

**Efeitos da suplementação do cloreto de sódio em rações para o camarão branco do Pacífico, *Penaeus vannamei*, cultivado em águas oligohalinas****Effects of sodium chloride supplementation in diets for the Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, reared in low salinity waters**

DOI:10.34117/bjdv6n3-238

Recebimento dos originais: 10/02/2020

Aceitação para publicação: 17/03/2020

**Manuella Gazzineo de Moraes**

Mestre pela Universidade Federal do Ceará  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil  
E-mail: manugazzineom@hotmail.com

**Rommel Rocha de Sousa**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil  
E-mail: rommelpesca@gmail.com

**Carlos Henrique Profírio Marques**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, 69.980-000, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil  
E-mail: chnanet@yahoo.com.br

**José William Alves da Silva**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 62.930-000, Aracati, Ceará, Brasil  
E-mail: jose.william@ifce.edu.br

**Rafael Lustosa Maciel**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, 69.800-000, Humaitá, Amazonas, Brasil  
E-mail: maciel.rlm@hotmail.com

**Ítalo Régis Castelo Branco Rocha**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 60.115-282, Morada Nova, Ceará, Brasil  
E-mail: italo.rocha@ifce.edu.br

**João Felipe Nogueira Matias**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil  
E-mail: jfn.matias@gmail.com

**Elenise Gonçalves de Oliveira**

Doutora pela Universidade Estadual de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil  
E-mail: elenisego@yahoo.com.br

**José Renato de Oliveira César**

Doutor pela University of Hawaii  
Departamento de Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil  
E-mail: renatocesarufc@gmail.com

**Francisco Hiran Farias Costa**

Doutor pela Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Engenharia de Pesca, Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, 60.455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil  
E-mail: hiranfcosta@gmail.com

**RESUMO**

O cultivo de *Penaeus vannamei* em águas oligohalinas tem sido um desenvolvimento recente na região Nordeste. O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da suplementação de NaCl em dietas no crescimento, sobrevivência, osmolalidade da hemolinfa e contagem total de hemócitos dos camarões. No experimento 1, camarões cultivados em águas oligohalinas, com peso variando entre 5 a 20 g, foram utilizados para a determinação da osmolalidade da hemolinfa, não tendo sido influenciada pelo aumento do peso do camarão. Após aclimação em água do mar (35 ppt), a osmolalidade da hemolinfa foi avaliada em camarões com peso entre 5-20 g, tendo sido incrementada para a salinidade da água do mar (35 ppt), variando de  $661,0 \pm 25,2$  mOsm/kg (D1) a  $916,9 \pm 40,1$  mOsm/kg (D4). No experimento 2, camarões cultivados em águas oligohalinas (0,3-0,5 ppt) foram distribuídos em cinco tratamentos (D1, D2, D3, D4 e D5), com quatro repetições. As dietas consistiram de uma dieta basal suplementada com 0 g/kg, 5 g/kg, 10 g/kg, 20 g/kg e 40 g/kg de NaCl, respectivamente. Após 22 dias, os parâmetros de sobrevivência, peso final, as taxas específicas de crescimento (SGR) e taxa de crescimento absoluto (TCA) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, não houve diferenças significativas na osmolalidade da hemolinfa e contagem total de hemócitos dos camarões distribuídos nos cinco grupos.

**Palavras-chave:** Camarão, água de baixa salinidade, modificação da dieta, osmolalidade da hemolinfa.

**ABSTRACT**

The inland farming of *Penaeus vannamei* in low-salinity waters is a recent development in Northeast region. The purpose of this study was to investigate the effects of dietary supplements of NaCl on growth, survival, haemolymph osmolality and total hemocyte count of shrimp. In trial 1, earthen pond-reared shrimp ranging from 5 to 20 g were sampled at intervals for determination of haemolymph osmolality. Haemolymph osmolality was not influenced by the increased weight of shrimp. Haemolymph osmolality of juveniles shrimp (5-20 g) were then evaluated 24 h after they had been transferred from pond water (0.5 ppt) to the seawater (35 ppt). Shrimp haemolymph osmolality increased with external salinity and ranged from  $661.0 \pm 25.2$  mOsm/kg (D1) and  $916.9 \pm 40.1$  mOsm/kg (D4). In trial 2, shrimp reared in low-salinity water (0.3-0.5 ppt) were distributed into five groups (control, D1, and treatments, D2, D3, D4 e D5) with four replicates. Diets consisted of the basal diet supplemented with 0 g/kg, 5 g/kg, 10 g/kg, 20 g/kg, and 40 g/kg of NaCl respectively. After 22 days, differences in survival, final weight, specific growth rates (SGR) and absolute growth rate

(AGR) among treatments were significant. However, there were no significant trends in haemolymph osmolality and total hemocyte count of shrimp distributed into five groups.

**Keywords:** Shrimp, low salinity water, dietary modification, haemolymph osmolality.

## 1 INTRODUÇÃO

Crustáceos habitam inúmeros ambientes com diferentes salinidades que incluem água doce, salobra e salgada. Esse comportamento exige dos crustáceos a capacidade de regular os osmólitos na hemolinfa em relação ao ambiente em que vivem, para controlar a pressão osmótica da hemolinfa, permitindo que possam habitar com sucesso um determinado ambiente (FREIRE *et al.*, 2008; CHARMANTIER *et al.*, 2009).

As consequências do cultivo de crustáceos marinhos em baixas salinidades podem incluir baixa sobrevivência, crescimento reduzido e/ou altas taxas de conversão alimentar, o que pode ser atribuído ao aumento das exigências energéticas para manter uma homeostase osmótica relativa na hemolinfa, por conta do aumento do transporte ativo de íons (YE *et al.*, 2009).

A maioria dos estudos existentes tem focado, principalmente, na fisiologia, e, portanto, uma avaliação sobre as implicações para a aquicultura de crustáceos, bem como, uma discussão sobre as possíveis abordagens que podem melhorar a capacidade osmorregulatória de crustáceos devem ser conduzidas no sentido de beneficiar a indústria aquícola (ROMANO; ZENG, 2012).

Embora as melhores taxas de crescimento para juvenis de *P. vannamei* sejam observadas em salinidades acima de 20 ppt (PONCE-PALAFIX *et al.*, 1997), essa espécie tem sido cultivada em águas com baixa salinidade (ATWOOD *et al.*, 2003; SAOUD *et al.*, 2003). *P. vannamei* é uma espécie eurihalina que pode tolerar uma ampla faixa de salinidade (0,5-45 ppt) (BRAY *et al.*, 1994), sendo capaz de crescer em águas com salinidade inferior a 0,5 ppt (CUVIN-ARALAR *et al.*, 2009).

Nessas condições de cultivo, devido a deficiências minerais das águas oligohalinas, postula-se que a falta de íons na interface água-brânquia seja compensada pela suplementação de minerais (Na, Mg e K) na dieta de *P. vannamei*, aumentando sua disponibilidade e absorção no trato digestivo (XIE *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2014). Portanto, o objetivo geral desta pesquisa foi investigar o efeito de dietas suplementadas com NaCl na performance de crescimento de juvenis de *P. vannamei*, em águas oligohalinas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido na Unidade de Pesquisas em Piscicultura Marinha (UPPMAR), no Centro de Estudos Ambientais Costeiros (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC) (Eusébio, Ceará, Brasil).

Dois lotes de juvenis *Penaeus vannamei* foram obtidos junto à Empresa Joli Aquicultura Ltda (Russas, Ceará, Brasil), nos meses de Abril e Junho de 2015. Nessa fazenda, os cultivos são realizados em águas oligohalinas com salinidade variando entre 0,1 e 0,5 ppt. Os exemplares foram transportados em embalagens plásticas contendo aproximadamente 25% de água e 75% de oxigênio para a UPPMAR/CEAC/LABOMAR/UFC.

O lote de Abril/2015, denominado de Lote 1 (salinidade 0,4 ppt e pH 8,2), com o peso médio entre 5 e 20 g, foi imediatamente utilizado em experimentos de avaliação da osmolalidade. No caso do lote de Junho/2015, denominado de Lote 2 (salinidade 0,5 ppt e pH 8,1), os exemplares foram estocados em tanques de 3.000 L com fluxo constante de água doce previamente tratada a  $28,0 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo natural e equipado com um difusor de ar, sendo alimentados duas vezes ao dia (10:00 e 16:00 h) com ração peletizada contendo 35% proteína bruta (Malta Cleyton<sup>®</sup>, Pernambuco, Brasil) e uma taxa de arração de 2,5% do peso corporal. Os camarões foram aclimatados para essas condições por um período de 14 dias antes do uso experimental, havendo um padrão de alimentação normal durante essa etapa.

O procedimento experimental foi realizado com 5 diferentes dietas (D1, D2, D3, D4 e D5), suplementadas com diferentes níveis de NaCl (0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração), gerando um total de 5 tratamentos e cada tratamento com 4 repetições. Foram utilizados 5 sistemas aquícolas de recirculação (S1, S2, S3, S4 e S5) (SARs), independentes (um por dieta), com 4 tanques circulares de 1.000 L em cada sistema. Cada sistema de recirculação foi acoplado com filtro mecânico Dancor modelo DFR-11 com motor elétrico de 0,25 CV e filtro biológico (3.000 L, contendo cascalho de ostras e corais) interligados entre si. Para a colonização do filtro biológico de cada sistema, foi feita a aplicação, 14 dias antes do início do experimento, de 20 g do probiótico Sanolife PRO-W (INVE Aquaculture, Inc., Salt Lake City, EUA) que foi ativado, previamente, em uma solução contendo 200 g de melão de cana de açúcar e 15 L de água doce. O fluxo de água foi mantido em 6,5 L/minuto por unidade experimental, garantindo uma renovação diária de 800%.

Um total de 500 juvenis de camarão, pesando  $9,4 \pm 0,1$  g (média  $\pm$  DP) foram estocados numa densidade de 25 indivíduos por tanque. O estudo foi conduzido por um período de 22 dias. Os camarões foram alimentados com rações peletizadas (D1, D2, D3, D4 e D5), contendo 35% de proteína bruta, as 10:00 e 16:00 h, usando-se uma taxa de arração de 2,5%. Diariamente, os tanques foram sifonados, retirando-se os restos de ração, carapaças resultantes de ecdise e indivíduos mortos. A cada 7 dias, os camarões foram amostrados para avaliar o crescimento em peso. Para isso, 100% dos camarões em cada tanque foram capturados e pesados. Após cada amostragem, a quantidade de ração fornecida foi ajustada para o peso médio e biomassa de cada tanque. Ao final

dos 22 dias de cultivo, os camarões foram capturados e a sobrevivência final (%), o peso final (g), o ganho de peso (peso final – peso inicial, g), a taxa de crescimento específico (TCE =  $(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{dias} \times 100$ , %/dia), e a taxa de crescimento absoluto (TCA, g/camarão/semana), para cada tanque e tratamento foram calculados.

A formulação e a análise da composição centesimal das dietas utilizadas no delineamento experimental estão expressas na Tabela 1. Para todas as dietas (D1, D2, D3, D4 e D5), foi feita uma suplementação com colesterol (2 g/kg de ração), probiótico Sanolife PRO-W (2 g/kg de ração) e melado de cana de açúcar (20 g/kg de ração). Com exceção da dieta D1, foi feita, também, uma suplementação das dietas com MgO (8 g/kg de ração) e KCl (5 g/kg de ração) como descrito em Gong *et al.* (2004). A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente. A dieta foi misturada, peletizada e seca à temperatura ambiente (26-28 °C), e mantida a 20 °C para uso imediato. Posteriormente, amostras das dietas foram submetidas à análise de composição centesimal em um analisador de contagem rápida NIR (Modelo XDS monochromator type XM-1000, Foss NIR SDS2500, NIRSystems Inc., Suécia).

A análise da osmolalidade no Lote 1 foi realizada imediatamente após a chegada dos exemplares de camarão no laboratório, tendo sido feita a retirada da hemolinfa a partir da região ventral do hemocele, no início do primeiro segmento abdominal (ventro-lateral do seio do abdômen), utilizando seringas de 1,0 mL e transferida para um tubo eppendorf de 1,0 mL. Cada amostra de hemolinfa foi centrifugada a 6.000 x g durante 15 minutos. O sobrenadante foi transferido para outro tubo eppendorf de 1,0 mL, utilizando uma pipeta automática com ponteira plástica descartável, e a amostra resultante foi mantida congelada até a análise da osmolalidade. Após a amostragem em peso e verificação do estágio de muda, de acordo com Chan *et al.* (1998), exemplares em estágio de intermuda foram utilizados para a retirada da hemolinfa.

Amostras de água dos viveiros onde se deu a coleta dos camarões na Fazenda Joli Aquicultura Ltda, foram obtidas, resfriadas, transportadas para a UPPMAR e armazenadas para determinação da osmolalidade. A osmolalidade das amostras de hemolinfa e de água foram mensuradas através da depressão do ponto de congelamento em um osmômetro modelo Osmomat 030 Cryoscopic Osmometer (Gonotec GmbH Inc., Alemanha).

Para determinar a capacidade de regulação osmótica do camarão cultivado na Fazenda Joli Aquicultura Ltda, exemplares de diversos tamanhos, com o peso médio variando entre 5 e 20 g, foram distribuídos aleatoriamente em 4 aquários de 50-L com salinidade de 35 ppt. O oxigênio dissolvido foi mantido acima de 5 mg/L durante todo o experimento. Aproximadamente 10 camarões foram estocados em cada aquário e nenhuma alimentação foi fornecida. Após 24 h, a hemolinfa dos

camarões foi retirada para análise de osmolalidade, fazendo-se uso do mesmo protocolo descrito anteriormente.

A avaliação da osmolalidade no Lote 2 seguiu o mesmo protocolo descrito para o Lote 1, sendo que amostras foram obtidas em todos os tanques experimentais no início e no final do experimento. Também de forma similar, amostras de água de todos os tanques experimentais foram avaliadas quanto a osmolalidade no início e no final do experimento. Para cada uma das dietas testadas, uma amostra de 10,0 g foi colocada em um becker de 50 mL, sendo adicionado 10,0 mL de água destilada, e mantida sob leve agitação. Após 2 horas, uma amostra da solução foi obtida, utilizando uma pipeta automática com ponteira plástica descartável e usada para a determinação da osmolalidade.

A contagem total de hemócitos (CTH) foi determinada, individualmente, utilizando uma câmara de Neubauer (Figura 6A) e microscópio óptico (Figura 6B), a partir da coleta direta da hemolinfa em uma solução anticoagulante (1:2) (NaCl 0,45 M, glucose 0,1 M, citrato de sódio 30 mM, ácido cítrico 26 mM, EDTA 10 mM, pH 4,6) de acordo com a metodologia descrita por Söderhäll e Smith (1983).

A temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (OD, mg/L) foram monitorados duas vezes por dia, as 8:00 e as 17:00 horas com um oxímetro (YSI modelo 55). Semanalmente, parâmetros físico-químicos foram analisados, através da aplicação de métodos padrões, de acordo com APHA (1995), em amostras de água dos 5 sistemas experimentais. As amostras de água foram armazenadas em frascos plásticos limpos e encaminhadas para análise. Os parâmetros incluíram: alcalinidade, dureza, pH, salinidade, condutividade, nitrogênio amoniacal total (TAN), nitrito, nitrato, cálcio, magnésio e potássio.

All data were expressed as mean±SD. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine the effects of stocking density on the water quality and growth performance and Tukey test was used for post hoc comparisons.

### 3 RESULTADOS

Os dados referentes aos parâmetros zootécnicos estão expressos na Tabela 2. A sobrevivência foi moderada e significativamente ( $P < 0,05$ ) incrementada pelo uso das diferentes rações suplementadas com NaCl. Os valores de peso final, ganho de peso, TCE e TCA de juvenis de *P. vannamei* alimentados com rações suplementadas com NaCl (D2, D3, D4 e D5) foram maiores que os valores observados para a dieta controle (D1).

A osmolalidade da hemolinfa de exemplares de *P. vannamei* (Lote 1), cultivado na Fazenda Joli Aquicultura Ltda, em águas oligohalinas (salinidade entre 0,3 e 0,5 ppt), não foi



significativamente ( $P > 0,05$ ) influenciada pelo incremento de peso dos indivíduos amostrados (Figura 1). Após terem sido aclimatados à água do mar, os exemplares de *P. vannamei* (Lote 1) apresentaram incremento na osmolalidade da hemolinfa, em todos os pesos amostrados (entre 5 e 20 g), havendo diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os valores para indivíduos com peso em torno de 5 g e os demais pesos amostrados (10, 15 e 20 g) (Figura 2).

Os exemplares de *P. vannamei* (Lote 2), no início do procedimento experimental, não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos no que diz respeito a osmolalidade da hemolinfa ( $382,5 \pm 16,0$  e  $400,8 \pm 7,3$  mOsm/kg) (Figura 3). Entretanto, ao final do experimento, houve um incremento significativo ( $P < 0,05$ ) na osmolalidade da hemolinfa da dieta D5, que atingiu um valor de  $421,3 \pm 10,6$  mOsm/kg em comparação com as dietas D1 (dieta controle), D2 e D3, cujos valores foram  $402,5 \pm 6,5$ ,  $408,3 \pm 4,8$ ,  $410,3 \pm 1,3$  mOsm/kg, respectivamente. Em adição, a osmolalidade da hemolinfa de D5 foi igual à de D4 ( $418,8 \pm 7,8$  mOsm/kg). A osmolalidade da água de cultivo, tanto no início como no final do procedimento experimental, não foi significativamente diferente ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos (Figura 4), demonstrando que não houve perdas de íons das dietas para o meio. Por outro lado, os valores de osmolalidade foram altos nas diversas rações elaboradas e estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ) entre todos os tratamentos testados, tendo incrementado de  $797,3 \pm 12,3$  mOsm/kg, para a dieta controle (D1), até  $2.127,3 \pm 31,3$  mOsm/kg, para D5 (Figura 5).

A contagem total de hemócitos em juvenis de *P. vannamei*, tanto no início como no final do procedimento experimental, não foi significativamente diferente ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, o que pode indicar condições de cultivo favoráveis (Figura 6).

As características da água não apresentaram diferença entre os diversos tratamentos, contudo variaram durante o período experimental. O monitoramento diário, em todos os sistemas SARs, indicou que a temperatura da água variou de 27,3 para 31,4 °C (média de 29,6 °C), enquanto o oxigênio dissolvido variou entre 4,2 para 5,7 mg/L (5,1 mg/L). A salinidade variou entre 0,3 e 0,5 ppt (0,4 ppt) e o pH manteve-se entre 7,9 e 8,6 (8,3). Os níveis de amônia (0,00 e 0,24 mg/L), nitrito (0,00 e 0,11 mg/L) e nitrato (0,00 e 0,05 mg/L) permaneceram desprezíveis ao longo do período experimental para todos os tratamentos. Os valores de alcalinidade, dureza, condutividade, cálcio, magnésio e potássio encontram-se descritos na Tabela 3.

#### 4 DISCUSSÃO

A salinidade é um fator abiótico importante que afeta o metabolismo, crescimento, sobrevivência, capacidade osmótica, frequência de muda e o sistema imune de camarões peneídeos (XIE *et al.*, 2014). Cultivos de camarões peneídeos, em águas oligohalinas, podem apresentar altas

taxas de mortalidade quando os indivíduos atingem a fase juvenil, devido às deficiências minerais nos perfis dessas águas (ATWOOD *et al.*, 2003; GONG *et al.*, 2004).

Os valores de sobrevivência, variando entre  $27,0 \pm 1,5\%$  (D1) e  $67,0 \pm 3,5\%$  (D5), podem ser explicados pelo uso de águas oligohalinas, entre 0,3 e 0,5 ppt, o que pode dificultar a regulação osmótica em *P. vannamei*, embora essa espécie seja capaz de tolerar uma ampla faixa de salinidade (0,5 a 60 ppt) (ATWOOD *et al.*, 2003; SAOUD *et al.*, 2003).

As dietas D2, D3, D4 e D5 apresentaram valores de sobrevivência significativamente ( $P < 0,05$ ) diferentes do controle (D1), indicando a importância da suplementação conjugada de NaCl, MgO e KCl. Nesse sentido, pesquisadores têm utilizado da mesma estratégia quando fazem modificações em dietas para melhorar a capacidade osmoregulatória de *P. vannamei*, em cultivos em águas oligohalinas (GONG *et al.*, 2004; ROY *et al.*, 2007).

No presente experimento, o aumento progressivo da suplementação de NaCl nas dietas não foi capaz de incrementar a sobrevivência. Por outro lado, Zhou *et al.* (2014) não observaram aumento na sobrevivência quando *P. vannamei* foi alimentado, durante 50 dias, com dietas suplementadas com NaCl. Nesse caso, as sobrevivências variaram entre 81,7% para a dieta controle e 85,8% para a dieta com NaCl na concentração de 40 g/kg de ração. Da mesma forma, Roy *et al.* (2007) não verificaram alteração na sobrevivência quando juvenis de *P. vannamei* foram alimentados com diferentes dietas suplementadas contendo NaCl, MgO e KCl, em comparação com a dieta basal, durante um cultivo em águas oligohalinas (4 ppt), com duração de 49 dias.

Os pesos finais variaram entre  $11,8 \pm 0,2$  g para a dieta controle (D1) e  $12,7 \pm 0,2$  g para a D5 e foram significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ). No entanto, não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para os pesos finais dos diversos tratamentos (D2, D3, D4 e D5), independente da concentração de NaCl nas diversas rações suplementadas utilizadas. Esses resultados são parcialmente similares aos resultados obtidos por Zhou *et al.* (2014). Nesse caso, ao final do cultivo de *P. vannamei* (peso inicial entre 4,4 e 4,5 g), foram obtidos pesos finais de 11,0, 12,6, 13,4 e 14,6 g, com o uso de rações suplementadas com NaCl nas concentrações de 0 g/kg de ração (controle), 10 g/kg de ração (T1), 20 g/kg de ração (T2) e 40 g/kg de ração (T3), respectivamente.

Roy *et al.* (2007) não encontraram diferenças significativas no peso final de juvenis de *P. vannamei*, cultivados em águas oligohalinas (4 ppt), quando alimentados com rações suplementadas com NaCl nas concentrações de 0 g/kg (basal), 10 g/kg de ração (D1) e 20 g/kg de ração (D2). Da mesma forma, a suplementação do colesterol e da lecitina de soja em rações não foi capaz de incrementar o peso final em experimentos com *P. vannamei*, realizado em águas oligohalinas (4 ppt), com duração de 42 dias (ROY *et al.*, 2006).



Os valores de ganho de peso, TCE e TCA obtidos no presente estudo foram similares aos observados para outros experimentos com *P. vannamei*, cultivado nessa faixa de peso (ROY *et al.*, 2006; ROY *et al.*, 2007; XIE *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2014).

Animais aquáticos eurialinos são capazes de realizar a osmorregulação em seus fluidos corporais dentro de uma faixa estreita de concentração osmótica, enquanto vivem em ambientes com ampla variação de salinidade. O ciclo de vida dos camarões peneídeos, desde a fase pós-larval até o estágio de juvenil, ocorre em estuários e baías costeiras, onde a salinidade pode variar de 0 a mais de 50 ppt. Quando esses camarões chegam à fase subadulta, é iniciada a migração para o mar, onde as salinidades variam entre 30-35 ppt. Nesse ambiente, a concentração osmótica diminui com o aumento do tamanho dos animais (PEQUEUX, 1995; GONG *et al.*, 2004; ROY *et al.*, 2006).

A osmolalidade da hemolinfa de exemplares de *P. vannamei* (Lote 1), em águas oligohalinas (salinidade entre 0,3 e 0,5 ppt), não foi significativamente ( $P > 0,05$ ) influenciada pelo incremento de peso dos indivíduos amostrados, não ficando demonstrado a redução da capacidade osmoregulatória com o incremento do peso dos indivíduos (GONG *et al.*, 2004). Estudos prévios demonstraram uma diferença de 219 mOsm/kg na osmolalidade da hemolinfa, entre juvenis e adultos de *Litopenaeus stylirostris*, mantidos em 10,8 ppt, e uma diferença de 83 mOsm/kg, entre juvenis e adultos de *L. setiferus*, mantidos em 9,8 ppt água do mar (CASTILLE; LAWRENCE, 1981).

No presente estudo, os valores encontrados para osmolalidade estão abaixo dos observados por outros autores para *P. vannamei* (GONG *et al.*, 2004; ROY *et al.*, 2007). Da mesma forma, em um cultivo de *P. latisulcatus*, os valores de osmolalidade da hemolinfa variaram entre 664 e 1.202 mOsm/kg, para as salinidades de 10 e 46 ppt, respectivamente (SANG; FOTEDAR, 2004). Silva *et al.* (2010) encontraram, para o *Farfantepenaeus subtilis*, valores de osmolalidade da hemolinfa variando entre 238 mOsm/kg, para a salinidade de 5 ppt, e 752,5 mOsm/kg, para a salinidade 45 ppt. Resultados similares foram encontrados para reprodutores de *L. stylirostris*, com os valores de osmolalidade da hemolinfa variando entre 680 e 805 mOsm/kg, quando os animais foram mantidos em tanques de cultivo com a osmolalidade do meio variando entre 400 e 1.050 mOsm/kg (WABETE *et al.*, 2006).

Gong *et al.* (2004) analisando a osmolalidade da hemolinfa de *P. vannamei* em águas oligohalinas (2,7 ppt), encontraram valores crescentes entre 500 e 600 mOsm/kg, para indivíduos com peso variando entre 10,0 e 30,0 g. Contudo, quando utilizou uma dieta suplementada com NaCl (5 g/kg de ração), MgO (8 g/kg de ração) e KCl (5 g/kg de ração) na alimentação de camarões cultivados em águas oligohalinas (5,0 ppt), os valores observados se mantiveram em uma faixa estável entre 650 e 700 mOsm/kg, independente do peso dos indivíduos (10,0 e 30,0 g). Similarmente, Roy *et al.* (2007) encontraram valores de 586 e 674 mOsm/kg para um experimento com camarões,

em águas oligohalinas (4 ppt), alimentados com rações suplementadas com NaCl, não havendo, contudo, diferenças significativas entre os tratamentos (10 e 20 g/kg de ração) e o grupo controle.

Apesar da alta concentração de partículas osmoticamente ativas nas dietas utilizadas, os níveis da osmolalidade da água de cultivo dos diversos tratamentos não oscilaram, permanecendo entre 9,0 e 9,8 mOsm/kg, indicando que a suplementação de NaCl em dietas tem potencial para proporcionar benefícios para as espécies aquáticas, não impactando no ambiente de cultivo (ROY *et al.*, 2007).

O estresse proporcionado pela manutenção em cativeiro influencia em vários parâmetros hemato-imunológicos, incluindo a contagem total e diferencial de hemócitos, um dos parâmetros mais afetados por condições de estresse, quer seja ambiental ou por infecções, ou pelo período de ecdise, servindo, portanto, como um indicativo do estado de saúde do animal (SÁNCHEZ *et al.*, 2001; PERAZZOLO *et al.*, 2002; COSTA; MARTINS, 2009). Nesse sentido, a diminuição da contagem total de hemócitos é frequentemente relatada em crustáceos marinhos expostos a condições de estresse (PERAZZOLO *et al.*, 2002).

No presente estudo, os valores observados para contagem total de hemócitos variaram entre  $18.500 \pm 4.250 \times 10^3$  células/mm<sup>3</sup> (D5) e  $27.500 \pm 7.750 \times 10^3$  células/mm<sup>3</sup> (D4), no início do experimento, e  $24.250 \pm 7.750 \times 10^3$  células/mm<sup>3</sup> (D5) e  $36.250 \pm 5.750 \times 10^3$  células/mm<sup>3</sup> (D4), no final do experimento, sendo similares aos encontrados por outros autores, investigando o *P. vannamei* (COSTA; MARTINS, 2009), *F. paulensis* (PERAZZOLO *et al.*, 2002) e *L. stylirostris* (MUGNIER *et al.*, 2008).

No geral, os parâmetros físico-químicos da água durante o experimento foram mantidos dentro do intervalo de tolerância para a maioria das espécies de camarões peneídeos utilizadas na aquicultura, indicando que os sistemas aquícolas de recirculação (SARs) empregados funcionaram efetivamente (BOYD; TUCKER, 1998).

Durante o período experimental, a temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, pH, amônia, nitrito e nitrato se mantiveram dentro da faixa ideal sugerida por Boyd e Tucker (1998). Para cada período analisado, os valores de alcalinidade se mantiveram acima do valor de referência (> 100 mg CaCO<sub>3</sub>/L) sugerido por Boyd e Tucker (1998). O incremento nos níveis de alcalinidade após 7 dias de período experimental pode estar relacionado com processos de desnitrificação, como sugerido por Ray *et al.* (2011). As tendências de curvas para os valores de dureza, são similares as verificadas para a alcalinidade. Contudo, os níveis de dureza se mantiveram abaixo do valor de referência (> 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L) recomendado por Boyd e Tucker (1998). Os valores de condutividade se mantiveram abaixo do valor de referência (> 1.000 µS/cm) sugerido por Boyd e Tucker (1998), sendo que os maiores valores encontrados referem-se as dietas D4, entre 671 e 728 µS/cm, e D5, entre 725 e 746 µS/cm.

O cálcio é um dos minerais mais importantes para a osmorregulação em crustáceos, compreendendo uma fração significativa do exoesqueleto, sendo que baixos níveis de cálcio podem comprometer a frequência de muda, a osmolalidade da hemolinfa, a mineralização da carapaça e a sobrevivência (GREENAWAY, 1993). Os níveis de cálcio dos tratamentos D1, D2 e D3 se mantiveram ligeiramente abaixo do valor de referência (> 40 mg/L) recomendado por Boyd e Tucker (1998), enquanto que para as dietas D4 e D5, os valores observados foram em torno de 40 mg/L.

Um conjunto de íons, incluindo magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e potássio ( $K^+$ ), tem demonstrado limitar o crescimento e a sobrevivência de camarões peneídeos cultivados em águas oligohalinas (SAOUD *et al.*, 2003; DAVIS *et al.*, 2005). Os níveis de magnésio se mantiveram ligeiramente acima do valor de referência (> 20 mg/L) recomendado por Boyd e Tucker (1998). Por outro lado, a concentração de potássio, apesar de ter se mantido abaixo do valor de referência (> 40 mg/L) recomendado por Boyd e Tucker (1998), apresentou tendência de incremento durante o procedimento experimental.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo apresenta uma análise da suplementação de NaCl em dietas utilizadas na alimentação de *Penaeus vannamei*, cultivado em águas oligohalinas. A sobrevivência foi moderada e incrementada pelo uso das diferentes rações suplementadas com NaCl, contudo, o aumento progressivo da suplementação de NaCl nas dietas não foi capaz de incrementar a taxa de sobrevivência. Em adição, não houve diferenças para os pesos finais dos diversos tratamentos, independente da concentração de NaCl. Ao final do experimento, houve um incremento significativo na osmolalidade da hemolinfa da dieta D5, em comparação com as dietas D1 (dieta controle), D2 e D3, indicando a importância de suplementação conjugada de NaCl, MgO e KCl.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We are indebted to the Cearense Foundation of Scientific and Technological Support (FUNCAP) who provided M.Sc. M.G. de Moraes with a scholarship from masters.

**Tabela 1** Formulação e composição centesimal (g/kg) das dietas formuladas e utilizadas no procedimento experimental.

Ingrediente (g/kg)	Ração				
	D1	D2	D3	D4	D5
Farinha de peixe	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Farelo de soja	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0
Farinha de trigo	125,0	125,0	125,0	125,0	125,0
Farelo de arroz desengordurado	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
Amido de milho	53,0	35,0	30,0	20,0	0,0

Lecitina de soja (70%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Óleo de peixe	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Premix vitamínico <sup>1</sup>	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Premix mineral – traços <sup>2</sup>	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Colesterol	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Binder (inerte)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Probiótico Sanolife PRO-W <sup>3</sup>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Melaço	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
MgO	0,0	8,0	8,0	8,0	8,0
KCl	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0
NaCl	0,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Composição (g/kg)					
Proteína	358,0	354,3	352,0	351,1	349,8
Lipídios	90,6	93,3	95,1	93,7	94,8
Cinzas	96,0	103,6	105,3	108,5	113,3
Umidade	107,5	113,8	113,6	115,4	117,1

<sup>1</sup>Vitamina A (mínimo) 9.000,00 UI/kg; vitamina D3 (mínimo) 2.700,00 UI/kg; vitamina E (mínimo) 180,00 UI/kg; vitamina K3 (mínimo) 17,00 mg; vitamina B1 (mínimo) 26,00 mg; vitamina B2 (mínimo) 18,00mg/kg; niacina (mínimo) 89,00 mg/kg; ácido pantotênico (mínimo) 53,00 mg/kg; vitamina B6 (mínimo) 17,00 mg/kg; ácido fólico (mínimo) 6,00 mg/kg; biotina (mínimo) 0,30 mg/kg; vitamina B12 (mínimo) 90,00 mcg/kg; vitamina C (mínimo) 1.000,00 mg/kg.

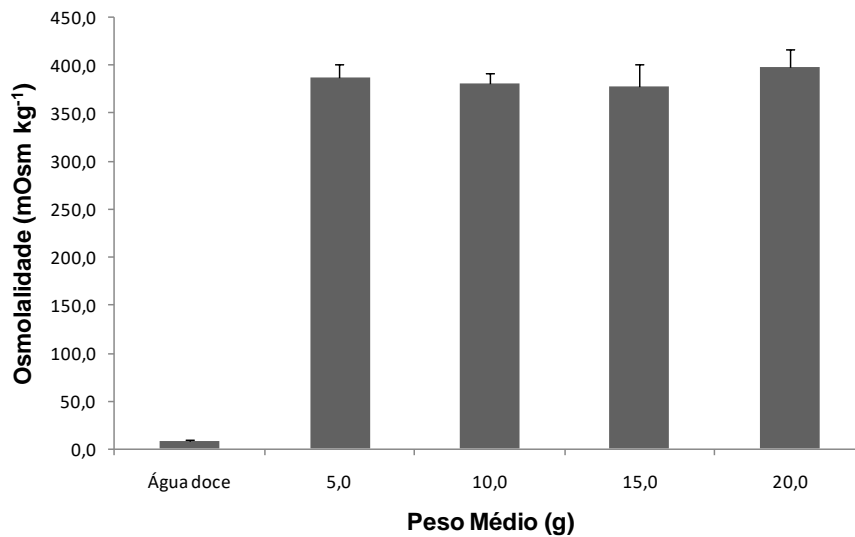
<sup>2</sup>Cálcio (mínimo) 20 g/kg; fósforo (mínimo) 13g/kg; sódio (mínimo) 4.000,00 mg/kg; cobre (mínimo) 75 mg/kg; manganês (mínimo) 40,00 mg/kg; zinco (mínimo) 127,00 mg/kg; iodo (mínimo) 0,30 mg/kg; cobalto (mínimo) 5,00mg/kg; selênio (mínimo) 0,30 mg/kg; cromo (mínimo) 0,01 mg/kg;

<sup>3</sup>*Bacillus licheniformis* (mínimo)  $1,5 \times 10^8$  UFC/kg; *Bacillus subtilis* (mínimo)  $1,5 \times 10^8$  UFC/kg; *Saccharomyces cerevisiae* (mínimo)  $5,0 \times 10^7$  UFC/kg; *Lactobacillus acidophilus* (mínimo)  $3,0 \times 10^7$  UFC/kg; *Bacillus pumilus* (mínimo)  $7 \times 10^7$  UFC/kg.

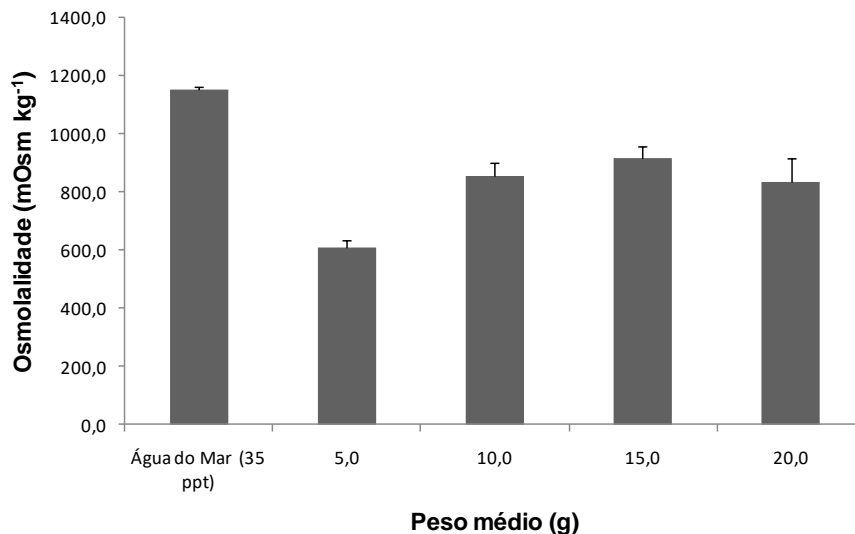
**Tabela 2** Sobrevivência, peso (inicial e final), ganho de peso, taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de crescimento absoluto (TCA) de juvenis de *Penaeus vannamei*, alimentados por 22 dias com diferentes rações suplementadas com NaCl. A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente.

Parâmetro	Ração				
	D1	D2	D3	D4	D5
Sobrevivência	27,0 ± 1,5 <sup>a</sup>	52,0 ± 2,0 <sup>b</sup>	66,0 ± 4,0 <sup>c</sup>	63,0 ± 1,5 <sup>c</sup>	67,0 ± 3,5 <sup>c</sup>
Peso inicial (g)	9,4 ± 0,2	9,3 ± 0,1	9,3 ± 0,1	9,4 ± 0,1	9,4 ± 0,1
Peso final (g)	11,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	12,5 ± 0,1 <sup>b</sup>	12,5 ± 0,1 <sup>b</sup>	12,6 ± 0,1 <sup>b</sup>	12,7 ± 0,2 <sup>b</sup>
Ganho de peso (g)	2,4 ± 0,3 <sup>a</sup>	3,2 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,1 ± 0,2 <sup>b</sup>	3,2 ± 0,2 <sup>b</sup>	3,4 ± 0,1 <sup>b</sup>
TCE (%/dia)	1,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>b</sup>
TCA (g/camarão/semana)	0,8 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>b</sup>

**Figura 1** Níveis de osmolalidade em resposta ao tamanho do juvenil de *Penaeus vannamei*, cultivado na Fazenda Joli Aquicultura Ltda (Russas, Ceará, Brasil), em águas oligohalinas (salinidade entre 0,3 e 0,5 ppt).



**Figura 2** Níveis de osmolalidade em resposta ao tamanho do juvenil de *Penaeus vannamei*, cultivado na Fazenda Joli Aquicultura Ltda (Russas, Ceará, Brasil), em águas oligohalinas (salinidade entre 0,3 e 0,5 ppt) e aclimatado para a água do mar (salinidade 35 ppt).



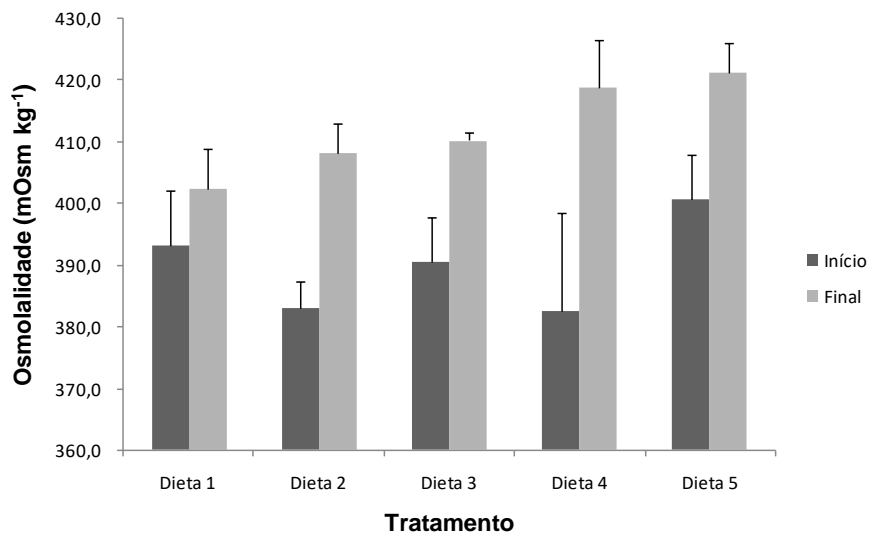
**Tabela 3** Parâmetros de qualidade da água em um cultivo de juvenis de *Penaeus vannamei*, alimentados por 22 dias com diferentes rações suplementadas com NaCl. A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente.

Parâmetro	Tratamento	Período de cultivo (dias)				Valor de referência <sup>1</sup>
		1	8	15	22	
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	D1	138,6	154,0	135,3	127,6	> 100,0
	D2	132,0	151,8	128,7	116,6	
	D3	136,4	151,8	125,4	130,9	
	D4	138,6	167,2	138,6	125,4	
	D5	137,5	151,8	138,6	125,5	
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	D1	174,2	174,2	174,2	168,2	> 200,0
	D2	166,2	174,2	156,2	154,2	
	D3	158,2	164,2	162,2	150,2	
	D4	212,2	206,2	182,2	174,2	

	D5	182,2	226,2	184,2	196,2	
	D1	662,0	671,0	679,0	633,0	
	D2	575,0	523,0	493,0	445,0	
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	D3	544,0	585,0	551,0	544,0	> 1.000,0
	D4	717,0	728,0	715,0	671,0	
	D5	725,0	746,0	739,0	738,0	
	D1	33,6	40,0	33,6	33,6	
	D2	28,0	35,2	27,2	26,4	
Cálcio (mg/L)	D3	29,6	37,6	29,6	31,2	> 40,0
	D4	44,8	40,0	39,2	38,4	
	D5	35,2	42,4	39,2	42,4	
	D1	21,9	18,0	21,9	20,4	
	D2	23,3	20,9	21,4	21,4	
Magnésio (mg/L)	D3	20,4	17,0	21,9	17,5	> 20,0
	D4	24,3	25,8	20,4	19,0	
	D5	22,8	29,2	20,9	21,8	
	D1	21,2	23,3	24,1	34,7	
	D2	21,0	27,6	26,2	32,5	
Potássio (mg/L)	D3	20,0	33,7	28,0	33,3	> 40,0
	D4	23,6	30,3	35,6	37,7	
	D5	25,0	32,0	37,8	38,5	

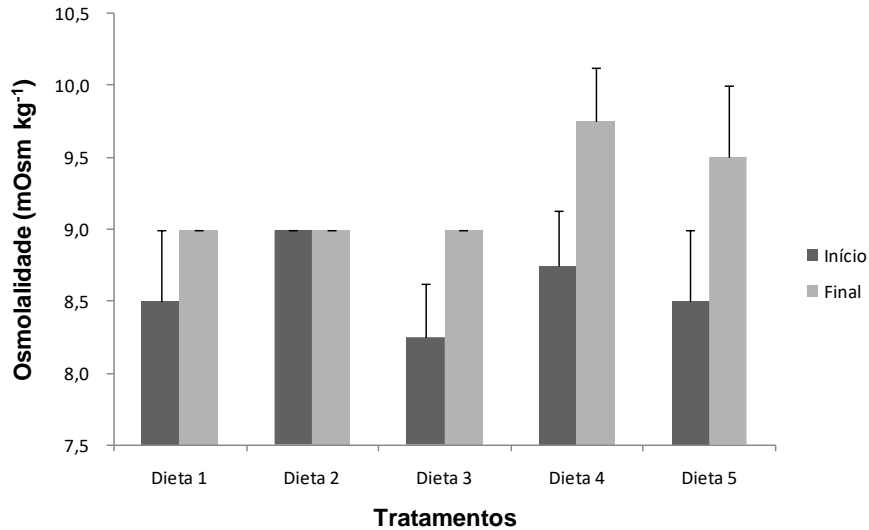
<sup>1</sup>Valor referência de acordo com Boyd e Tucker (1998).

**Figura 3** Níveis de osmolalidade em juvenis de *Penaeus vannamei*, alimentados por 22 dias com diferentes rações suplementadas com NaCl, no início e no final do procedimento experimental. A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente.

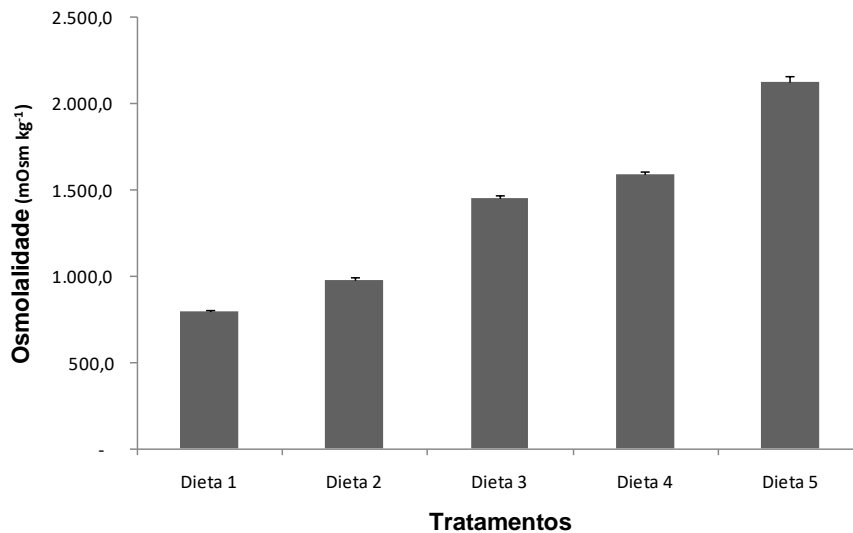




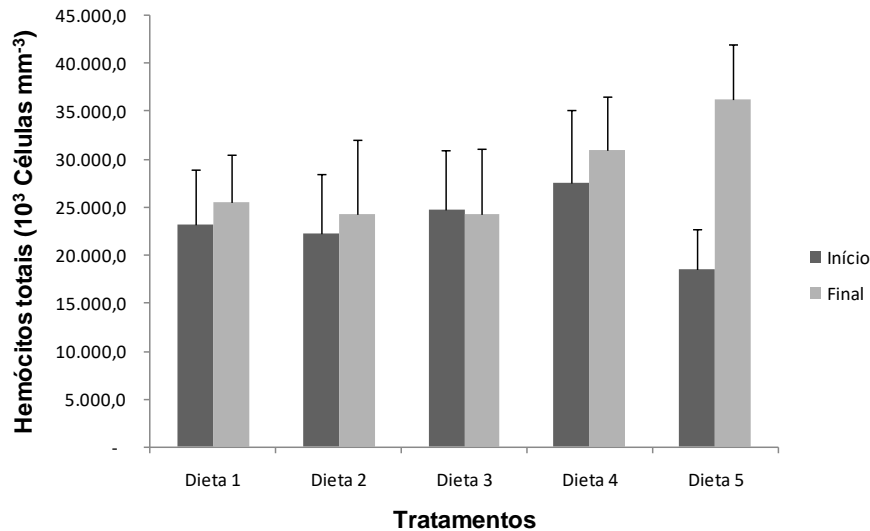
**Figura 4** Níveis de osmolalidade na água de cultivo de juvenis de *Penaeus vannamei*, alimentados por 22 dias com diferentes rações suplementadas com NaCl, no início e no final do procedimento experimental. A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente.



**Figura 5** Níveis de osmolalidade nas dietas utilizadas na alimentação de juvenis *Penaeus vannamei*, alimentados por 22 dias durante procedimento experimental. A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente.



**Figura 6** Contagem de hemócitos totais em juvenis de *Penaeus vannamei*, alimentados por 22 dias com diferentes rações suplementadas com NaCl, no início e no final do procedimento experimental. A suplementação com NaCl foi feita nas dietas D1, D2, D3, D4 e D5 nas concentrações de 0 g/kg de ração, 5 g/kg de ração, 10 g/kg de ração, 20 g/kg de ração e 40 g/kg de ração, respectivamente.



## REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC, 1995.

ATWOOD, H. L.; YONG, S. P.; TOMASSO, J. R.; BROWDY, C. L. Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low-salinity and mixed-salt environments. J. World Aquacult. Soc., v. 34, p. 518-523, 2003.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 700 p., 1998.

BRAY, W. A.; LAWRENCE, A. L.; LEUNG-TRUJILLO, J. R. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observation on the interaction of IHNV virus and salinity. Aquaculture, v. 122, p. 133-146, 1994.

CASTILLE, F.L.; LAWRENCE, A.L. A comparison of the capabilities of juvenile and adult *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris* to regulate the osmotic, sodium, and chloride concentrations in the hemolymph. Comp. Biochem. Physiol. A, v. 68, p. 677-680, 1981.

CHAN, S. M.; RANKIN, S. M.; KEELEY, L. L. Characterization of the molt stages in *Penaeus vannamei*: setogenesis and hemolymph levels of total protein, ecdysteroides, and glucose. Biological Bulletin, v. 175, p. 185-192, 1988.

- CHARMANTIER, G.; CHARMANTIER-DAURES, M.; TOWLE, D. Osmotic and ionic regulation in aquatic arthropods. *In*: EVANS, D.H. (Ed.), Osmotic and Ionic Regulation. Cells and Animals. CRC Press, Boca Raton, FL, New York, NY, Oxford, UK, pp. 165–230, 2009.
- COSTA, A. M.; MARTINS, P. C. C. Analysis of total hemocytes counting and capacity of hemolymph coagulation of shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in ponds with occurrence of myonecrosis. *B. Inst. Pesca*, v. 35, p. 545–551, 2009.
- CUVIN-ARALAR, M. L. A.; LAZARTIGUE, A. G.; ARALAR, E. V. Cage culture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) at different stocking densities in a shallow eutrophic lake. *Aquaculture Research*, v. 40, p. 181–187, 2009.
- DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; BOYD, C. E.; ROUSE, D. B. Effects of potassium, magnesium, and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae reared in inland low salinity well waters in west Alabama. *J. World Aquac. Soc.*, v. 36, p. 403–406, 2005.
- FREIRE, C. A.; AMADO, E. M.; SOUZA, L. R.; VEIGA, M. P. T.; VITULE, J. R. S.; SOUZA, M. M.; PRODOCIMO, V. Muscle water control in crustaceans and fishes as a function of habitat, osmoregulatory capacity, and degree of euryhalinity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 149A, 435–446. 2008.
- GONG, H.; JIANG, D. H.; LIGHTNER, D. V.; COLLINS, C.; BROCK, D. A dietary modification approach to improve the osmoregulatory capacity of *Litopenaeus vannamei* cultured in the Arizona desert. *Aquaculture Nutrition*, v.10, p. 227–236, 2204.
- GREENAWAY, P. Calcium and magnesium balance during molting in land crabs. *Journal of Crustacean Biology*, v. 13, p. 191–197, 1993.
- MUGNIER, C.; ZIPPER, E.; GOARANT, C.; LEMONNIER, H. Combined effect of exposure to ammonia and hypoxia on the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* survival and physiological response in relation to molt stage. *Aquaculture*, v. 274, p. 398–407, 2008.
- PEQUEUX, A. Osmotic regulation in crustaceans. *J. Crustacean Biol.*, v. 15, p. 1–60, 1995.
- PERAZZOLO, L. M.; GARGIONI, R.; OGLIARI, P.; BARRACCO, M. A. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. *Aquaculture*, v. 214, p. 19–33, 2002.
- PONCE-PALAFOX, J.; MARTINEZ, P. C. A.; ROSS, L. G. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, v.157, p. 107-115, 1997.
- RAY, A. J.; DILLON, K. S.; LOTZ, J. M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, v. 45, p. 127–136, 2011.

- ROMANO, N.; ZENG, C. Osmoregulation in decapod crustaceans: implications to aquaculture productivity, methods for potential improvement and interactions with elevated ammonia exposure. *Aquaculture*, v. 334–337, p. 12–23, 2012.
- ROY, L. A.; DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P. Effects of lecithin and cholesterol supplementation to practical diets for *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity waters. *Aquaculture*, v. 257, p. 446–452, 2006.
- ROY, L. A.; DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; HENRY, R. P. Supplementation of potassium, magnesium and sodium chloride in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture Nutrition*, v. 13, p. 104–113, 2007.
- SANG, H. M.; FOTEDAR, R. Growth, survival, haemolymph osmolality and organosomatic indices of the western king prawn (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896) reared at different salinities. *Aquaculture*, v. 234, p. 601–614, 2004.
- SÁNCHEZ, A.; PASCUAL, C.; SÁNCHEZ, A.; VARGAS-ALBORES, F.; Le MOULLAC, G.; ROSAS, C. Hemolymph metabolic variables and immune response in *Litopenaeus setiferus* adult males: the effect of acclimation. *Aquaculture*, v. 198, p. 13–28, 2001.
- SAOUD, I. P.; DAVIS, D. A.; ROUSE, D. B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, v. 217, p. 373–383, 2003.
- SILVA, E.; CALAZANS, N.; SOARES, M.; SOARES, R.; PEIXOTO, S. Effect of salinity on survival, growth, food consumption and haemolymph osmolality of the pink shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). *Aquaculture*, v. 306, p. 352–356, 2010.
- SÖDERHÄLL, K.; SMITH, V. J. Separation of the haemocyte population of *Carcinus maenas* and other marine decapods and prophenoloxidase distribution. *Dev. Comp. Immunol.*, v. 7, p. 229–239, 1983.
- WABETE, N.; CHIM, L.; PHAM, D.; LEMAIRE, P.; MASSABUAU, J. C. A soft technology to improve survival and reproductive performance of *Litopenaeus stylirostris* by counterbalancing physiological disturbances associated with handling stress. *Aquaculture*, v. 260, p. 181–193, 2006.
- XIE, S. W.; TIAN, L. X.; JIN, Y.; YANG, H. J.; LIANG, G. Y.; LIU, Y. J. Effect of glycine supplementation on growth performance, body composition and salinity stress of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* fed low fishmeal diet. *Aquaculture*, v. 418–419, p. 159–164, 2014.
- YE, L.; JIANG, S.; ZHU, X.; YANG, Q.; WEN, W.; WU, K. Effects of salinity on growth and energy budget of juvenile *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, v. 290, p. 140–144, 2009.

ZHOU, X. X.; ZHANG, J. Y.; LIU, S. L.; DING, Y. T. Supplementation of sodium chloride in diets to improve the meat quality of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low-salinity water. *Aquaculture Research*, v. 45, p. 1187–1195, 2014.