DOI: 10.4025/actascibiolsci.v31i4.4496

Efeito da adição do melaço na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário

Ugo Lima Silva*, Fabiana Penalva de Melo, Roberta Borda Soares, Diogo Bessa Neves Spanghero e Eudes de Souza Correia

*Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura, Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: ugolimas@gmail.com*

RESUMO. Investigou-se o efeito da adição do melaço nas relações carbono:nitrogênio (C:N) sobre o desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei*, na fase berçário, quando cultivado sem renovação de água. As relações do C:N foram avaliadas nas proporções de 25:1 (25M), 15:1 (15M) e o controle (0M), sem aplicação de carbono, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Pós-larvas (PL) com peso inicial de 2,5 ± 0,5 mg, foram estocadas em 12 tanques (800 L volume útil), em densidades de 6,25 PL L^{-1}, durante 42 dias de cultivo. Ao final do cultivo, os pesos finais dos camarões dos tratamentos 25M (532,0 mg) e 15M (540,0 mg) foram superiores ($p < 0,05$) aos do tratamento 0M (428,6 mg). A sobrevivência dos camarões foi satisfatória em todos os tratamentos (77,9 a 90,0%), mas não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os mesmos. Desta forma, conclui-se que as relações C:N de 15 e 25:1 são mais eficientes ao propiciarem melhor desempenho no crescimento das pós-larvas de *L. vannamei* cultivadas na fase berçário sem renovação de água.

Palavras-chave: melaço, relação C:N, crescimento, *Litopenaeus vannamei.*

ABSTRACT. Effect of molasses addition on carbon/nitrogen ratio in the nursery phase of *Litopenaeus vannamei* shrimp culture. The effect of molasses addiction on carbon:nitrogen ratios (C:N) on the performance of *Litopenaeus vannamei* shrimp during the nursery phase cultured without water exchange was investigated. The C:N ratios were evaluated in 25:1 (25M) and 15:1 (15M) proportion and a control (0M), with no carbon source addition, in a randomized experimental design with four replicates. Post-larvae (PL) with initial weight of 2.5 ± 0.5 mg were stocked in 12 tanks (800 L net volume), at the density of 6.25 PL L^{-1} during 42 culture days. At the end of culture, the shrimps weights on 25M (532.0 mg) and 15M (540.0 mg) treatments were higher ($p < 0.05$) than the 0M (428.6 mg) treatment. Shrimp survival was high in all treatments (77.9 to 90.0%), but without significant difference ($p \geq 0.05$). Therefore, the 15 and 25:1 C:N ratios showed an increased growth performance of nursery phase *L. vannamei* post-larvae cultured without water exchange.

Key words: molasses, C:N ratio, growth, *Litopenaeus vannamei.*

Introdução

A aquicultura envolve predominantemente o cultivo de peixes, crustáceos, moluscos e algas, destacando-se como uma das atividades de produção de alimentos que mais cresce no mundo (FAO, 2006a). A carcinicultura é um agronegócio importante nas áreas tropicais e subtropicais em várias partes do mundo, porém existem preocupações quanto à sustentabilidade ambiental da atividade, uma vez que as águas de descarga das fazendas podem resultar na modificação dos ecossistemas adjacentes (ENG et al., 1989; NAYLOR et al., 1998).

Minimizar a renovação de água é uma técnica essencial da carcinicultura moderna e ambientalmente responsável. Essa técnica beneficia o produtor, pois reduz os custos de bombeamento e a possibilidade de introduzir compostos tóxicos, patógenos, vetores de doenças ou outros organismos indesejáveis na fazenda, além de reduzir as descargas de nutrientes e de matéria orgânica das fazendas (FAO, 2006b).

Para melhorar a sustentabilidade e a biossegurança da atividade têm sido desenvolvidos sistemas de cultivos com altas densidades de estocagem sem renovação de água. Essa tecnologia vem sendo desenvolvida nos Estados Unidos desde a

década de 1990 (HOPKINS et al., 1995; SANDIFER; HOPKINS, 1996; BROWDY et al., 2001; TACON et al., 2002).

Sistemas sem renovação de água objetivam estimular a formação de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica, a partir da fertilização com fontes ricas em carbono orgânico e aeração constante do ambiente de cultivo (WASIELESKY et al., 2006; EMERENCIANO et al., 2007). Esse sistema apresenta diversas vantagens, como reduções do uso de água e menor risco de introdução e disseminação de doenças, possibilidade do uso de dietas com níveis reduzidos de proteína, além do incremento significativo da produção.

Vários autores têm demonstrado resultados satisfatórios em termos de produção e eficiência de retenção do nitrogênio, ao adicionarem fontes de carbono orgânico (açúcar, melaço, amido de mandioca etc.) com manutenção de um sistema de aeração para estimular o desenvolvimento de bactérias heterotróficas em viveiros de camarão (AVNIMELECH, 1999; BURFORD et al., 2003; HARI et al., 2004).

O melaço, subproduto do processo de refinamento do açúcar, possui geralmente 17 a 25% de água e teor de açúcar (sacarose, glicose e frutose) de 45 a 50% (NAJAFPOUR; SHAN, 2003). Esse subproduto vem sendo utilizado na preparação de meios heterotróficos (EMERENCIANO et al., 2007) visando à redução de compostos nitrogenados em berçários de camarão marinho (SAMOCHA et al., 2007).

Os flocos bacterianos são formados durante o ciclo de produção e constituem-se, principalmente, de bactérias, microalgas, excrementos, exoesqueletos, restos de organismos mortos, cianobactérias, protozoários, pequenos metazoários e formas larvais de invertebrados, entre outros (BURFORD et al., 2003; WASIELESKY et al., 2006). Essas partículas microbianas floculadas possuem elevados níveis de proteínas, aminoácidos e outros elementos alimentares essenciais (TACON et al., 2002; BURFORD et al., 2004).

Com aeração constante, o floco bacteriano se desenvolve e estabelece elevada relação de carbono orgânico dissolvido (COD) / nitrogênio orgânico dissolvido (NOD), que promove a diminuição da matéria orgânica, reduz o nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e a necessidade de ração, a partir da produção de proteína microbiana (AVNIMELECH et al., 1994; AVNIMELECH, 1999; BROWDY et al., 2001).

Avnimelech (1999) sugeriu que rações para *Penaeus monodon* com 30% de proteína poderiam ser substituídas por rações com 20,48%, apenas com um suplemento de hidrato de carbono, favorecendo o fluxo de amônia para a proteína microbiana, estabelecendo uma relação de 15,75:1 de carbono:nitrogênio (C:N). Para aperfeiçoar a produção dos flocos, consequentemente, a retenção dos nutrientes na biomassa bacteriana, Schneider et al. (2005) recomendam uma relação C:N no substrato de aproximadamente 15:1. Burford et al. (2003) corroboram informando que a relação C:N deve situar-se acima de 10. Wasielesky et al. (2006) sugerem que a relação C:N ideal para formação dos flocos microbianos, com predomínio de bactérias heterotróficas, situa-se entre 14 e 30:1.

Dessa forma, objetiva-se com o presente trabalho avaliar a influência da adição de melaço na relação C:N, no crescimento e sobrevivência do camarão *L. vannamei*, na fase berçário, cultivado sem renovação de água, bem como monitorar os efeitos dessa relação sobre a qualidade da água de cultivo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Estação de Aquicultura Continental Prof. Johei Koike da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, durante 42 dias.

O cultivo foi realizado em 12 tanques circulares de fibra de vidro com capacidade útil de 800 L, os quais foram abastecidos com água salgada (25‰). Adotou-se um sistema de cultivo sem renovação de água, com reposição das perdas por evaporação para manutenção do nível da água, com aeração constante e submetido a fotoperíodo natural, porém com redução da intensidade luminosa em 45% (Luxímetro digital), em decorrência de os tanques terem sido cobertos com tela de proteção.

Realizou-se uma fertilização química inicial em todos os tanques, conforme metodologia de Samocha et al. (2007), com base nos níveis de nitrogênio, fósforo e silício, os quais foram mantidos próximos de 2,0; 0,3 e 0,7 mg L^{-1}, respectivamente. Para isto, foram aplicados 13,3 mg L^{-1} de nitrato de cálcio (15% de N), 3,4 mg L^{-1} de superfosfato simples (20% de P_2O_5) e 7,4 mg L^{-1} de metassilicato de sódio (20,2% de SiO_2).

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições, para avaliar os efeitos da aplicação do melaço na relação do Carbono (C) e Nitrogênio (N) de 25:1 (25M), 15:1 (15M) e o controle (0M), sem aplicação desta fonte de carbono.

As quantidades de melaço adicionadas diariamente (10h) nos tratamentos 25M e 15M foram calculadas com base nas relações C:N adotadas, na quantidade de nitrogênio da ração convertida em amônia (ΔN) e no conteúdo de carbono no melaço ($\%C$), de acordo com as Equações 1 e 2:

$$\Delta_{Melaço} = [\Delta N \text{ x } (C{:}N)] \text{ x } \%C^{-1} \quad (1)$$
$$\Delta N = Q_{Ração} \text{ x } \%N_{Ração} \text{ x } \%N_{Excreção} \quad (2)$$

em que:

$Q_{Ração}$ - quantidade de ração ofertada diariamente;

$\%N_{Ração}$ - quantidade de nitrogênio inserida no sistema (*%Proteína Bruta* x $6{,}25^{-1}$);

$\%N_{Excreção}$ - fluxo de amônia na água, diretamente da excreção ou indiretamente pela degradação microbiana de resíduos de nitrogênio orgânico.

A quantidade de melaço adicionada em cada unidade experimental, requerida nas relações C:N dos tratamentos, foi calculada usando as Equações (1) e (2), ou seja:

$$\Delta_{Melaço} = [(Q_{Ração} \text{ x } \%N_{Ração} \text{ x } \%N_{Excreção}) \text{ x } (C{:}N)] \text{ x } \%C^{-1} \quad (3)$$

O melaço utilizado continha cerca de 30% de carbono em relação à matéria seca, de acordo com análise realizada no Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco. Portanto, ao utilizar ração comercial contendo 40% de proteína (6,4% N) e considerando que 50% do nitrogênio da ração é excretado ($\%N_{Excreção}$), segundo Avnimelech (1999), tem-se:

$$\Delta_{Melaço} = [(Q_{Ração} \text{ x } 0{,}064 \text{ x } 0{,}5) \text{ x } (C{:}N)] \text{ x } 0.30^{-1}$$
$$= Q_{Ração} \text{ x } 0.1067 \text{ x } (C{:}N) \quad (4)$$

As equações descritas foram adaptadas de estudos realizados por Avnimelech (1999), Hari et al. (2004) e Samocha et al. (2007).

Pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* com peso inicial de 2,5 ± 0,5 mg, provenientes de uma larvicutura comercial, foram estocadas numa densidade de 6,25 $PL_{9\text{-}12}$ L^{-1}, totalizando 5.000 PL $tanque^{-1}$.

A alimentação suplementar foi constituída de ração comercial, contendo 40% de proteína bruta, 36,5% de carboidratos, 9% de extrato etéreo, 4% de fibra bruta e 10,5% de cinzas, fornecida quatro vezes ao dia (08, 11, 14 e 17h), numa taxa de alimentação variando de 50 a 15% da biomassa, entre o início e o final do cultivo. Náuplios de *Artemia* sp. (Great Salt Lake, Utah, EUA) foram utilizados na alimentação das pós-larvas nos dois primeiros dias de cultivo, fornecendo-se aproximadamente 80 náuplios por pós-larva por dia.

As variáveis físico-químicas da água, como temperatura, oxigênio dissolvido e pH, foram mensuradas diariamente, pela manhã e à tarde, por meio de equipamentos eletrônicos, enquanto salinidade e transparência foram aferidas semanalmente (12h), utilizando refratômetro de salinidade e disco de Secchi, respectivamente.

As biometrias foram realizadas semanalmente com amostras da população de cada unidade experimental, utilizando balança digital (± 0,01 g). A eficiência da aplicação do melaço foi avaliada com base nas variáveis peso final, sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específico, ganho de biomassa, fator de conversão alimentar e produção.

Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade de Bartlett foram efetuados para verificar a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias. O teste de análise de variância – Anova 1 Critério – foi executado para verificar a existência de diferença entre os tratamentos, em nível de significância de 5%. Os valores de sobrevivência foram transformados por meio da função arcsen $x^{0,5}$. Nos casos em que houve diferença significativa, o teste de Tukey foi aplicado para comparação das médias, em nível de significância de 5% (ZAR, 1996).

Resultados e discussão

As variáveis físico-químicas da água, monitoradas durante o cultivo, estão sumarizadas na Tabela 1 e representadas na Figura 1(A-E). Com base nas análises estatísticas, verificou-se haver diferença significativa ($p < 0{,}05$) nos valores do pH, oxigênio dissolvido e transparência da água dos tratamentos. De forma geral, a variação dessas variáveis durante o período de cultivo foi considerada adequada para a espécie, de acordo com Avault Junior (1996), Boyd (1997) e Vinatea (1997).

Tabela 1. Variáveis de qualidade da água registradas durante o cultivo de *Litopenaeus vannamei* na fase berçário, sem renovação de água (médias ± desvio-padrão, mínimo e máximo entre parênteses).

Variáveis	Tratamentos		
	0M	15M	25M
Temperatura (ºC)	29,3 ± 0,9^{A}	29,4 ± 0,9^{A}	29,6 ±0,9^{A}
	(27,7 - 30,6)	(27,7 - 30,6)	(27,6 - 30,9)
pH	8,1 ± 0,2^{B}	7,9 ± 0,3^{A}	7,9 ± 0,3^{A}
	(7,9 - 8,8)	(7,6 - 8,8)	(7,7 - 8,8)
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	5,9 ± 0,8^{B}	5,3 ± 1,2^{A}	5,5 ± 1,1^{AB}
	(5,1 - 7,8)	(4,0 - 7,7)	(4,2 - 7,8)
Salinidade (‰)	27,4 ± 1,8^{A}	27,1 ± 1,7^{A}	27,2 ± 1,7^{A}
	(25,0 - 30,0)	(25,2 - 29,5)	(25,0 - 29,0)
Transparência (cm)	27,2 ± 16,8^{B}	22,6 ± 16,7^{A}	22,5 ± 17,2^{A}
	(11,2 - 56,5)	(7,0 - 51,2)	(7,2 - 51,8)

Letras diferentes sobrescritas na mesma linha representam diferença significativa ($p < 0{,}05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey. 25M e 15M adição de melaço nas relações C:N de 25 e 15:1, respectivamente; 0M sem adição de melaço.

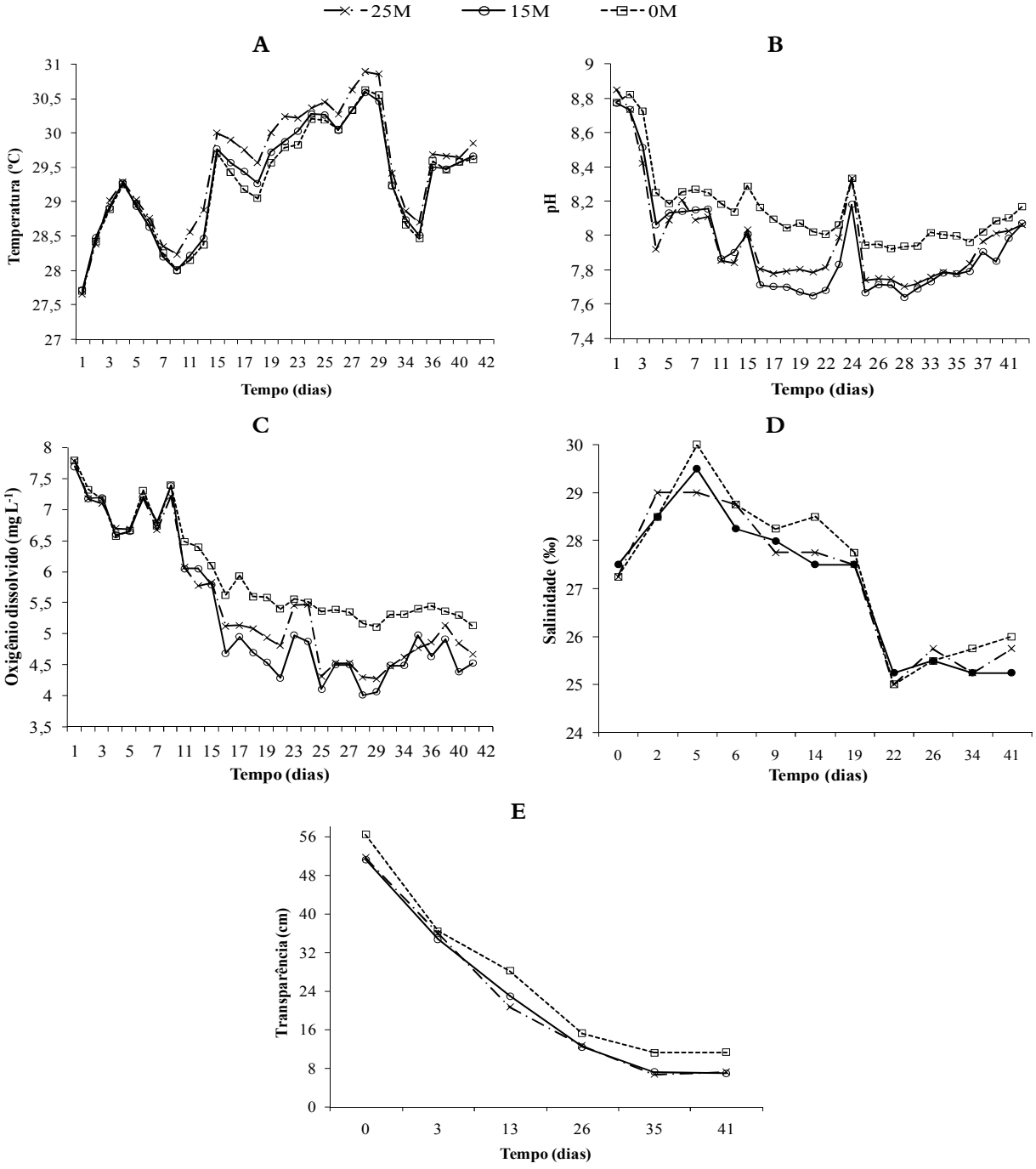

Figura 1. Valores de temperatura (ºC) (A); de pH (B); da concentração de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) (C); de salinidade (‰) (D); e de transparência (cm) (E) da água monitorados durante o cultivo de *Litopenaeus vannamei* na fase berçário, sem renovação de água. 25M e 15M adição de melaço nas relações C:N de 25 e 15:1, respectivamente; 0M sem adição de melaço.

O pH da água dos tratamentos 25M e 15M foram mais baixos do que no tratamento sem a presença do melaço (Figura 1B, Tabela 1), provavelmente pela intensa respiração dos organismos heterotróficos, incrementando a concentração de dióxido de carbono no meio. Este resultado é compatível com os obtidos por Tacon et al. (2002), Wasielesky et al. (2006) e Emerenciano et al. (2007).

Os maiores valores do oxigênio dissolvido foram registrados no tratamento 0M (Figura 1C, Tabela 1), provavelmente pela maior atividade fotossintética e pelo menor consumo de oxigênio dos organismos heterotróficos neste tratamento.

Altas concentrações de carbono orgânico inibem o processo de produção primária. A transparência foi significativamente superior no tratamento 0M, pois

o carbono orgânico fornecido na forma de melaço é fonte de energia para a rede alimentar heterotrófica, afetando variáveis hidrológicas, como turbidez, pH, cor e transparência (VIDAL et al., 2005).

O desempenho zootécnico de *L. vannamei* cultivado na fase berçário com adição de melaço e sem renovação de água está registrado na Tabela 2. Os pesos finais dos camarões nos tratamentos 25M (532,0 mg) e 15M (540,0 mg) foram estatisticamente superiores ($p < 0,05$) ao tratamento 0M (428,6 mg). A relação do peso em função do tempo de cultivo das pós-larvas de camarões *L. vannamei* na fase berçário, ao longo do cultivo, pode ser visualizada na Figura 2. Pode-se observar que os tratamentos 15M e 25M apresentaram crescimento superior ao tratamento 0M.

Tabela 2. Dados de crescimento e produção (média ± erro-padrão) de camarões *Litopenaeus vannamei* na fase berçário, cultivados durante 42 dias.

Variáveis	Tratamentos		
	0M	15M	25M
Peso final (mg)	$428,6 \pm 10,7^{B}$	$540,0 \pm 21,8^{A}$	$532,0 \pm 14,8^{A}$
Sobrevivência (%)	$90,0 \pm 5,6^{A}$	$77,9 \pm 17,3^{A}$	$83,7 \pm 7,4^{A}$
Ganho de peso (mg)	$426,1 \pm 10,7^{B}$	$537,5 \pm 21,8^{A}$	$529,5 \pm 14,8^{A}$
TCE (% dia^{-1})	$12,0 \pm 0,1^{B}$	$13,1 \pm 0,2^{A}$	$12,6 \pm 0,1^{A}$
Ganho de biomassa (g)	$1728,6 \pm 81,4^{AB}$	$1540,2 \pm 89,3^{B}$	$1899,2 \pm 16,4^{A}$
Fator de conversão alimentar	$0,9 \pm 0,0^{A}$	$1,2 \pm 0,1^{B}$	$0,8 \pm 0,0^{A}$
Produção (g m^{-3})	$2176,4 \pm 101,7^{AB}$	$2050,1 \pm 39,4^{B}$	$2389,6 \pm 20,5^{A}$

Letras diferentes sobrescritas na mesma linha representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey; Taxa de crescimento específico (TCE) = 100 x (*ln* Peso final – *ln* Peso inicial) / tempo (dias); Fator de conversão alimentar = ração fornecida (matéria seca)/ ganho de biomassa. 25M e 15M adição de melaço nas relações C:N de 25 e 15:1, respectivamente; 0M sem adição de melaço.

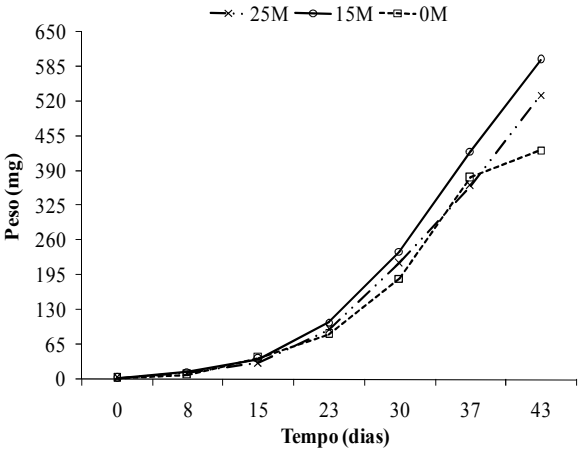

Figura 2. Crescimento (mg) de camarões *Litopenaeus vannamei* na fase berçário, cultivados durante 42 dias, sem renovação de água (25M e 15M - adição de melaço nas relações C:N de 25 e 15:1, respectivamente; 0M - sem adição de melaço).

Após 42 dias de cultivo, a sobrevivência dos camarões foi satisfatória para todos os tratamentos (77,9 a 90,0%), e não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os mesmos. Resultados similares (82,2 a 93,7%) foram obtidos por Emerenciano et al. (2007) ao cultivarem *Farfantepenaeus paulensis* em meio heterotrófico. Samocha et al. (2007), avaliando o uso de melaço em berçários de *L. vannamei* com limitada troca de água, relataram sobrevivências de 78,2 a 99,8%. Mishra et al. (2008), ao trabalharem com *L. vannamei,* obtiveram sobrevivência de 68,9 a 96,2% em berçários com limitada troca de água.

Ao final do experimento, os camarões cultivados com adição do melaço em relações C:N 25:1 (25M) e 15:1 (15M) não diferiram significativamente entre si ($p \geq 0,05$), em relação a peso final, sobrevivência, ganho de peso e taxa de crescimento específico. No entanto, ambos demonstraram resultados superiores ($p < 0,05$) quanto às variáveis peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico em relação ao tratamento 0M, no qual os animais foram cultivados sem o fornecimento de melaço. De modo contrário, Samocha et al. (2007) não observaram diferença significativa pela adição de melaço em diferentes concentrações no desempenho de camarões *L. vannamei* na fase berçário.

Na produção intensiva de camarão em sistema fechado, Burford et al. (2003) demonstraram que o tempo de cultivo dos viveiros e a adição de carbono ao sistema permitem a transição de meio autotrófico para heterotrófico. Segundo Cohen et al. (2005), um sistema heterotrófico pode ser alcançado apenas com a entrada de carbono no sistema de cultivo. O crescimento superior das pós-larvas nos tratamentos submetidos ao melaço pode ser pela indução do meio heterotrófico, que beneficia o crescimento destes animais. Segundo Burford et al. (2004), mais de 29% do alimento consumido por *L. vannamei* pode ser proveniente do floco bacteriano presente no meio heterotrófico.

A conversão alimentar apresentou valores superiores ($p < 0,05$) no tratamento 15M (1,2), quando comparados aos tratamentos 25M (0,8) e 0M (0,9). A baixa conversão alimentar registrada no tratamento 15M foi reflexo da baixa sobrevivência, ganho de biomassa e produção neste tratamento. Samocha et al. (2007), utilizando melaço em berçários, registraram fator de conversão alimentar (1,7 a 2,1) muito superior ao registrado no presente estudo. Mishra et al. (2008) relatam conversão alimentar de 1,0 e 1,5 para berçários de *L. vannamei* cultivados com fracionador de espumas e trocas de água, respectivamente.

As recentes inovações têm demonstrado que protocolos apropriados de gestão podem reduzir as exigências de renovação de água, mesmo em sistemas altamente intensivos, sem nenhuma perda no desempenho dos camarões e na qualidade da água.

Conclusão

O melaço pode ser utilizado como fonte alternativa de carbono para ajustar as relações carbono:nitrogênio no cultivo de camarão sem renovação de água. As relações C:N de 15 e 25:1 propiciaram incremento no desempenho de crescimento de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* na fase de berçário. O sistema de cultivo adotado demonstrou ser efetivo na manutenção das variáveis físico-químicas da água.

Agradecimentos

Este trabalho foi conduzido com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos – Finep, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe. Os autores agradecem também à administração da Estação de Aquicultura Continental Prof. Johei Koike (DEPAq/UFRPE) e ao Laboratório de Limnologia (DEPAq/UFRPE).

Referências

AVAULT JÚNIOR, J. W. **Fundamentals of aquaculture**: a step-by-step guide to commercial aquaculture. Baton Rouge: AVA Publishing Company Inc., 1996.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculure**, v. 176, n. 3/4, p. 227-235, 1999.

AVNIMELECH, Y.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. **Aquaculture Bamidgeh**, v. 46, n. 3, p. 119-131, 1994.

BOYD, C. E. **Pond bottom soil and water quality management for shrimp pond aquaculture**. Alabama: ASA, 1997.

BROWDY, C. L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A. D.; McINTOSH, R. P. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: BROWDY, C. L.; JORY, D. E. (Ed.). **The new wave, proceedings of special session on sustainable shrimp culture, Aquaculture 2001**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2001. p. 20-34.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; McINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculure**, v. 219, n. 1/4, p. 393-411, 2003.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; McINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, n. 1/4, p. 525-537, 2004.

COHEN, J.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M.; GANDY, R. L.; LAWRENCE, A. L. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *L. vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3/4, p. 425-442, 2005.

EMERENCIANO, M. G. C.; WASIELESKY, W.; SOARES, R. B.; BALLESTER, E. C.; IZEPPI, E. M.; CAVALLI, R. O. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientarium. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

ENG, C. T.; PAW, J. N.; GUARIN, F. Y. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 20, n. 7, p. 335-343, 1989.

FAO-Food and Agricultural Organization. **The State of world fisheries and aquaculture - SOFIA**. Roma: FAO, 2006a.

FAO-Food and Agricultural Organization. **Internacional principles for responsible shrimp farming**. Bangkok: FAO/NACA/UNEP/WB/WWF, 2006b.

HARI, B.; KURUP, B. M.; VARGHESE, J. T.; SCHRAMA, J. W.; VERDEGEM, M. C. J. Effects of carbohydrate addition on production in intensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 241, n. 1/4, p. 187-194, 2004.

HOPKINS, J. S.; SANDIFER, P. A.; BROWDY, C. L. Effect of two feed protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange**. Journal of the World Aquaculture Society**, v. 26, n. 1, p. 93-97, 1995.

MISHRA, J. K.; SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; GANDY, R. L.; ALI, A. M. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, v. 38, n. 1, p. 2-15, 2008.

NAJAFPOUR, G. D.; SHAN, C. P. Enzymatic hydrolysis of molasses. **Bioresource Technology**, v. 86, n. 1, p. 91-94, 2003.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; MOONEY, H.; BEVERIDGE, M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; KAUTSKY, N.; LUBCHENCO, J.; PRIMAVERA, J.; WILLIAMS, M. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. **Science**, v. 282, n. 5390, p. 883-884, 1998.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SANDIFER, P. A.; HOPKINS, J. S. Conceptual design of a sustainable pond-based shrimp culture system. **Aquaculture Engineering**, v. 15, n. 1, p. 41-52, 1996.

SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. J. Analysis of nutrient flows in integrated

intensive aquaculture systems. **Aquaculture Engineering,** v. 32, n. 3/4, p. 379-401, 2005.

TACON, A. G. J.; CODY, J.; CONQUEST, L.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I. P.; DECAMP, O. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 2, p. 121-137, 2002.

VIDAL, L.; MENDONÇA, R. F.; MARINHO, M. M.; CESAR, D.; ROLAND, F. Caminhos do carbono em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Ed.). **Lições de limnologia**. São Carlos: Rima, 2005. p. 193-243.

VINATEA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura**: uma revisão para peixes e camarões. Florianopolis: UFSC, 1997.

WASIELESKY, W. J.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C. L. Effect of natural production in a zero exchange suspend microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, n. 2, p. 396-403, 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

Received on July 18, 2008.
Accepted on December 9, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.