms are farmed. Efforts have been directed towards the understanding of infection processes and invasion routes of vibrio strains in farmed shrimp, as to develop better control techniques against pathogens. Biosafety procedures in farms must integrate concepts of health, nutrition, genetics and environmental quality for an effective control of diseases. In this review, we aim to delineate a profile of the shrimp farming scenery and vibriosis control.

Keywords: Biosafety, shrimp farming, vibriosis, pathogen.

INTRODUÇÃO

A indústria da carcinicultura no Brasil teve início na década de 1970 experimentando um desenvolvimento intenso, alcançando um patamar de indústria de exportação na década de 1990 (Queiroz *et al.*, 2013). Mundialmente, a produção de camarão representa um dos maiores *commodities* em termos de valor total dos produtos pesqueiros comercializados, sendo produzido principalmente pelos países em desenvolvimento (FAO, 2014).

Segundo dados da FAO (2015), a produção brasileira de camarão (*Litopenaeus vannamei*) alcançou valores máximos no ano de 2003 com uma produção que atingiu 90 mil toneladas, seguido por um declínio nos anos seguintes devido à ação *antidumping* imposta pelos Estados Unidos (FAO, 2015; ROCHA, 2015). Apesar de seu potencial econômico, a indústria aquícola vem sendo continuamente ameaçada pelo surgimento de doenças, resultando em produções ineficientes com consequente redução nos lucros (Moss *et al.*, 2012; Soto-Rodriguez *et al.*, 2012).

A intensificação da carcinicultura e a transferência de organismos aquáticos entre países do mundo foram acompanhadas por um aumento da incidência de patógenos infecciosos que afetam a sobrevivência e crescimento dos animais (Saulnier, *et al.*, 2000; Aguirre-Guzmán *et al.*, 2001).

A partir da década de 1990 diversos trabalhos científicos registraram e confirmaram a presença de bactérias do gênero *Vibrio* em casos de mortalidade em cultivos de camarão (Karunasagar *et al.*, 1994; Alapide-Tendência & Dureza, 1997; Lavilla-Pitogo *et al.*, 1998; Goarant & Merien, 2006; Jayasree *et al.*, 2006; Sakai *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2014; Soto-Rodriguez *et al.*, 2014).

As vibrioses que acometem os cultivos de camarão marinho *L. vannamei* se tornaram um problema econômico de proporção global, fazendo com que o controle e prevenção de doenças sejam o alvo principal de estudos recentes (Bowler, *et al.*, 2015; Li, *et al.*, 2015; Cao *et al.*, 2015). Entre as enfermidades que atingem a carcinicultura, as de origem bacteriana e viral são as que mais afetam os animais cultivados. Dentre as infecções de origem bacteriana, destacam-se as vibrioses ocasionadas por bactérias patogênicas e oportunistas encontradas na água e no sedimento, podendo também fazer parte da microbiota intestinal de camarões sadios (Dourado, 2009).

A prevenção ou redução da mortalidade larval em massa causada por vibrioses ainda é um problema chave para a indústria do camarão. Na maioria dos casos, os antibióticos e antimicrobianos químicos são utilizados rotineiramente para prevenir ou tratar

a vibriose em camarões, embora tragam efeitos secundários negativos (Wen *et al.*, 2014; Flores-Miranda *et al.*, 2011; Wongtavatchai *et al.*, 2010).

Essa revisão apresenta um levantamento de informações sobre rotas de infecção em camarões cultivados, principais espécies de *Vibrio* relacionadas e estratégias de combate a esses patógenos incluindo alternativas ao uso de substâncias antimicrobianas.

Rota de infecção de *Vibrio* em camarão

As doenças causadas por bactérias do gênero *Vibrio* em camarões são classificadas como infecções secundárias e oportunistas, ocorrendo em todos os estágios de vida do animal (larval, pós-larval, juvenil e adulta). O processo de infecção causada por *Vibrio* spp. em camarão pode ser cuticular, entérico (intestinal) e sistêmico (envolvendo vários órgãos). Quando localizada, apresenta lesões melanizadas na carapaça e/ou abscessos pontuais no hepatopâncreas (Nunes & Martins, 2002). Os locais comumente afetados pelos víbrios incluem o órgão linfóide, hepatopâncreas, coração, glândula antenal, tecido conectivo dermal, músculo esquelético e cordão nervoso. Em pós-larvas de camarão, *V. harveyi* provoca destruição em massa do sistema digestivo, especialmente no hepatopâncreas e intestino anterior (Soonthornchai *et al.*, 2010). Opacidade do corpo, necrose e letargia foram sintomas observados em larvas e pós-larvas de *L. vannamei* infectadas por *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, e *V. penaeicida* (Aguirre-Guzmán *et al.*, 2001).

Burgents *et al.* (2005) experimentaram um processo de infecção por *V. campbelli* em pós-larvas de camarão *L. vannamei* observando invasão deste patógeno em guelras, hepatopâncreas, órgão linfóide, coração e hemolinfa.

Os resultados obtidos em estudos sobre as rotas de infecção bacteriana por *Vibrio* spp. em camarões são influenciados pelas estirpes bacterianas empregadas, dose infectante e pelos protocolos utilizados (Saulnier *et al.*, 2000; Burgents *et al.*, 2005; Aguirre-Guzmán *et al.*, 2010; Vinoj *et al.*, 2014; Xia *et al.*, 2015) (Quadro 1).

Quadro 1 - Investigações realizadas sobre as rotas de invasão de estirpes de *Vibrio* em camarão.

Estirpe bacteriana	Crustáceo	Protocolo de infecção	Locais de infecção	Referência
<i>V. anguillarum</i>	<i>P. monodon</i>	Injeção	Hemolinfa, órgão linfóide	Van de Braak <i>et al.</i> , 2002
<i>V. campbelli</i>	<i>L. vannamei</i>	Injeção (10 ⁴ UFC/mL)	Hemolinfa, órgão linfóide, coração, guelras, hepatopâncreas	Burgents <i>et al.</i> , 2005
<i>V. campbelli</i>	<i>L. vannamei</i>	Injeção (10 ⁴ UFC/mL)	Coração, órgão linfóide, hepatopâncreas, músculo, guelras	Burge <i>et al.</i> , 2007
<i>V. anguillarum</i>	<i>F. chinensis</i>	Injeção (10 ⁷ UFC/mL)	Órgão linfóide	Yang <i>et al.</i> , 2008
<i>V. alginolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	Injeção (10 ⁵ UFC/mL)	Hemolinfa	Li <i>et al.</i> , 2008
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	Imersão (10 ⁶ UFC/mL)	Guelras, hepatopâncreas	Aguirre-Guzman <i>et al.</i> , 2010
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>F. indicus</i>	Imersão (10 ³ a 10 ⁸ UFC/mL)	Músculo, guelras, intestino, hemolinfa	Vinoj <i>et al.</i> , 2014
<i>V. furnissi</i>	<i>P. monodon</i>	Injeção (10 ⁵ UFC/mL)	Hemolinfa	Subramanian <i>et al.</i> , 2014
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	Imersão (10 ⁶ UFC/mL)	Órgãos e tecidos	Peña-Navarro & Mejías, 2015
<i>V. harveyi</i>	<i>Black Tiger Shrimp</i>	Imersão (10 ⁶ UFC/mL)	Intestino	Rungrasamee <i>et al.</i> , 2016

Aguirre-Guzmán *et al.* (2010) e Vinoj *et al.* (2014) testaram as possíveis rotas de infecção de *V. parahaemolyticus* em espécies distintas de camarão, *L. vannamei* e *Fenneropenaeus indicus*, respectivamente. Ambos os grupos de pesquisa utilizaram o protocolo de imersão para infecção dos animais e encontraram respostas diferentes no que se refere ao processo infeccioso e resposta imunológica.

No trabalho apresentado por Aguirre-Guzmán *et al.* (2010) foi detectada a presença de *V. parahaemolyticus* após 30 min de infecção seguida de um decréscimo até o desaparecimento, sugerindo que existe algum mecanismo que inibiu o processo infeccioso até a eliminação da bactéria. O mesmo comportamento não foi notado por Vinoj *et al.* (2014) em camarões *F. indicus* imersos em água contendo inóculo *V. parahaemolyticus*, onde as contagens do patógeno e dos tecidos infectados foram crescentes.

A resposta imunológica do camarão frente à patologia ocasionada por vibrios pode também variar de acordo com o estágio de vida do animal. Em estudo realizado por Soonthornchai *et al.* (2010), ao infectar com *V. harveyi* por imersão pós-larvas e juvenis de *Penaeus monodon*, observaram a mortalidade das pós-larvas em dois dias de experimento em comparação com a sobrevivência dos juvenis expostos a altas cargas da bactéria.

Estudos sobre as rotas de infecção podem se beneficiar pelo emprego de novas tecnologias e protocolos, incluindo bactérias marcadas geneticamente com proteína verde fluorescente, microscopia eletrônica de transmissão, hibridização *in situ*, dentre outras (Aguirre-Guzmán *et al.*, 2010).

Espécies de *Vibrio* patogênicas para camarão

Pertencem ao gênero *Vibrio* bactérias Gram-negativas muitas vezes curvas, facultativamente anaeróbias, não formadoras de esporos e móveis por meio de um flagelo polar. O crescimento da maioria é estimulada pela presença de cloreto de sódio (Desmachelier, 1999). São habitantes naturais dos ecossistemas marinho e estuarino, onde geralmente se localizam as fazendas de cultivo de camarão (Gopal *et al.*, 2005; Austin, 2010).

Embora as populações patogênicas dentro de uma determinada comunidade microbiana tendam a mudar em resposta ao estresse ambiental, em um ambiente natural, muitas vezes é difícil definir precisamente o estresse, especialmente porque a definição de uma condição estressante vai variar de organismo para organismo (Sung *et al.*, 2001). A abundância natural dos vibrios em ecossistemas de cultivo de camarão, somada às taxas de multiplicação e capacidade de se adaptar às mudanças ambientais aumentam a preocupação com o surgimento das vibrioses (Saulnier *et al.*, 2000). Para o entendimento dos processos patogênicos se faz necessária uma descrição das bactérias patogênicas presentes nos viveiros de camarão (Walling *et al.*, 2010).

Diversas técnicas podem ser utilizadas para a pesquisa e monitoramento dos vibrios tanto em animais quanto no ambiente de cultivo. Dentre estas, as análises microbiológicas do camarão e das matrizes ambientais, com o uso do meio cultura específico *Tiosulfato Citrato Bile Sacarose* (TCBS) é bem difundida para selecionar e isolar estirpes de *Vibrio*, seguindo-se da identificação fenotípica e/ou genotípica. Além disso, é importante determinar os potenciais de virulência dessas bactérias, que podem incluir desde produção de enzimas a carreamento de genes específicos (Soto-Rodríguez *et al.*, 2014, Torkey *et al.*, 2016; Vieira *et al.*, 2016).

Pesquisas realizadas reconhecem as espécies *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus* e *V. nigripulchritudo* como os patógenos oportunistas causadores de mortalidades em larga escala em cultivos de camarão (Quadro 2).

Quadro 2 - Estirpes de *Vibrio* relacionadas com doenças em cultivos de camarão.

Bactéria	Hospedeiro	Doença	Local de infecção	País	Referência
<i>V. harveyi</i>	<i>P. monodon</i>	Vibriose	Pós-larvas	-	Karunasagar <i>et al.</i> , 1994
<i>Vibrio</i> spp	<i>P. monodon</i>	Doença do pé vermelho	Hepatopâncreas; órgão linfóide; hemolinfa	Filipinas	Alapide-Tendência & Dureza, 1997
<i>Vibrio</i> luminescente	<i>P. monodon</i>	Vibriose luminescente	Hepatopâncreas	Filipinas	Lavilla-Pitogo <i>et al.</i> , 1998
<i>Vibrio</i> spp.	<i>P. stylirostris</i>	Síndrome 93	Hemolinfa	Nova Caledônia	Costa <i>et al.</i> , 1998
<i>V. vulnificus</i>	<i>P. monodon</i>	-	Hemolinfa, tecido conjuntivo	-	Alday-Sanz <i>et al.</i> , 2002
<i>V. alginolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	Vibriose	Músculo	Taiwan	Liu <i>et al.</i> , 2004
<i>V. campbelli</i>	<i>L. vannamei</i>	-	Órgão linfóide; coração; hemolinfa; guelras; hepatopâncreas	-	Burgents <i>et al.</i> , 2005
<i>V. penaeicida</i>	<i>L. stylirostris</i>	Síndrome 93	Hemolinfa	Nova Caledônia	Goarant & Merien, 2006
<i>V. nigripulchritudo</i>	<i>L. stylirostris</i>	Síndrome do verão	Hemolinfa	Nova Caledônia	Goarant <i>et al.</i> , 2006
<i>Vibrio</i> spp.	<i>P. monodon</i>	Necrose de cauda; doença intestinal branca; LSS; doença do pé vermelho	Hemolinfa	Índia	Jayasree <i>et al.</i> , 2006
<i>V. nigripulchritudo</i>	<i>P. japonicus</i>	Síndrome do verão	Coração, cérebro, guelras, estômago, hepatopâncreas, órgão linfóide, glândula antenal, músculo	Japão	Sakai <i>et al.</i> , 2007
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	-	Guelras; hepatopâncreas	-	Aguirre-Guzmán <i>et al.</i> , 2010
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	AHPND	Hemolinfa	Índia	Kumar <i>et al.</i> , 2014
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	Vibriose	Camarão	Tailândia	Yingkajorn <i>et al.</i> , 2014
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>F. indicus</i>	-	Guelras, músculo, intestino; hemolinfa	-	Vinoj <i>et al.</i> , 2014
<i>V. parahaemolyticus</i> e <i>V. rotiferianus</i>	<i>F. chinensis</i>	Vibriose	Hemolinfa	China	Zhang <i>et al.</i> , 2014
<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>L. vannamei</i>	AHPND	Hemolinfa	México	Soto-Rodriguez <i>et al.</i> , 2014

Vibrio alginolyticus

O nome *V. alginolyticus* foi proposto no ano de 1968 por Sakasaki (1968) ao reclassificar o biótipo 2 da espécie *V. parahaemolyticus*. É uma espécie já confirmada como um importante patógeno para animais aquáticos, reconhecida como um agente causador de vibrioses em carcinicultura, podendo devastar a produção de fazendas de camarão. No entanto, seus mecanismos de patogenidades não estão totalmente elucidados (Wey & Wendy, 2012; Ren *et al.*, 2013).

Segundo Liu *et al.* (2014), o entendimento dos mecanismos de infecção de *V. alginolyticus* patogênico deve orientar a prevenção e terapia eficazes no tratamento da doença causada por essa bactéria. Estratégias vêm sendo adotadas nos cultivos com objetivo de melhorar a resposta imunológica dos crustáceos, como o controle das concentrações de salinidade em 35 ppm (Li *et al.*, 2010) e adição de ácido cítrico na alimentação (Su *et al.*, 2014).

Vibrio cholerae

Esta bactéria é reconhecida como patógeno humano, sua relação com a carcinicultura se dá pelos cuidados que devem ser tomados para prevenir a transmissão de vibrio para o

consumidor (Muratori *et al.*, 2014). No entanto, Haldar *et al.* (2007) detectaram uma estirpe de *V. cholerae* não O1/não O139 como agente etiológico patogênico para pós-larvas e juvenis de *P. monodon*.

O primeiro relato de estirpes de *V. cholerae* O139 relacionadas com um evento de mortalidade em massa de cultivo de pós-larvas de *P. monodon* na Índia foi feito por Joseph *et al.* (2015). Os mesmos autores realizaram experimentos expondo larvas de *P. monodon*, *F. indicus* e *L. vannamei* a *V. cholerae* comprovando o potencial dessa estirpe em provocar mortalidade em camarões.

Vibrio harveyi

V. harveyi é uma bactéria comum em ambientes marinhos e pode compor a microbiota natural da pele e intestino de animais marinhos (Cheng *et al.*, 2010). De acordo com Chen *et al.* (2015b) é uma das ameaças mais comuns e graves para a indústria do camarão. Esta bactéria é reconhecida como um sério patógeno para organismos aquáticos de importância para aquicultura mundial (Soto-Rodriguez *et al.*, 2012; Vanmaele *et al.*, 2015).

Karunasagar *et al.* (1994) relataram uma mortalidade em massa (70 a 90%) em cultivo de larvas de camarão *P. monodon* provocada por *V. harveyi*.

Defoirdt & Sorgeloos (2012) afirmaram que a característica de bioluminescência de *V. harveyi* está relacionada com os mecanismos de *quorum-sensing* (QS). Além disso, o sistema QS controla a produção de certos fatores de virulência tais como a caseinase e gelatinase, enquanto, a fosfolipase, lipase e hemolisina demonstram independência desse sistema (Natrah *et al.*, 2011).

Vibrio parahaemolyticus

V. parahaemolyticus é um habitante natural de ambientes estuarinos e costeiros moderadamente halofílico capaz de crescer em concentrações de NaCl de até 8% (Yang *et al.*, 2010). Tem sido descrito como patógeno para camarões peneídeos em várias partes do mundo (Zhang *et al.*, 2014).

A patogenicidade do *V. parahaemolyticus* para *L. vannamei* foi confirmada por Kumar *et al.* (2014) que isolaram esta estirpe patogênica de camarões doentes de cultivo na Índia no ano de 2013. Acredita-se que essa bactéria vem sendo responsável por severas perdas de produção. O surgimento da doença pode ter seu gatilho nas alterações ambientais desfavoráveis que provocam estresse no animal, com consequente redução da resposta imunológica frente a patógenos virais e bacterianos.

O *V. parahaemolyticus* tem sido relacionado como sendo o fator da doença da necrose hepatopancreática aguda (*Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease*, AHPND) também conhecida como a síndrome da mortalidade precoce (*Early Mortality Syndrome*, EMS) que surgiu emergencialmente em 2009 na Ásia (Nunan, *et al.*, 2014; Soto-Rodriguez *et al.*, 2014).

Vibrio nigripulchritudo

Vibrio nigripulchritudo é considerado um dos principais patógenos que ameaçam a carcinicultura (Fall *et al.*, 2011). No final do ano de 1997 uma fazenda de camarão localizada em Nova Caledônia, Oceania, foi afetada por uma nova doença causada pelo *V. nigripulchritudo* denominada como Síndrome do Verão (Goarant *et al.*, 2006). Esta bactéria é um patógeno emergente de camarões cultivados da espécie *L. stylirostris* em Nova Caledônia e outras regiões do Indo-Pacífico (Le Roux *et al.*, 2011), onde foram encontrados entre os isoladas cepas saprófitas e patogênicas (Walling *et al.*, 2010).

Estudos realizados por Reynaud *et al.* (2008) com o objetivo de identificar e caracterizar marcadores genéticos para *V. nigripulchritudo* encontraram fragmentos específicos que podem ser utilizados para marcar a virulência, dentre estes, 10 indicadores são transportados por um replicon de 11,2 kpb que contém sequências altamente semelhantes aos de um plasmídeo detectado em *V. shilonii*, um agente patogênico de coral. A detecção deste plasmídeo foi correlacionada com o mais alto *status* de patogenicidade dos isolados.

Vibrio vulnificus

De acordo com Karunasagar (2014), *V. vulnificus* é um importante patógeno de organismos aquáticos causando septicemia primária, muitas vezes fatal em indivíduos suscetíveis. Longyant *et al.* (2008) analisando a presença de víbrios por imunistoquímica em *L. vannamei* determinaram que *V. vulnificus* foi a principal causa de infecção no hepatopâncreas desse crustáceo.

A bactéria produz vários fatores de virulência incluindo polissacarídeos capsulares (CPS) e extracelulares, hemolisina, dentre outros, que atuam primariamente para auxiliar na sua sobrevivência às adversidades ambientais e podem ter ação patogênica (Jones & Oliver, 2009).

Ha *et al.* (2014) sugerem que os genes de virulência em *V. vulnificus* podem ser ativados pelo sistema de regulação de densidade QS e que o sistema imune dos diferentes invertebrados pode responder de diversas maneiras ao agentes patogênicos.

Estratégias para o combate das vibríoses

Produtos químicos naturais ou sintéticos tais como os antimicrobianos, desinfetantes, parasiticidas, probióticos e outros aditivos são utilizados na alimentação de animais aquáticos para tratar e prevenir doenças microbianas e parasitárias, bem como, para melhorar a qualidade da água e ou como promotores de crescimento (Rico *et al.*, 2013).

O tratamento mais comum usado para camarões suspeitos de estarem infectados com *Vibrio* spp. se baseia, principalmente, no uso de antibióticos (Flores-Miranda *et al.*, 2011; Wongtavatchai *et al.*, 2010; Wen *et al.*, 2014).

O uso de antimicrobianos em fazendas de carcinicultura foi confirmado por pesquisas realizadas por Roque *et al.* (2001) e Holmström *et al.* (2003), que verificaram o uso de antimicrobianos pertencentes aos grupos dos anfenicóis, tetraciclina, quinolonas e sulfonamidas em fazendas que cultivam camarões no México e Tailândia, respectivamente. Mais recentemente, Chen *et al.* (2015a) detectaram o uso dos antimicrobianos oxitetraciclina, tetraciclina e ciprofloxacina em tanques de larvicultura de camarão, na Ilha Hailing, sul da China.

A aplicação de antibióticos nos viveiros de cultivo não é apenas cara, mas também prejudicial, agindo, por exemplo, na seleção de bactérias que são resistentes às drogas ou estirpes mais virulentas e levando resíduos dessas drogas aos animais de cultivo prontos para consumo (Decamp & Moriarty, 2005).

Segundo Adams & Boopathy (2013) a resistência bacteriana aos antimicrobianos influencia diretamente a escolha de drogas que humanos e animais podem usar, bem como seus resíduos em animais destinados ao consumo podem trazer riscos à saúde dos seres vivos.

Há um esforço entre pesquisadores para determinar um método eficaz de biocontrole para prevenção de doenças nos cultivos de camarão e reduzir os riscos da resistência a antibióticos, tais como a utilização de vacinas contendo células mortas de *Vibrio* ou pro-

teases (Wongtavatchai *et al.*, 2010; Cheng *et al.*, 2010) e o emprego de microrganismos que possam competir com a população de *Vibrio* no ambiente de cultivo (Wen *et al.*, 2014; Lomelí-Ortega & Martínez-Díaz, 2014; Mateus *et al.*, 2014).

O emprego de probióticos tem atraído bastante atenção na aquicultura como estratégia alternativa para o uso de antibióticos apesar de necessitar de estudos complementares que comprovem sua eficácia (Ninawe & Selvin 2009). Uma definição mais atual sobre o termo probiótico foi proposto por Verschuere *et al.* (2000) como sendo microrganismos que atuam benéficamente modificando a microbiota associada ao hospedeiro ou ambiente otimizando os processos de digestão, melhorando a resposta imunológica a patógenos e até mesmo a qualidade ambiental. Os probióticos têm potencial considerável como uma alternativa aos antibióticos, promotores de crescimento, devido às suas características benéficas que incluem a capacidade antagônica contra agentes patogênicos, impedir sua proliferação no trato intestinal e estimular o sistema imune (Kosin & Rakshit, 2010; Verschuere *et al.*, 2000).

A melhoria da imunidade e resistência a doenças em crustáceos é uma das medidas fundamentais para prevenir e controlar doenças em animais aquáticos (Xu *et al.*, 2013). Lakshmi *et al.* (2013) afirmam que o emprego de probióticos é a melhor alternativa para o uso de antimicrobianos que provocam a resistência a doenças em fazendas de camarão, agindo como estimuladores imunes naturais. Apesar dos benefícios apresentados pelos probióticos, mais estudos devem ser realizados para avaliar a complexa relação entre densidade de estocagem e quantidade de probiótico aplicado, de forma a garantir o equilíbrio do sistema e regular a sustentabilidade econômica do cultivo de camarão (Patil *et al.*, 2016).

As bactérias utilizadas com sucesso como probióticos pertencem aos gêneros *Bacillus* e *Vibrio* e à espécie *Thalassobacter utilis*. A maioria das estirpes probióticas é isolada de ambiente de cultivo e do intestino de camarões peneídeos (Ninawe & Selvin, 2009; Franco *et al.*, 2017). A aplicação de consórcio microbiano é uma alternativa para maximizar o efeito probiótico. Espécies bacterianas pertencentes aos filos Proteobacteria e Firmicutes são utilizadas para o preparo do *mix* microbiano (Vargas-Albores *et al.*, 2016). Estudos para avaliação dos efeitos probióticos de consórcios bacterianos sobre a melhora da manutenção do ambiente de cultivo, prevenção de doenças e como estimulante do crescimento dos camarões vêm sendo realizados, principalmente na atuação contra o agente etiológico da AHPND provocada pelos *V. parahaemolyticus* e *V. campbelli* (Vieira *et al.*, 2016; Chumpol *et al.*, 2017; Dong *et al.*, 2017; Franco *et al.*, 2017; Han, 2017).

A biorremediação é uma opção para o desenvolvimento da aquicultura sustentável, uma vez que a utilização dos antibióticos e outros produtos químicos deve ser limitada para manter a qualidade da água e das condições ambientais em viveiros de cultivo de camarão (Jha, 2011). Desta forma, o desenvolvimento de probióticos para a substituição de antibióticos é um dos fatores-chave para a gestão na aquicultura sustentável (Nimrat *et al.*, 2011).

Alternativa para combate das vibrioses que tem se mostrado eficaz nos estudos realizados é a utilização de extratos de macro e microalgas marinhas. As macroalgas *Undaria pinnatifida*, *Sargassum filipendula*, *Gracilaria birdiae* e *G. lemaneiformis* apresentaram potencial para atuar na inibição de *Vibrio* spp. e melhorar a resposta imune dos camarões. Enquanto as microalgas *Platymonas helgolandica*, *Chorella vulgaris*, *Chaetoceros mulleri* demonstraram eficiência na manutenção da qualidade da água do sistema de cultivo e no desempenho zootécnico do camarão (Brito *et al.*, 2016; Ge *et al.*, 2016; Yu *et al.*, 2016; Schleder *et al.*, 2017).

Biossegurança em carcinicultura

O notável crescimento da carcinicultura sustentável foi realizado em parte através do desenvolvimento bem sucedido dos estoques de camarão cultivados, muitos dos quais livres de doenças específicas, bem como o desenvolvimento da infra-estrutura necessária, em termos de biossegurança, métodos diagnósticos e de pessoal treinado, para prevenir com sucesso a doença ou para controlar surtos de doenças quando elas ocorrem (Lightner & Redman, 2012).

Como alternativa para atenuar as perdas nos cultivos de camarão incluem-se o uso de Espécies Livre de Patógeno (SPF), seleção de camarões e a utilização de práticas de biossegurança no manejo nas fazendas (Moss *et al.*, 2012). Estratégias eficazes de biossegurança fornecem proteção para as populações de animais cultivados e selvagens, reduzindo os riscos da introdução de patógenos e minimizando as consequências em virtude da existência do patógeno (Oidtmann *et al.*, 2011).

Devido a ineficiência do uso de antibióticos no combate às vibrioses na carcinicultura, a manutenção e gestão ambiental são consideradas como melhores ferramentas de intervenção no controle dessas doenças (Heenatigala & Fernando, 2016). Prevenir e controlar as doenças em camarão de viveiro é uma prioridade para o crescimento e sustentabilidade dessa indústria. Em primeiro lugar para manter a confiança dos consumidores e em segundo lugar, para interromper os ciclos de doenças que impactam negativamente o crescimento e a viabilidade da carcinicultura, apesar dos avanços no conhecimento e implantação de procedimentos de biossegurança (Munasinghe *et al.*, 2010).

A qualidade da água utilizada nos cultivos está diretamente relacionada com a prevenção das doenças (Casillas-Hernandes *et al.*, 2007). Programas de biossegurança em fazendas de camarão baseados em descarga mínima ou zero de água é uma tecnologia desenvolvida principalmente para tanques de engorda, mas facilmente aplicáveis em tanques berçários (Emerenciano *et al.*, 2011).

Os riscos de introdução e propagação de doenças podem ser minimizados através do uso das tecnologias de pré-tratamento das fontes de água e redução ou interrupção (zero) da troca de água (Lightner, 2005). O monitoramento contínuo dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas captadas para uso nos viveiros e a qualidade dos efluentes contribui para a prevenção e controle das condições negativas do sistema de cultivo, além de evitar danos ambientais e colapso do processo de produção (Ferreira *et al.*, 2011). Distúrbios ecológicos em sistemas de aquicultura podem ser evitados pelo acompanhamento da qualidade da água, minimizando os riscos do desencadeamento de susceptibilidade dos animais a doenças (Carbajal-Hernández *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2011).

A tecnologia dos bioflocos (BFT) oferece a possibilidade de manter uma boa qualidade da água do sistema de cultivo além de representar fonte de alimento adicional para o camarão (Zhao *et al.*, 2012). Através da BFT o crescimento de material em suspensão na coluna d'água nos viveiros é estimulada pelo florescimento de fitoplâncton, bactérias, matéria orgânica particulada viva e morta e predadores bacterianos ocorrendo o controle da qualidade da água do viveiro por processos naturais (Hargreaves, 2006).

Biossegurança em aquicultura é uma atividade que necessita da integração de conhecimentos de saúde, genética, nutrição e qualidade ambiental para alcançar uma produção uniforme e de baixo custo que atenda a demanda (Pruder, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel dos víbrios como patógenos causadores de perdas na produção da carcinicultura é um fato comprovado. O desafio lançado é o de elucidar os mecanismos que levam às doenças e conhecer quais as medidas efetivas para evitar o desencadeamento dos processos infecciosos. Desta forma, esforços têm sido empregados no reconhecimento de sítios e de potenciais rotas de invasão dos tecidos e órgãos dos camarões por bactérias como forma de melhorar a compreensão da patologia e das estratégias imunes do crustáceo.

Até há pouco tempo, a ferramenta mais utilizada no combate às vibrioses em animais aquáticos cultivados eram os antimicrobianos. O uso não responsável dessas substâncias contribuiu para a seleção de populações resistentes e a disseminação de genes de resistência entre os microrganismos, resultando em alterações ambientais, sociais e econômicas indesejáveis.

Sucessivas perdas de produção e a compreensão da inter-relação entre a eficiência na criação de animais aquáticos e as condições ambientais levaram à busca por um modelo sustentável de aquicultura. Esse modelo de cultivo menos agressivo ao ambiente e menos susceptível a ocorrência de doenças passa pela geração de conhecimento sobre os próprios organismos cultivados, os agentes patogênicos e o meio em que eles vivem. Necessário então a utilização de novas tecnologias com o objetivo de melhorar a qualidade do ambiente de cultivo, entender a patogenia das bactérias e estimular a resposta imunológica dos animais cultivados.

A prevenção como estratégia a eventos de doenças, principalmente as vibrioses, resulta em redução de perdas econômicas e fortalecimento da atividade da carcinicultura marinha.

REFERÊNCIAS

- Adams, D. & Boopathy. R. Use of formic acid to control vibriosis in shrimp aquaculture. *Biologia*, v. 68, n. 6, p. 1017-1021, 2013.
- Aguirre-Guzmán, G.; Vázquez-Juárez, R. & Ascencio, F. Differences in the susceptibility of american white shrimp larval substages (*Litopenaeus vannamei*) to four *Vibrio* species. *J. Invertebr. Pathol.*, n. 78, p. 215-219, 2001.
- Aguirre-Guzmán, G.; Sánchez-Martínez, J.G.; Pérez-Castañeda, R.; Palacios-Monzón, A.; Trujillo-Rodriguez, T. & Cruz-Hernández, N.I. Pathogenicity and infection route of *Vibrio parahaemolyticus* in American White shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquacult. Society*, v. 41, n. 3, p. 464-470, 2010.
- Alapide-Tendência, E.V. & Dureza, L. A. Isolation of *Vibrio* spp. from *Penaeus monodon* (Fabricius) with red disease syndrome. *Aquaculture*, v. 154, p. 107-114, 1997.
- Alday-Sanz, V.; Roque, A. & Turnbull, J.F. Clearing mechanisms of *Vibrio vulnificus* biotype I in the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Dis. Aquat. Organ.*, v. 48, n. 2, p. 91-99, 2002.
- Austin, B. Vibrios as causal agents of zoonoses. *Vet. Microbiol.*, v.140, n. 3-4, p. 310-317, 2010.
- Bowler, B.; Limsuwan, C.; Chuchird, N.; Espinoza, C.; Rojas, P. Use of functional diets improves survival of *Vibrio*-infected shrimp. *G.A.A.*, p. 26-27, 2015.
- Brito, L.O.; Chagas, A.M.; Silva, E.P.; Soares, R.B.; Severi, W. & Gálvez, A.O. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an inte-

grated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). *Aquac. Res.*, v.47, n.3, p. 940-950, 2016.

Burge, E.J.; Madigan, D.J.; Burnett, L.E. & Burnett, K.G. Lysozyme gene expression by hemocytes of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, after injection with *Vibrio*. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 22, n. 4, p. 327-339, 2007.

Burgents, J.E.; Burnett, L.E.; Stabb, E.V. & Burnett, K.G. Localization and bacteriostasis of *Vibrio* introduced into the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Dev. Comp. Immunol.*, v. 29, n.8, p. 681-691, 2005.

Cao, H.; An, J.; Zheng, W. & He, S. *Vibrio cholerae* pathogen from the freshwater-cultured whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* and control with *Bdellovibrio bacteriovorus*. *J. Invertebr. Pathol.*, v. 130, p. 13-20, 2015.

Carbajal-Hernández, J.J.; Sánchez-Fernández, L.P.; Villa-Vargas, L.A.; Carrasco-Ochoa, J.A. & Martínez-Trinidad, J.F. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process. *Ecol. Indic.*, v. 29, p. 148-158, 2013.

Casillas-Hernández, R.; Nolasco-Soria, H.; García-Galano, T.; Carrillo-Farnes, O. & Páez-Osuna, F. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. *Aquacult. Eng.*, v. 36, n. 2, p. 105-114, 2007.

Chen, H.; Liu, S.; Xu, X.R.; Liu, S.S.; Zhou, G.J.; Sun, K.F.; Zhao, J.L. & Ying, G.G. Antibiotics in typical marine aquaculture farms surrounding Hailing Island, South China: Occurrence, bioaccumulation and human dietary. *Mar. Pollut. Bull.*, v. 90, p. 181-187, 2015a.

Chen, T.; Wong, N.; Jiang, X.; Luo, X.; Zhang, L.; Yang, D.; Ren, C. & Hu, C. Nitric oxide as an antimicrobial molecule against *Vibrio harveyi* infection in the hepatopancreas of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 42, n. 1, p. 114-120, 2015b.

Cheng, S.; Zhang, W.; Zhang, M. & Sun, L. Evaluation of the vaccine potential of a cytotoxic protease and a protective immunogen from a pathogenic *Vibrio harveyi* strain. *Vaccine*, v. 28, n. 4, p. 1041-1047, 2010.

Chumpol, S.; Kantachote, D.; Nitoda, T. & Kanzaki, H. The roles of probiotic purple non-sulfur bacteria to control water quality and prevent acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) for enhancement growth with higher survival in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during cultivation. *Aquaculture*, 473, 327-336, 2017.

Costa, R.; Mermoud, I.; Koblavi, S.; Morlet, B.; Haffner, P.; Berthe, F.; Legroumellec, M. & Grimont, P. Isolation and characterization of bacteria associated with a *Penaeus stylirostris* disease (Syndrome 93) in New Caledônia. *Aquaculture*, v. 164, p. 297-309, 1998.

Decamp, O. & Moriarty, D.J.W.P. Probióticos como alternativa anti-microbiana: limitações e potencial. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, ano 7, nº 4, p.58-59, 2005.

Defoirdt, T. & Sorgeloos, P. Monitoring of *Vibrio harveyi* quorum sensing activity in real time during infection of brine shrimp larval. *The ISME Journal*, v. 6, p. 2314-2319, 2012.

Desmachelier, P.M. *Vibrio*: Introduction, including *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, p. 2237-2242, 1999.

Dong, X.; Wang, H.; Xie, G.; Zou, P.; Guo, C.; Liang, Y. & Huang, J. An isolate of *Vibrio campbellii* carrying the pirVP gene causes acute hepatopancreatic necrosis disease. *Emerg. Microbes Infect.*, v.6, n. 1, 2017.

- Dourado, J. 2009. *Vibriose em camarões marinhos (Litopenaeus vannamei, Boone 1931) cultivados no litoral de Pernambuco, Brasil*. Dissertação de Mestrado em Ciência Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 47f., Recife, 2009.
- Emerenciano, M.; Ballester, E.L.C.; Cavalli, R.O. & Wasielesky, W. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquacult. Int.*, v. 19, n. 5, p. 891-901, 2011.
- Fall, J.; Chakraborty, G.; Kono, T.; Maeda, M.; Suzuki, Y.; Itami, T. & Sakai, M. Quantitative loop-mediated isothermal amplification method for the detection of *Vibrio nigripulchritudo* in shrimp. *Fish. Sci.*, v. 77, n. 1, p. 129-134, 2011.
- FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Opportunities and challenges. 2014. Disponível em: <<<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>> acessado em: 23/07/2015.
- FAO. Fisheries and aquaculture department. Fishery statistics collection. 2015. Disponível em: <<<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/en>>> acessado em: 23/07/2015.
- Ferreira, N.C.; Bonetti, C. & Seiffert, W.Q. Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture*, v. 318, n. 3-4, p. 425-433, 2011.
- Flores-Miranda, M.C.; Luna-González, A.; Campa-Córdova, Á.I.; González-Ocampo, H.A.; Fierro-Coronado, J.A. & Partida-Arangure, B.O. Microbial immunostimulants reduce mortality in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) challenged with *Vibrio sinaloensis* strains. *Aquaculture*, v. 320, n. 1-2, p. 51-55, 2011.
- Franco, R.; Martín, L.; Arenal, A.; Santiesteban, D.; Sotolongo, J.; Cabrera, H.; Mejias, J.; Rodríguez, Z.; Moreno, A.G.; Pimentel, E. & Castillo, N.M. Evaluation of two probiotics used during farm production of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda). *Aquac. Res.*, v. 48, n. 4, p. 1936-1950, 2017.
- Ge, H.; Li, J.; Chang, Z.; Chen, P.; Shen, M. & Zhao, F. Effect of microalgae with semicontinuous harvesting on water quality and zootechnical performance of white shrimp reared in the zero water exchange system. *Aquacult. Eng.*, v. 72, p. 70-76, 2016.
- Goarant, C. & Merien, F. Quantification of *Vibrio penaeicida*, the etiological agent of Syndrome 93 in New Caledonian shrimp, by real-time PCR using SYBR Green I chemistry. *J. Microbiol. Methods*, v. 67, n. 1, p. 27-35, 2006.
- Goarant, C.; Ansquer, D.; Herlin, J.; Domalain, D.; Imbert, F. & Decker, S. "Summer Syndrome" in *Litopenaeus stylirostris* in New Caledonia: Pathology and epidemiology of the etiological agent, *Vibrio nigripulchritudo*. *Aquaculture*, v. 253, n. 1-4, p. 105-113, 2006.
- Gopal, S.; Otta, S.K.; Kumar, S.; Karunasagar, I.; Nishibuchi, M. & Karunasagar, I. The occurrence of *Vibrio* species in tropical shrimp culture environments; implications for food safety. *Int. J. Food Microbiol.*, v. 102, n. 2, p. 151- 159, 2005.
- Ha, C.; Kim, S.; Lee, M. & Lee, J. Quorum sensing-dependent metalloprotease VvpE is important in the virulence of *Vibrio vulnificus* to invertebrates. *Microb. Pathog.*, v. 71-72, p. 8-14, 2014.
- Haldar, S.; Chatterjee, S.; Asakura, M.; Vijayakumaran, M. & Yamasaki, S. Isolation of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio cholerae* (Non-O1 and O139) from moribund shrimp

(*Penaeus monodon*) and experimental challenge study against post larvae and juveniles. *Ann. Microbiol.*, v. 57, n. 1, p. 55-60, 2007.

Han, J.E. Cuatro cepas de AHPND identificadas em granjas de camarón na America Latina. GAA, fevereiro de 2017. Disponível em: <<<http://advocate.gaalliance.org/cuatro-cepas-de-ahpnd-identificadas-en-granjas-de-camaron-de-america-latina/>>> Acessado em: 02 de março de 2017.

Hargreaves, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacult. Eng.*, v. 34, n. 3, p. 344-363, 2006.

Heenatigala, P.P.M., & Fernando, M.U.L. Occurrence of bacteria species responsible for vibriosis in shrimp pond culture systems in Sri Lanka and assessment of the suitable control measures. *Sri Lanka J. Aquat. Sci.*, v. 21, n. 1, 2016.

Holmström, K.; Gräslund, S.; Wahlström, A.; Pounghompoo, S.; Bengtsson, B. & Kautsky, N. Antibiotic use in shrimp farming and implications for environmental impacts and human healths. *Int. J. Food Sci. Tech.*, v. 38, p. 255-266, 2003.

Jayasree, L.; Janakiram, P. & Madhavi, R. Characterization of *Vibrio* spp. Associated with Diseased Shrimp from Culture Ponds of Andhra Pradesh (India). *J. World Aquacult. Soc.*, v. 37, n. 4, p. 523-532, 2006.

Jha, A.K. Probiotic technology: an effective means for bioremediation in shrimp farming ponds. *J. Bangladesh Acad. Sci.*, v. 35, n. 2, p. 237-240, 2011.

Jones, K.M. & Oliver, J.D. *Vibrio vulnificus*: Disease and Pathogenesis. *Infect. Immun.*, v. 77, n. 5, p. 1723-1733, 2009.

Joseph, T.C.; Murugadas, V.; Reghunathan, D.; Shaheer, P.; Akhlnath, P.G. & Lalitha, K.V. Isolation and characterization of *Vibrio cholera* O139 associated with mass mortality in *Penaeus monodon* and experimental challenge in postlarvae of three species of shrimp. *Aquaculture*, v. 442, p. 44-47, 2015.

Karunasagar, I.; Pai, R.; Malathi, G.R. & Karunasagar, I. Mass mortality of *Penaeus monodon* larvae due to antibiotic-resistant *Vibrio harveyi* infection. *Aquaculture*, V. 128, p. 203-209, 1994.

Karunasagar, I. Bactéria: *Vibrio vulnificus*. *Encyclopedia of Food Safety*, v. 1, p. 564-569, 2014.

Kosin, B. & Rakshit, S.K. Induction of heat tolerance in autochthonous and allochthonous thermotolerant probiotics for application to white shrimp feed. *Aquaculture*, v. 306, p. 302-309, 2010.

Kumar, B.K.; Deekshit, V.K.; Raj, J.R.M.; Rai, P.; Shivanagowda, B.M.; Karunasagar, I. & Karunasagar, I. Diversity of *Vibrio parahaemolyticus* associated with disease outbreak among cultured *Litopenaeus vannamei* (Pacific white shrimp) in India. *Aquaculture*, v. 433, p. 247-251, 2014.

Lakshmi, B.; Viswanath, B. & Gopal, D.V.R.S. Probiotics as Antiviral Agents in Shrimp Aquaculture. *J. Path.*, v. 2013, 13p., 2013.

Lavilla-Pitogo, C.R.; Leño, E.M.; Paner, M.G. Mortalities of pond-cultured juvenile shrimp, *Penaeus monodon*, associated with dominance of luminescent vibrios in the rearing environments. *Aquaculture*, v. 164, p. 337-349, 1998.

Le Roux, F.; Labreuche, Y.; Davis, B.M.; Iqbal, N.; Mangenot, S.; Goarant, C.; Mazel, D. &

- Waldor, M.K. Virulence of an emerging pathogenic lineage of *Vibrio nigripulchritudo* is dependent on two plasmids. *Environ. Microbiol.*, v. 13, n. 2, p. 296-306, 2011.
- Li, C.C.; Yeh, S.T., & Chen, J.C. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* following *Vibrio alginolyticus* injection. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 25, n. 6, p. 853-860, 2008.
- Li, C.C., Yeh, S.T & Chen, J.C. Innate immunity of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* weakened by the combination of a *Vibrio alginolyticus* injection and low-salinity stress. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 28, n. 1, p. 121-127, 2010.
- Li, C.; Li, H.; Wang, S.; Song, X.; Zhang, Z.; Qian, Z.; Zuo, H.; Xu, X.; Weng, S. & He, J. The c-Fos and c Jun from *Litopenaeus vannamei* play opposite roles in *Vibrio parahaemolyticus* and white spot syndrome virus infection. *Dev. Comp. Immunol.*, v. 52, p. 26-36, 2015.
- Lightner, D.V. Biosecurity in shrimp farming: pathogen exclusion through use of SPF stock and routine surveillance. *J. World Aquacult. Soc.*, v. 36, n. 3, p. 229-248, 2005.
- Lightner, D.V. & Redman, R.M. Development of specific pathogen-free (SPF) shrimp stocks and their application to sustainable shrimp farming. *Infectious Disease in Aquaculture*, p. 277-317, 2012.
- Liu, C.; Cheng, W.; Hsu, J. & Chen, J. *Vibrio alginolyticus* infection in the white shrimp *Litopenaeus vannamei* confirmed by polymerase chain reaction and 16S rDNA sequencing. *Dis. Aquat. Org.*, v. 61, p. 169-174, 2004.
- Liu, X.; Zhang, H.; Liu, X.; Gong, Y.; Chen, Y.; Cao, Y. & Hu, C. Pathogenic analysis of *Vibrio alginolyticus* infection in a mouse model. *Folia Microbiol.*, v. 59, n. 2, p. 167-171, 2014.
- Lomelí-Ortega, C.O. & Martínez-Díaz, S.F. Phage therapy against *Vibrio parahaemolyticus* infection in the whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. *Aquaculture*, v. 434, p. 208-211, 2014.
- Longyant, S.; Rukpratanporn, S.; Chaivisuthangkura, P.; Suksawad, P.; Srisuk, C.; Sithigorngul, W.; Piyatiratitivorakul, S. & Sithigorngul, P. Identification of *Vibrio* spp. in vibriosis *Penaeus vannamei* using developed monoclonal antibodies. *J. Invertebr. Pathol.*, v. 98, n. 1, p. 63-68, 2008.
- Mateus, L.; Costa, L.; Silva, Y.J.; Pereira, C.; Cunha, A. & Almeida, A. Efficiency of phage cocktails in the inactivation of *Vibrio* in aquaculture. *Aquaculture*, v. 424-425, p. 167-173, 2014.
- Moss, S.M.; Moss, D.R.; Arce, S.M.; Lightner, D.V. & Lotz, J.M. The role of selective breeding and biosecurity in the prevention of disease in penaeid shrimp aquaculture. *J. Invertebr. Pathol.*, v. 110, n. 1, p. 247-250, 2012.
- Munasinghe, M.N.; Stephen, C.; Abeynayake, P. & Abeygunawardena, I.S. Shrimp Farming Practices in the Puttallam District of Sri Lanka: Implications for Disease Control, Industry Sustainability, and Rural Development. *Vet. Med. Int.*, v. 2010, 7 p., 2010.
- Muratori, M.C.S.M.; Veloso, A.P.B.; Costa, A.P.R.; Pereira, M.M.G., Guimaraes, C.M.M., Calvet, R.M., Santos, Y.F.M. & Cardoso Filho, F.C. *Vibrio parahaemolyticus* em carcinicultura marinha. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim. Salvador*, v. 15, n. 02, p. 289-296, 2014.
- Natrah, F.M.I., Ruwandeepika, H.A.D.; Pawar, S.; Karunasagar, I.; Sorgeloos, P.; Bossier, P. & Defoirdt, T. Regulation of virulence factors by quorum sensing in *Vibrio harveyi*. *Vet. Microbiol.*, v. 154, n. 1-2, p. 124-129, 2011.

- Ninawe, A.S. & Selvin, J. Probiotics in shrimp aquaculture: Avenues and challenges. *Crit. Rev. Microbiol.*, v. 35, n. 1, p. 43-66, 2009.
- Nimrat, S.; Suksawat, S.; Boonthai, T. & Vuthiphandchai, V. Effects of probiotic forms, compositions of and mode of probiotic administration on rearing of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae and postlarvae. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v. 169, n. 3-4, p. 244-258, 2011.
- Nunan, L.; Lightner, D.; Pantoja, C. & Gomez-Jimenez, S. Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Mexico. *Dis. Aquat. Organ.*, v. 111, n. 1, p. 81-86, 2014.
- Nunes, A.J.P. & Martins, P.V. Avaliando o estado de saúde de camarões marinhos na engorda. *Revista Panorama da Aquicultura*, v. 12, n. 72, p. 23-33, 2002.
- Oidtmann, B.C.; Thrush, M.A.; Denham, K.L. & Peeler, E.J. International and national biosecurity strategies in aquatic animal health. *Aquaculture*, v. 320 p. 22-33, 2011.
- Patil, P.K.; Muralidhar, M.; Solanki, H.G.; Patel, P.P.; Patel, K. & Gopal, C. Effect of culture intensity and probiotics application on microbiological and environmental parameters in *Litopenaeus vannamei* culture ponds. *J. Environ. Biol.*, v. 37, n. 1, 21, 2016.
- Peña-Navarro, N. & Mejías, A.V. Análisis histopatológico en *Litopenaeus vannamei* infectado con *Vibrio parahaemolyticus*. *Agronomía Mesoamericana*, v. 26, n.1, p. 43-53, 2015.
- Pruder, G.D. Biosecurity: application in aquaculture. *Aquacult. Eng.*, v. 32, n. 1, p. 3-10, 2004.
- Queiroz, L.; Rossi, S.; Meireles, J. & Coelho, C. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970 - 2012: Trends after mangrove forest privatization in Brazil. *Ocean Coastal Manag.*, v. 73, p. 54-62, 2013.
- Ren, C.; Hu, C.; Jiang, X.; Sun, H.; Zhao, Z.; Chen, C. & Luo, P. Distribution and pathogenic relationship of virulence associated genes among *Vibrio alginolyticus* from the mariculture systems. *Mol. Cell. Prob.*, v. 27, n. 3-4, p. 164-168, 2013.
- Reynaud, Y.; Saulnier, D.; Mazel, D.; Goarant, C. & Le Roux, F. Correlation between detection of a plasmid and high-level virulence of *Vibrio nigripulchritudo*, a pathogen of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *App. Environ. Microb.*, v. 74, p.3038-3047, 2008.
- Rico, A.; Phu, T.M.; Satapornvanit, K.; Min, J.; Shahabuddin, A.M.; Henriksson, P.J.G.; Murray, F.J.; Little, D.C.; Dalsgaard, A. & Van den Brink; P.J. Use of veterinary medicines, feed aditivies and probiotics in four major internationally traded aquaculture species farmed in Asia. *Aquaculture*, v. 412-413, p. 231-243, 2013.
- Rocha, I.P. Principais entraves e desafios para o retorno do camarão cultivado do Brasil aos mercados dos Estados Unidos (EUA) e da União Européia (UE). *Feed & Food*, n. 98, 2015.
- Roque, A.; Molina-Aja, A.; Bolán-Mejía, C. & Gomez-Gil, B. In vitro susceptibility to 15 antibiotics of vibrios isolated from penaeid shrimps in Northwestern Mexico. *Int. J. Antimicrob. Agents.*, v. 17, p. 383-387, 2001.
- Rungrasamee, W.; Klanchui, A.; Maibunkaew, S. & Karoonuthaisiri, N. Bacterial dynamics in intestines of the black tiger shrimp and the Pacific white shrimp during *Vibrio harveyi* exposure. *J. Inverteb. Pathol.*, v. 133, p. 12-19, 2016.
- Sakasaka, R. Proposal of *Vibrio alginolyticus* for the biotype 2 of *V. parahaemolyticus*. *Jpn. J. Med. Sci. Biol.*, v. 21, n. 5, p. 359-362, 1968.

- Sakai, T.; Tatsumu, H.; Yuasa, K.; Kamaishi, T.; Matsuyama, T.; Miwa, S.; Oseko, N. & Lida, T. Mass mortality of cultured Kuruma prawn *Penaeus japonicus* caused by *Vibrio nigripulchritudo*. *Fish Pathol.*, v. 42, p. 141-147, 2007.
- Saulnier, D.; Haffner, P.; Goarant, C.; Levy, P. & Ansquer, D. Experimental infection models for shrimp vibriosis studies: a review. *Aquaculture*, v. 191, p. 133-144, 2000.
- Schleder, D.D.; da Rosa, J.R.; Guimarães, A.M.; Ramlov, F.; Maraschin, M.; Seiffert, W. Q.; ... & Andreatta, E.R. Brown seaweeds as feed additive for white-leg shrimp: effects on thermal stress resistance, midgut microbiology, and immunology. *J. Appl. Phycol.*, p. 1-7, 2017.
- Soonthornchai, W.; Rungrassamee, W.; Karoonuthaisiri, N.; Jarayabhand, P.; klinbunga, S.; Söderhäll, K. & Jiravanichpaisal, P. Expression of immune-related genes in the digestive organ of shrimp, *Penaeus monodon*, after an oral infection by *Vibrio harveyi*. *Dev. Comp. Immunol.*, v. 34, p. 19-28, 2010.
- Soto-Rodríguez, S.A.; Gomez-Gil, B.; Lozano, R.; Rio-Rodríguez, R.; Diéguez, A.L. & Romalde, J.L. Virulence of *Vibrio harveyi* responsible for the "Bright-red" Syndrome in the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. Invertebr. Pathol.*, v. 109, n. 3, p. 307-317, 2012.
- Soto-Rodríguez, S.A.; Gomez-Gil, B.; Lozano-Olvera, R.; Betancourt-Lozano, M. & Morales-Covarrubias, M.S. Field and experimental evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the causative agent of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) of cultured shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in northwestern Mexico. *Appl. Environ. Microbiol.*, v. 81, n. 5, p. 3610-3614, 2014.
- Su, X.; Li, X.; Leng, X.; Tan, C.; Liu, B.; Chai, X. & Guo, T. The improvement of growth, digestive enzyme activity and disease resistance of white shrimp by the dietary citric acid. *Aquacult. Int.*, v. 22, p. 1823-1835, 2014.
- Subramanian, K. Balaraman, D.; Balachandran, D. N.; Thirunavukarasu, R.; Gopal, S.; Renuka, P. S., & Kumarappan, A. Immune response of shrimp (*Penaeus monodon*) against *V. furnissii* pathogen. *J. Coast. Life Med.*, v. 2, n. 4, p. 281-286, 2014.
- Sung, H.; Hsu, S.; Chen, C.; Ting, Y. & Chao, W. Relationships between disease outbreak in cultured tiger shrimp *Penaeus monodon* and the composition of *Vibrio* communities in pond water and shrimp hepatopancreas during cultivation. *Aquaculture*, v. 192, p. 101-110, 2001.
- Torky, H.A.; Abdellrazeq, G.S.; Hussein, M.M. & Ghanem, N.H. Molecular Characterization of *Vibrio Harveyi* in Diseased Shrimp. *AJVS*, v. 51, n. 2, 2016.
- Van de Braak, C.B.T.; Botterblom, M.H.A.; Taverne, N.; Van Muiswinkel, W.B.; Rombout, J.H.W.M. & Van der Knaap, W.P.W. The roles of haemocytes and the lymphoid organ in the clearance of injected *Vibrio* bacteria in *Penaeus monodon* shrimp. *Fish & shellfish immunology*, v.13, n.4, p. 293-309, 2002.
- Vanmaele, S.; Defoirdt, T.; Cleenwerck, I.; Devos, P. & Bossier, P. Characterization of the virulence of *harveyi* clade vibrios isolated from a shrimp hatchery in vitro and in vivo, in a brine shrimp (*Artemia franciscana*) model system. *Aquaculture*, v. 435, p. 28-32, 2015.
- Vargas-Albores, F.; Porchas-Cornejo, M.A.; Martínez-Porchas, M.; Villalpando-Canchola, E.; Gollas-Galván, T. & Martínez-Córdova, L.R. Bacterial biota of shrimp intestine is significantly modified by the use of a probiotic mixture: a high throughput sequencing approach. *Helgol. Mar. Res.*, v. 71, n. 1, 5, 2017.

Verschure, L.; Rombaut, G.; Sorgeloss, P. & Verstraete, W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* v. 64, n. 4, p. 655-671, 2000.

Vinoj, G.; Vaseeharan, B. & Brennan, G. Green fluorescent protein visualization of *Vibrio parahaemolyticus* infections in Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus* (H. Milne Edwards). *Aquaculture Res.*, v. 45, p. 1989-1999, 2014.

Walling, E.; Vourey, E.; Ansquer, D.; Beliaeff, B. & Goarant, C. *Vibrio nigripulchritudo* monitoring and strain dynamics in shrimp pond sediments. *J. Appl. Microbiol.*, v. 108, n. 6, p. 2003-2011, 2010.

Wen, C.; Xue, M.; Liang, H. & Zhou, S. Evaluating the potential of marine *Bacteriovorax* sp. DA5 as a biocontrol agent against vibriosis in *Litopenaeus vannamei* larvae. *Vet. Microbiol.*, v. 173, n. 1-2, p. 84-91, 2014.

Wey, L.S. & Wendy, W. Characterization of *Vibrio alginolyticus* isolated from white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with emphasis on its antibiogram and heavy metal resistance pattern. *Vet. Arhiv*, v. 82, n. 2, p. 221-227, 2012.

Wongtavatchai, J.; López-Dóriga, M.V. & Francis, M.J. Effect of AquaVac™ Vibromax™ on size and health of post larva stage of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei* and Black Tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, v. 308, p. 75-81, 2010.

Xia, Q.; Wang, B.; Liu, M.; Jiang, K. & Wang, L. A new method to evaluate the effects of bacterial dosage, infection route and *Vibrio* strain in experimental challenges of *Litopenaeus vannamei*, based on the Cox proportional hazard model. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 46, p. 686-692, 2015.

Xu, S., Wang, D., Jia, C., Jin, S., Wang, C. & Zou, X. Effects of *Vibrio alginolyticus* infection on immune-related enzyme activities and ultrastructure of *Charybdis japonica* gills. *Aquaculture*, v. 396-399, p. 82-88, 2013.

Yang, C., Zhang, J., Li, F., Ma, H., Zhang, Q., Priya, T. J., Zhang, X. & Xiang, J. A Toll receptor from Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* is responsive to *Vibrio anguillarum* infection. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 24, n. 5, p. 564-574, 2008.

Yang, L., Zhan, L., Han, H., Gao, H., Guo, Z., Qin, C., Ruifu, Y., Liu, X. & Zhou, D. The low-salt stimulus in *Vibrio parahaemolyticus*. *Int. J. Food. Microbiol.*, v. 137, p. 49-54, 2010.

Yingkajorn, M., Mitraparp-Arthorn, P., Nuanualsuwan, S., Poomwiset, R., Kongchuay, N., Khamhaeng, N. & Vuddhakul, P. Prevalence and quantification of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* during shrimp culture in Thailand. *Dis. Aquat. Organ.*, v. 112, p. 103-111, 2014.

Yu, Y.Y., Chen, W.D., Liu, Y.J., Niu, J., Chen, M., & Tian, L.X. Effect of different dietary levels of *Gracilaria lemaneiformis* dry power on growth performance, hematological parameters and intestinal structure of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, v. 450, 356-362, 2016.

Zhang, X., Yan, B., Bai, X., Bi, K., Gao, H. & Qin, G. Isolation and characterization of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio rotiferianus* associated with mass mortality of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *J. Shellfish Res.*, v. 33, n. 1, 61-68, 2014.

Zhao, P., Huang, J., Wang, X.H., Song, X.L., Yang, C.H., Zhang, X.G., Wang, G.C. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, v. 354-355, p. 97-106, 2012.