

CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO COM BIOFLOCOS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNA COM E SEM PROBIÓTICO¹

FABIANA PENALVA DE MELO^{2*}; MARIA GABRIELA PADILHA FERREIRA²; JOÃO PAULO VIANA DE LIMA³; EUDES DE SOUZA CORREIA²

RESUMO – O presente trabalho avaliou o desempenho do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* alimentado com dietas de diferentes níveis protéicos em sistema de bioflocos com e sem a adição de probiótico. Foi adotado um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4×2, com quatro níveis de proteína na dieta (20, 25, 30 e 35% PB), como primeiro fator (P20, P25, P30 e P35), e a adição de probiótico na água de cultivo, como segundo fator (P20_{pro}, P25_{pro}, P30_{pro} e P35_{pro}). Foram utilizados 24 tanques em fibra de vidro (800 L volume útil) estocados com 300 camarões m⁻³ (peso inicial 1,55±0,01 g). As variáveis de qualidade da água foram mensuradas periodicamente e não apresentaram diferença estatística, exceto o teor de nitrito, influenciado significativamente ($P<0,05$) pelos níveis de proteína. Após 50 dias de cultivo o peso médio final dos camarões foi de 7,2±0,4 g ($P\geq0,05$) entre os tratamentos. A interação entre os níveis protéicos e a adição de probiótico influenciaram significativamente ($P<0,05$) na sobrevivência (70,5-90,0%) e na biomassa final (1,3-2,0 Kg m⁻³). Dessa forma, em cultivo intensivo de *L. vannamei*, com utilização de bioflocos como fonte de alimento suplementar, é possível reduzir os níveis de proteína da ração de 35 para 25% sem comprometer o desempenho zootécnico dos camarões e a qualidade da água.

Palavras-chave: *Litopenaeus vannamei*. Flocos microbianos. Melaço. Proteína. Sem renovação de água.

MARINE SHRIMP CULTURE WITH BIOFLOCS UNDER DIFFERENT PROTEIN LEVELS WITH AND WITHOUT PROBIOTIC

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the culture of *Litopenaeus vannamei* marine shrimp fed with different protein levels diets in heterotrophic systems with and without probiotic addition. It was adopted a completely randomized design with 4x2 factorial arrangement, using four dietary protein levels (20, 25, 30 e 35% CP), as the first factor (P20, P25, P30, and P35), and probiotic addition in the water, as the second factor (P20_{pro}, P25_{pro}, P30_{pro} e P35_{pro}). For this were used 24 fiberglass tanks (800 L working volume) stocked with 300 shrimp m⁻³ (initial weight 1.55±0.01 g). Water quality parameters were analyzed periodically and showed no significant differences, except nitrite that was influenced by the protein levels ($P<0.05$). After 50 culture days, shrimp final weight averaged 7.2±0.4 g ($P\geq0.05$). The interaction of protein levels vs. probiotic addition influenced significantly ($P<0.05$) the survival (70.6 to 90.0%) and final biomass (1.3-2.0 Kg m⁻³). In *Litopenaeus vannamei* intensive culture with the utilization of biofloc as the supplemental food, it is possible to reduce the protein levels of feed from 35 to 25%, without compromising the shrimp growth performance and water quality of the culture.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, Microbial Floccs, molasses, protein, zero water exchange.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 30/09/2014; aceito em 22/05/2015.

Trabalho de Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura do primeiro autor.

²Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola (LAPAq), Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900, Recife (PE), Brasil; fabianapenalva@gmail.com, mariagabriela.ferreira@gmail.com, ecorreia@depaq.ufpe.br.

³Instituto Agrônomico de Pernambuco (IPA), 50761-000, Recife (PE), Brasil; joaopaulo_lima@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios enfrentados na aquicultura é a produção de organismos nutricionalmente saudáveis com o menor custo econômico e ecológico (BECERRA-DORAME et al., 2012). A criação de camarões marinhos em sistemas de cultivo semi-intensivos ou intensivos depende principalmente de uma alimentação exógena, o que representa mais de 50% dos custos operacionais (MARTINEZ-CORDOVA et al., 2003; SHIAU; BAI, 2009). Além disso, o alimento não consumido é a principal fonte de deterioração da qualidade da água, impactando os ecossistemas receptores.

A água dos efluentes, oriunda de sistemas de produção intensivos, é caracteristicamente rica em nutrientes como nitrogênio, fósforo, material particulado orgânico e inorgânico e demanda de oxigênio (COHEN et al., 2005). A degradação ambiental reduz a produtividade e aumenta o estresse sobre os organismos cultivados, deixando-os vulneráveis a doenças. Para minimizar a quantidade de nutrientes liberados nos ecossistemas costeiros e as perdas de produção causadas pelo surgimento de enfermidades, tem-se adotado atualmente sistemas de cultivo com limitada ou nenhuma troca d'água (SAMOCHA et al., 2007; MISHRA et al., 2008).

Nesse contexto, a tecnologia de bioflocos (BFT) se apresenta como uma alternativa para resolver problemas nutricionais e de biossegurança, uma vez que esse sistema tem como base a manipulação da comunidade microbiana através da adição de fontes de carbono que promovam o crescimento de bactérias heterotróficas (CRAB et al., 2007, CRAB et al., 2009). Essas bactérias se desenvolvem ao longo do cultivo e utilizam o carbono orgânico e o nitrogênio inorgânico da amônia para produzir biomassa na forma de partículas floculadas (biofoco), promovendo uma fonte suplementar de alimento para os camarões (DE SCHRYVER et al., 2008, AZIM; LITTLE, 2008, WASIELESKY et al., 2006, BURFORD et al., 2004). Essa suplementação, em alguns casos, pode reduzir parcialmente o teor de proteína utilizado na ração (BURFORD et al., 2004, WASIELESKY et al., 2006), além de melhorar a qualidade da água a partir da remoção da amônia tóxica (HARGREAVES, 2006; DE SCHRYVER et al., 2008).

Alternativa adicional, no âmbito da suplementação nutricional, é a utilização de probióticos, os quais surgem como ferramenta importante para prevenção de doenças e melhoramento do manejo nutricional dos animais aquáticos. A utilização desses suplementos microbianos (probióticos) tem crescido consideravelmente na aquicultura devido a demanda por práticas ambientalmente seguras (WANG, 2008, GATESOUBE, 1999). Dentre os benefícios associados a esses suplementos estão a melhoria na qualidade da água de cultivo (SILVA et al., 2012, LAKSHMANAN; SUNDARAPANDIAN, 2008, WANG

et al., 2005), redução do estresse e aumento da resistência a doenças (TSENG et al., 2009) e ganhos significativos em termos de sobrevivência e crescimento dos camarões cultivados (ZHOU et al., 2009, SILVA et al., 2013).

O presente estudo objetiva avaliar os efeitos da alimentação do camarão *Litopenaeus vannamei* com dietas contendo diferentes níveis de proteína com e sem a utilização de probiótico sobre o crescimento, sobrevivência, produtividade, eficiência protéica, conversão alimentar e a qualidade da água nos tanques de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação de Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife (PE), Brasil, durante 50 dias de cultivo. Um arranjo fatorial 4 x 2 foi aplicado para avaliar os quatro níveis de proteína na dieta (20, 25, 30 e 35% PB), como primeiro fator, e a adição de probiótico, como segundo fator. Os tratamentos sem adição de probiótico foram denominados de P20, P25, P30 e P35, enquanto os tratamentos com probiótico na água estão referidos como P20_{Pro}, P25_{Pro}, P30_{Pro} e P35_{Pro}.

O cultivo foi realizado em vinte e quatro tanques circulares de fibra de vidro com capacidade para 1000 L (800 L volume útil), com 0,95 m² de área e 0,65 m de coluna d'água, localizados em uma área externa e abastecidos com uma mistura de 300 litros de água salgada, proveniente de uma larvicultura comercial de camarão marinho, complementadas com 500 litros de água oriunda de um sistema de cultivo com bioflocos (25 g L⁻¹). O nível da água dos tanques de cultivo foi complementado semanalmente com água doce apenas para manter o nível de água nos tanques e repor as perdas por evaporação. Juvenis de *Litopenaeus vannamei*, com peso médio de 1,55±0,01 g, foram estocados aleatoriamente nos tanques de cultivo em uma densidade de 300 camarões m⁻³ (240 camarões tanque⁻¹).

As dietas utilizadas neste estudo foram fabricadas pela IRCA Produção Animal (IRCA, PE, Brasil) contendo 20, 25, 30 e 35% de proteína bruta (Carcimax HS, IRCA, PE, Brasil). A alimentação foi fornecida quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h) em bandejas de alimentação, o que permitiu a visualização de restos de alimentação e o ajuste diário do alimento fornecido. A quantidade de alimento foi calculada com base nos dados obtidos das biometrias semanais, considerando o crescimento de 1 g semana⁻¹, fator de conversão alimentar de 1,5 e mortalidade estimada de 0,5% semana⁻¹, de acordo com Samocha et al. (2007).

Após a estocagem, diariamente foi adicionado a água do cultivo melaço de cana-de-açúcar como substrato para o desenvolvimento das bactérias e controle dos níveis de amônia. A quantidade de me-

laço foi calculado com base na relação C:N de 6:1, no qual 6 g de carbono orgânico foram necessários para imobilizar 1 g de nitrogênio amoniacal encontrado na água de cultivo, conforme recomendado por Avnimelech (1999) e Samocha et al. (2007). Nos tratamentos com adição de probiótico fora utilizado um probiótico comercial específico para ser adicionado a água (INVE, Sanolife[®] PRO-W), composto por cepas liofilizadas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* na concentração de 5×10^{10} UFC g⁻¹. Análises prévias garantiram a dose aplicada na concentração recomendada pelo fabricante.

Durante o período experimental foram verificados a temperatura da água, o oxigênio dissolvido, o pH e a salinidade em cada tanque, duas vezes ao dia (8:00 e 16:00 h), com a utilização de multiparâmetro YSI 556 MPS (YSI Incorporation, Ohio, USA). Semanalmente foram coletadas amostras de água de cada tanque para determinação dos níveis de nitrogênio da amônia total (NAT), nitrito-N (NO₂-N), nitrato-N (NO₃-N), ortofosfato (PO₄-P) e alcalinidade total. Previamente às análises, as amostras foram filtradas utilizando filtro analítico de 0,45 µm. Os compostos nitrogenados foram mensurados utilizando as versões dos métodos HACH TNT 830 (método salicilato), 8507 (método de diazotização) e 8539 (redução de cádmio) para NAT, NO₂-N e NO₃-N, respectivamente. A concentração de ortofosfato mensurada usando-se o método PhosVer[®]3 8048 (ácido ascórbico). As amostras lidas através de espectrofotômetro digital HACH DR 2800 (Hach Company, Colorado, USA). A Alcalinidade total determinada por titulação volumétrica (APHA, 1995). Quando os níveis de alcalinidade total ficaram

abaixo de 150 mg CaCO₃ L⁻¹ fora adicionado bicarbonato de sódio a fim de evitar que essa variável ficasse abaixo de 100 mg CaCO₃ L⁻¹ e com o objetivo de favorecer o processo de nitrificação.

As variáveis de desempenho dos camarões (peso final, biomassa final, sobrevivência, taxa de crescimento específico, fator de conversão alimentar e eficiência protéica) e os parâmetros de qualidade da água foram analisados utilizando-se a análise de variância (ANOVA) para determinar o efeito dos níveis protéicos (20, 25, 30 e 35% PB) e sua interação com adição de probiótico na água, ao nível de significância de 5%. Os valores de sobrevivência foram transformados por meio da função $\arcsen x^{0.5}$. Os testes de normalidade e homocedasticidade efetuados antes das análises para verificar a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias. Nos casos em que houve diferença significativa o teste de Tukey foi aplicado para comparação das médias, ao nível de significância de 5% utilizando o *software SysEAPRO* versão 1.0 (ZAR, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de qualidade da água no que diz respeito à temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, nitrogênio da amônia, nitrato, ortofosfato e alcalinidade total não foram afetados pelos níveis de proteína das rações e pela adição de probiótico na água ($P \geq 0,05$) (Tabela 1). No entanto, o nitrito apresentou valores significativamente maiores nos tratamentos P20 e P25_{Pro} ($P < 0,05$).

Tabela 1. Efeito dos diferentes níveis de proteína e da adição de probiótico na água sobre as variáveis da qualidade da água durante o período experimental (média±desvio padrão).

Variáveis	Níveis de proteína (% PB) ⁽¹⁾				Adição de Probiótico ⁽²⁾		ANOVA (valores de P)		
	20	25	30	35	Com Probiótico	Sem Probiótico	NP	P _{água}	NP x P _{água}
Temperatura (°C)	29,12 (±1,8)	29,19 (±1,8)	29,13 (±1,7)	28,99 (±1,7)	29,11 (±1,7)	29,10 (±1,7)	NS	NS	NS
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	5,96 (±0,7)	5,95 (±0,9)	5,78 (±0,8)	5,86 (±0,9)	5,88 (±0,9)	5,89 (±0,8)	NS	NS	NS
pH	7,75 (±0,2)	7,69 (±0,2)	7,69 (±0,2)	7,73 (±0,3)	7,69 (±0,3)	7,74 (±0,2)	NS	NS	NS
Salinidade (g L ⁻¹)	22,50 (±1,7)	22,51 (±1,9)	22,48 (±1,8)	22,52 (±1,7)	22,68 (±1,8)	22,33 (±1,7)	NS	NS	NS
NAT (mg L ⁻¹)	0,21 (±0,2)	0,22 (±0,2)	0,23 (±0,2)	0,24 (±0,2)	0,21 (±0,2)	0,24 (±0,2)	NS	NS	NS
NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	5,51 (±8,7 ^b)	4,42 ^{ab} (±6,9)	4,10 ^{ab} (±5,8)	2,48 ^a (±3,4)	3,99 (±6,4)	4,29 (±6,7)	*	NS	NS
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	24,28 (±15,7)	20,85 (±13,4)	25,96 (±16,9)	26,18 (±15,5)	23,69 (±16,0)	24,98 (±14,8)	NS	NS	NS
PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	25,12 (±6,8)	28,68 (±9,1)	27,72 (±10,2)	30,98 (±13,3)	28,38 (±11,2)	27,88 (±9,2)	NS	NS	NS
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	158,9 (±40,6)	159,1 (±42,3)	142,4 (±46,2)	151,0 (±45,9)	154,8 (±42,2)	150,8 (±45,7)	NS	NS	NS

*Valores apresentados como médias ± desvio padrão. ⁽¹⁾ Média de seis repetições. ⁽²⁾ Média de doze repetições. NP - nível de proteína da dieta; P_{água} - probiótico na água; NP x P_{água} - interação dos níveis de proteína da dieta com a adição de probiótico na água; Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey. NS = não significativo ($P \geq 0,05$). * $P < 0,05$.

Durante o período de cultivo a temperatura média foi de 29,1 °C, variando de 25,6 a 33,1 °C. As salinidades mínima (20,0 g L⁻¹) e máxima (27,0 g L⁻¹) indicaram uma pequena variação, registrando uma média de 22,5 g L⁻¹. Essas variáveis permaneceram dentro da faixa recomendada ao melhor desenvolvimento do *L. vannamei* (PONCE-PELAFOX, 1997).

O pH e o oxigênio dissolvido (OD) variaram de 6,72 a 8,84 e de 4,9 a 8,1 mg L⁻¹. Devido a intensa respiração dos organismos heterotróficos houve uma tendência natural do ambiente de cultivo apresentar pH com valores inferiores a 7, o que pode afetar o crescimento do camarão *L. vannamei* em sistemas de cultivo com bioflocos (WASIELESKY et al., 2006). A concentração média de OD (5,89±0,9 mg L⁻¹) foi superior aos níveis considerados ideais por Boyd e Clay (2002) para sistemas de cultivo intensivo, em que devem ser mantidos níveis acima de 4 mg L⁻¹.

As concentrações dos compostos nitrogenados inorgânicos (NAT, NO₂-N, NO₃-N) e do ortofosfato (PO₄-P) durante o período experimental estão apresentadas na Tabela 1 e Figura 1. As concentrações de NAT durante o período experimental mantiveram-se abaixo de 0,50 mg L⁻¹ em todos os tratamentos ($P \geq 0,05$) (Tabela 1 e Figura 1A). Burford et al. (2003) reportaram que níveis de nitrogênio da amônia total de 0,90 mg L⁻¹ não interferiram na produção do camarão em viveiros revestidos de lona e operados em alta densidade de estocagem. Já Samocha et al. (2007) reportaram que a suplementação de melço, no cultivo intensivo do *L. vannamei* sem troca de água, ajudou no controle da amônia. Neste estudo, os dados sugerem que a comunidade de bactérias oxidantes da amônia (BOA) estava estabelecida decorrente das baixas concentrações registradas para esse composto.

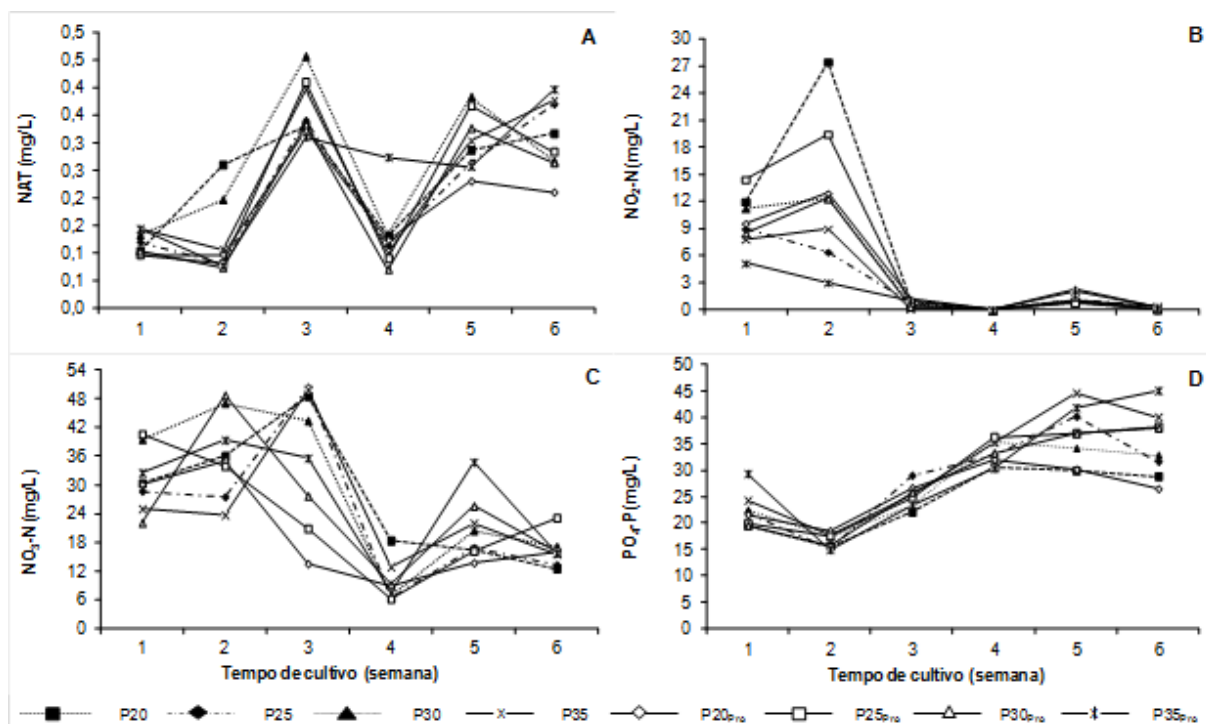


Figura 1. Concentrações médias de nitrogênio da amônia total (A), nitrito-N (B), nitrato-N (C) e ortofosfato (D) durante o cultivo do *L. vannamei* alimentado com diferentes níveis protéicos com e sem adição de probiótico.

As maiores concentrações de nitrito (27,47 e 19,47 mg NO₂-N L⁻¹) foram registradas na segunda semana de cultivo nos tratamentos P20 e P25_{Pro}, respectivamente (Figura 1B). No entanto, a partir da terceira semana de cultivo todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência com concentrações médias de 0,66 mg NO₂-N L⁻¹. Lin e Chen (2003) indicam concentrações de 15,2 e 25,7 mg NO₂-N L⁻¹ como níveis seguros para cultivos de *L. vannamei* em salinidades de 25 e 35 g L⁻¹, respectivamente. Os resultados encontrados para essa variável são semelhantes aos obtidos por González-Félix et al. (2007) e Correia et al. (2014), que relatam o acúmulo do nitrito a partir da terceira semana de cultivo do *L. vanna-*

mei alimentado com dietas de diferentes níveis de proteína e sem troca de água.

O nitrato é produto final do processo da nitrificação e o menos tóxico dos compostos nitrogenados. Devido a esse processo em sistemas de cultivo dominados por bioflocos, o nitrato tende a se acumular (KUHN et al., 2010). Esses autores demonstraram que níveis maiores que 220 NO₃-N L⁻¹ afeta negativamente a sobrevivência dos camarões e que níveis de 435 mg NO₃-N L⁻¹ não são seguros para o cultivo do *L. vannamei*. Em nosso estudo, foi registrada uma concentração média de 24,3 mg NO₃-N L⁻¹, valores menores que o “nível seguro” estimado para criação de juvenis do camarão *Penaeus monodon* (232 mg

$\text{NO}_3\text{-N L}^{-1}$ em 35 g L^{-1} de salinidade) determinados por Tsai e Chen (2002).

Os níveis de ortofosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) exibiram a mesma tendência para todos os tratamentos, ao longo do cultivo, com o acúmulo desse nutriente (Figura 1D). Ao final do período experimental foram registradas as concentrações de 24,4, 25,8, 28,4, 28,9, 27,5, 27,9, 31,2 e 30,8 $\text{mg PO}_4\text{-P L}^{-1}$ para os tratamentos P20, P20_{pro}, P25, P25_{pro}, P30, P30_{pro}, P35, P35_{pro}, respectivamente. O acúmulo desse nutriente é uma característica dos sistemas de cultivo intensivo sem troca de água, conforme estudos realizados por Burford et al. (2003), Hopkins et al. (1993) e Handy et al. (2004). Entretanto, o acúmulo do ortofosfato no cultivo intensivo do camarão *L. vannamei*, em sistemas dominados por bioflocos e sem troca de água, pode ser minimizado pelo uso de tanques de sedimentação (RAY et al., 2010, SCHVEITZER et al., 2013) ou fracionadores de espuma (CORREIA et al.,

2014). No presente estudo, essas ferramentas de manejo não foram utilizadas, podendo estar relacionada com as elevadas concentrações ao final do cultivo.

O desempenho do crescimento dos camarões após 50 dias de cultivo está apresentado na Tabela 2. O peso final, a taxa de crescimento específico e o fator de conversão alimentar não foram afetados ($P>0,05$) pelos níveis de proteína, pela adição de probiótico na água de cultivo ou suas interações. A média do peso final, registrada ao final do experimento, foi de $7,17\pm 0,72 \text{ g}$, resultando no ganho de peso médio de $5,62 \text{ g}$, com as menores médias correspondentes aos tratamentos P25 e P20 ($4,64$ e $5,48 \text{ g}$, respectivamente), sem diferença significativa entre os tratamentos ($P\geq 0,05$). O crescimento semanal dos camarões variou de $0,71$ a $0,83 \text{ g semana}^{-1}$, com taxa de crescimento específico (TCE) variando de $2,89$ a $3,15\% \text{ dia}^{-1}$, sem diferença significativa entre os tratamentos ($P\geq 0,05$).

Tabela 2. Efeito dos diferentes níveis de proteína e da adição do probiótico na água sobre o crescimento do camarão *Litopenaeus vannamei* ($1,55\pm 0,1 \text{ g}$) cultivado durante 50 dias, sem renovação de água.

Variáveis	Níveis proteína (% PB) ⁽¹⁾				Adição de Probiótico ⁽²⁾		ANOVA (Valores de P)		
	20	25	30	35	Com Probiótico	Sem Probiótico	NP	P _{água}	NP x P _{água}
	Peso final (g)	6,61 ($\pm 0,56$)	7,24 ($\pm 0,68$)	7,34 ($\pm 0,64$)	7,50 ($\pm 0,78$)	7,06 ($\pm 0,77$)	7,29 ($\pm 0,66$)	NS	NS
Biomassa final (Kg m^{-3})	1,51 ($\pm 0,45$)	1,81 ($\pm 0,19$)	1,81 ($\pm 0,32$)	1,80 ($\pm 0,28$)	1,60 ($\pm 0,36$)	1,86 ($\pm 0,24$)	NS	NS	*
Sobrevivência (%)	75,55 ($\pm 20,5$)	83,54 ($\pm 4,6$)	81,67 ($\pm 10,6$)	80,00 ($\pm 9,6$)	75,21 ($\pm 13,8$)	85,17 ($\pm 8,3$)	NS	NS	*
TCE ($\% \text{ dia}^{-1}$)	2,89 ($\pm 0,17$)	3,07 ($\pm 0,19$)	3,10 ($\pm 0,18$)	3,15 ($\pm 0,20$)	3,02 ($\pm 0,22$)	3,09 ($\pm 0,18$)	NS	NS	NS
REP	2,35 ($\pm 0,93$)	2,31 ($\pm 0,49$)	1,80 ($\pm 0,37$)	1,38 ($\pm 0,15$)	1,87 ($\pm 0,75$)	2,04 ($\pm 0,58$)	NS	NS	NS
FCA	2,71 ($\pm 1,85$)	1,79 ($\pm 0,36$)	1,94 ($\pm 0,51$)	2,10 ($\pm 0,26$)	2,35 ($\pm 1,32$)	1,92 ($\pm 0,43$)	NS	NS	NS

Valores apresentados como médias \pm desvio padrão. ⁽¹⁾ Média de seis repetições. ⁽²⁾ Média de doze repetições. NP - nível protéico; P_{água} - probiótico na água; NP x P_{água} - interação dos níveis de proteína com a adição de probiótico na água; TCE - Taxa de crescimento específico = $100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / T$; Pi - peso inicial, Pf - peso final, T - tempo de cultivo. REP - Relação de eficiência proteica = Ganho de biomassa/proteína fornecida; FCA - Fator de conversão alimentar = Consumo de ração/Ganho de biomassa; NS = não significativo ($P\geq 0,05$). * $P<0,05$.

A utilização de probiótico na aquicultura tem crescido rapidamente como uma estratégia de manejo com melhora na nutrição, crescimento e sobrevivência dos animais cultivados. Entretanto, esses resultados não foram observados por alguns autores. McIntosh et al. (2000), ao avaliarem o efeito da adição de suplemento bacteriano sobre o desempenho do camarão *Litopenaeus vannamei* alimentados com dietas de 21% de proteína bruta, não observaram diferenças significativas sobre o peso final, fator de conversão alimentar e sobrevivência dos camarões após 94 dias de cultivo. Do mesmo modo, Devaraja et al. (2002) não encontraram diferenças significativas no peso final e na taxa de crescimento dos camarões ao avaliar a utilização de dois tipos de probióticos no cultivo de *Penaeus monodon*, quando comparado ao tratamento sem probiótico.

Assim como o uso de probióticos, outro as-

pecto importante no cultivo de camarões marinhos está relacionado à redução dos níveis de proteína das dietas, em sistemas com e sem troca de água e com utilização da tecnologia de bioflocos. Huai et al. (2010) relataram que o crescimento do *L. vannamei* alimentados com uma dieta de baixo teor proteico e menor concentração de farinha de peixe suplementada com aminoácidos sintéticos pode atingir crescimento semelhante aos alimentados com dieta contendo elevadas concentrações de proteína e farinha de peixe. Do mesmo modo, Browdy et al. (2001), trabalhando com a mesma espécie, não encontraram diferenças significativas nos parâmetros de crescimento do camarão quando alimentados com dietas de 30 e 45% de proteína bruta. Por outro lado, Ballester et al. (2010) registraram diferenças significativas no peso final, ganho de peso e taxa de crescimento para os camarões alimentados com as dietas de 35, 40 e 45%

de proteína bruta quando comparados as dietas de 25 e 30% PB no cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* em sistema intensivo com flocos microbianos sem troca de água. Mcintosh et al. (2001), ao cultivar juvenis de *L. vannamei* sob sistema com limitada troca de água e alimentados com dietas de 21 e 31% de proteína bruta, observaram melhor crescimento (14,04 vs. 12,17 g), sobrevivência (96,2% vs. 90,6%) e fator de conversão alimentar (1,85 vs. 2,31) para os camarões alimentados com a dieta de 31% de PB. Os resultados obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos de Mcintosh et al. (2000) e Browdy et al. (2001), com relação ao fator de conversão alimentar e os índices de sobrevivência.

Alguns autores relataram que pode haver uma redução dos níveis de proteína na dieta sem afetar crescimento do camarão. Caso haja uma disponibilidade de alimento natural em forma de flocos microbianos este serviria como uma fonte suplementar de proteína disponível para o camarão (BURFORD et al., 2003; WASIELESKY et al., 2006). O fator de conversão alimentar variou de 1,79 a 2,71 entre os tratamentos ($P \geq 0,05$). A relação de eficiência proteica foi inversamente proporcional aos níveis de proteína da ração e variou de 1,38 a 2,35 entre os tratamentos ($P \geq 0,05$). Não foram observadas interações significativas entre os níveis de proteína e aplicação de probiótico na água com relação a essas variáveis. O elevado fator de conversão alimentar registrado no tratamento P20_{Pro} (3,3) foi reflexo da baixa sobrevivência e biomassa final nesse tratamento. Ray et al. (2010), utilizando dietas com baixos níveis de farinha de peixe, em sistema superintensivo de bioflocos (460 camarões m⁻³) sem renovação de água, registraram fator de conversão alimentar (1,95 a 2,89) superior ao registrado no presente estudo. Por outro lado, Scopel et al. (2011), ao avaliarem níveis de inclusão da farinha de peixe em dietas para *L. vannamei* cultivados em sistema de bioflocos, obtiveram conversão alimentar de 1,68, 1,46 e 1,56 para as dietas com 100, 40 e 0% de substituição de farinha de peixe, respectivamente. Ziaei-Nejad et al. (2006) observaram para *Fenneropenaeus indicus* que os camarões alimentados com *Bacillus* sp. apresentaram maiores atividade enzimática (lipase e amilase) e de taxa de crescimento e menor fator de conversão alimentar.

A sobrevivência e a biomassa final não foram significativamente influenciadas pelos níveis de proteína e pela adição de probiótico ($P \geq 0,05$), apenas sua interação teve uma influência significativa ($P < 0,05$) nessas duas variáveis de produção. Ao final do cultivo a sobrevivência média foi de 80,2±12,2% com densidade de estocagem de 300 camarões m⁻³. Os menores valores de sobrevivência foram registrados nos tratamentos P20 e P20Pro, 80,6±15,5 e 70,6±27,2%, respectivamente. Esses resultados são similares aos encontrados por Ray et al. (2010) quando registraram sobrevivência média de 71±8% no cultivo intensivo de *L. vannamei* (460 camarões m⁻³) com mínima troca de água e remoção de sólidos

suspensos. Gomez-Jimenez et al. (2005) não encontraram diferenças significativas na sobrevivência dos camarões *L. vannamei* cultivados em sistema intensivo sem troca de água e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína (25, 30, 35 ou 40% PB). Do mesmo modo, Correia et al. (2014) avaliando o efeito de duas rações comerciais (30 e 40% proteína bruta) não detectaram diferença estatística na sobrevivência de pós-larvas de *L. vannamei* criadas em raceways (5000 PL m⁻³), registrando índices acima 82%. Fróes et al. (2007), estudando a influência dos diferentes níveis de proteína bruta da ração na sobrevivência do camarão *Farfantepenaeus paulensis*, registraram uma variação de 81,62 a 93,80%.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que no cultivo intensivo do camarão *Litopenaeus vannamei* com a utilização de bioflocos como fonte de alimento suplementar é possível reduzir os níveis de proteína da ração de 35 para 25% PB sem comprometer o crescimento, a relação de eficiência proteica, a conversão alimentar e a sobrevivência dos camarões. Complementarmente, nas condições experimentais adotadas, a utilização de probiótico adicionado a água de cultivo não influenciou no desempenho zootécnico dos camarões e muito menos nas variáveis de qualidade da água.

AGRADECIMENTOS

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) no âmbito do Programa Nacional de Carcinicultura (RECARCINA) pelo suporte financeiro. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Pós-Graduação. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de produtividade a Eudes de Souza Correia (Proc. 305144/2010-3).

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association (APHA), **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. ed. Washington, DC, USA, 1995. 1082 p.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 176, n.3-4, p. 227-235, 1999.
- AZIM, M. E., LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia

- (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 283, n.1-4, p. 29–35, 2008.
- BALLESTER, E. L. C. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 16, n.2, p. 163-172, 2010.
- BECERRA-DORAME, M. J. et al. Effect of using autotrophic and heterotrophic microbial-based-systems for the pre-grown of *Litopenaeus vannamei*, on the production performance and selected haemolymph parameters. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 45, n.5, p 944–948, 2014.
- BOYD, C. E.; CLAY, J. W. **Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 2002. 17 p.
- BROWDY, C. L. et al. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: JORY, E.D.; BROWDY, C.L. (Eds.) **The new Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture**. Baton Rouge, Louisiana USA, The World Aquaculture Society, 2001. v.1, cap.2, p. 20-34.
- BURFORD, M. A. et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 219, n.1-4, p. 393-411, 2003.
- BURFORD, M. A. et al. The effect of dietary protein on the growth and survival of the shrimp *Penaeus monodon* in outdoor tanks. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 10, n.1, p. 15-23, 2004.
- CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 270, n.1-4, p.1-14. 2007.
- CRAB, R. et al. Bioflocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 40, n.3, p. 105–112, 2009.
- COHEN, J. M. et al. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 32, n.3-4, p. 425-442, 2005.
- CORREIA, E. S. et al. Intensive nursery production of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 59, n.2, p. 48-54, 2014.
- DE SCHRYVER, P. et al. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 277, n.3-4, p. 125-137, 2008.
- DEVARAJA, T. N.; YUSOFF, F. M.; SHARIFF, M. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 206, n. 3-4, p. 245–256, 2002.
- FRÓES, C. N. et al. Efeitos de dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). **Atlântica**, Rio Grande, v. 29, n.1, p. 25-34, 2007.
- GATESOUBE F.J. The use of probiotics in aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 180, n.1-2, p. 147-165, 1999.
- GOMEZ-JIMENEZ S. et al. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 36, n.9, p. 834-840, 2005.
- GONZÁLEZ-FELIX, M. L. et al. Nitrogen budget for a low-salinity, zero-water exchange culture system: I. Effect of dietary protein level on the performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n.8, p. 798-808, 2007.
- HANDY, M. et al. Nursery trial compares filtration system performance in intensive RWs. **Global Aquaculture Advocate**, v. 8, n.8, p. 77–79, 2004.
- HARGREAVES J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 34, n.3, p. 344-363, 2006.
- HUAI M.Y. et al. Effect of dietary protein reduction with synthetic amino acids supplementation on growth performance, digestibility, and body composition of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 18, n.3, p. 255-269, 2010.
- HOPKINS, J. S. et al. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 24, n. 3, p. 304-320, 1993.
- KUHN, D. et al. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aq-**

- uaculture**. Amsterdam, v. 309, n.1-4, p. 109-114, 2010.
- LAKSHMANAN, R.; SOUNDARAPANDIAN, P. Effect of commercial probiotics on large scale culture of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius). **Research Journal of Microbiology**. New York, v.3, n.3, p. 198-203, 2008.
- LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 224, n.1-4, p. 193-201, 2003.
- MARTINEZ-CORDOVA, L. R.; CAMPAÑA-TORRES, A.; PROCHAS-CORNEJO, M. A. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 9, n.3, p. 155-160, 2003.
- MCINTOSH, D. et al. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet in outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 21, n.4, p. 215- 227. 2000.
- MCINTOSH, D. et al. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 25, n.2, p. 69-82, 2001.
- MISHRA, J. K. et al. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 38, n.1, p. 2-15, 2008.
- PONCE-PALAFOX, J. P. The Effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 157, n.1-2, p. 107-115, 1997.
- RAY, A. J. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 299, n.1-4, p. 89-98, 2010.
- SAMOCHA, T. M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 36, n.2, p. 184-191, 2007.
- SCHVEITZER, R. et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 56, n.1, p. 59-70, 2013.
- SCOPEL, B.R. et al. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 928-934, 2011.
- SHIAU, S.Y.; BAI, S. Micronutrientes in shrimp diets. In: BROWDY, C.L.; JORY, D.E. (Eds.). **The rising tide, Proceedings of session on sustainable shrimp Farming**, Baton Rouge, Louisiana USA, The World Aquaculture Society, 2009. v.1, cap.12, p.126-132.
- SILVA, E. F. B. et al. Uso de probióticos na produção de pós-larvas de camarão-rosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 869-874, 2012.
- SILVA, E. M., et al. Effect of probiotic (*Bacillus* spp.) addition during larvae and postlarvae culture of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 44, n.1, p. 13-21, 2013.
- TSAI, S. J.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 213, n.1-4, p. 163-170, 2002.
- TSENG, D. et al. Enhancement of immunity and disease resistance in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, by the probiotic, *Bacillus subtilis* E20. **Fish and Shellfish Immunology**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 339-344, 2009.
- WASIELESKY, W. JR. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, n.1-4, p. 396-403, 2006.
- WANG, Y. B.; XU, Z. R.; XIA, M. S. The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Penaeus vannamei* ponds. **Fisheries Science**, Oxford, v. 71, n.5, p. 1034-1039, 2005.
- WANG, Y. B.; LI, J. R.; LIN, J. Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 281, n.1-4, p. 1-4, 2008.
- ZAR, J.H., **Biostatistical analysis**. 3. Ed. New Jersey. Prentice Hall, 1996. 622 p.
- ZHOU, X.; WANG, Y.; LI, W. Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 287, n.3-4, p. 349-353, 2009.

ZIAEI - NEJAD, S. et al. The effect of *Bacillus* spp. bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 252, n.2-4, p. 516-524, 2006.