

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CARBOIDRATOS PARA O SISTEMA DE BIOFLOCOS E CRESCIMENTO DO CAMARÃO BRANCO

Fernanda Alves GANDINI¹, José Ricardo de Oliveira NASCIMENTO Júnior¹, Cataline Soares MEDEIROS¹, Lidia Miyako Yoshii OSHIRO² e Nivaldo de Faria SANT'ANA³

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar o resíduo de cervejaria e outras diferentes fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e diferentes densidades para o crescimento do camarão branco, *Litopenaeus vannamei* (peso inicial de $0,35 \pm 0,05g$). O experimento foi realizado durante o período de 55 dias, utilizando 6 tratamentos com 3 repetições cada, com duas densidades de estocagem (300 e 500 camarões m^{-2}) e três substratos (resíduo de cervejaria, melão de cana e farinha de mandioca). Os parâmetros abióticos foram monitorados diariamente e as biometrias ocorreram semanalmente, para a avaliação do desempenho. Os parâmetros físico-químicos da água encontraram-se adequados para a espécie, entretanto os compostos nitrogenados alcançaram níveis pouco elevados, porém os índices zootécnicos foram satisfatórios, apresentando médias de sobrevivência, ganho de peso e peso final entre 74-82%; 3,5-5,0g e 4,2-5,7g, respectivamente. Verificou-se que tratamentos com o resíduo de cervejaria apresentaram parâmetros zootécnicos superiores e também, maior formação de flocos microbianos. Os tratamentos com menores densidades apresentaram melhores índices zootécnicos. Os resultados demonstraram que a produtividade dos flocos nos diferentes tratamentos é eficiente como complemento alimentar para o crescimento de *L. vannamei* e para a qualidade da água, e que entre os substratos, o resíduo de cervejaria revela-se como excelente composto orgânico para a formação do bioflocos.

Palavras-chave: *Litopenaeus vannamei*; resíduo de cervejaria; sistema heterotrófico.

EVALUATION OF DIFFERENT SOURCES OF CARBOHYDRATES FOR THE BIOFLOC SYSTEM AND THE GROWTH OF WHITE SHRIMP

ABSTRACT

This study was aimed to evaluate the brewery wastes and other sources of carbohydrates for the biofloc system and different densities for the growth of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (initial weight of $0.35 \pm 0.05g$). The experiment was performed during 55 days, using 6 treatments, each one with 3 repetitions, using two stocking densities (300 and 500 shrimp m^{-2}) and three substrates (residue brewery, sugar cane molasses and manioc flour). The abiotic parameters were monitored daily and biometrics occurred weekly for performance evaluation. The physicochemical parameters of water were found suitable for the species, however the nitrogen compounds reached low levels, but the indexes were satisfactory, with average survival, weight gain and final body weight between 74-82%; 3.5-5.0 and 4.2-5.7, respectively. It was found that treatment with the brewery residue presented superior zootechnical parameters and also further microbial flakes formation. Treatments with lower densities have had better indexes. The results demonstrate that the productivity of flakes in the different treatments is effective as a food supplement for growing *L. vannamei* and for water quality, and that between the substrates, the residue brewery proves to be excellent organic compound for the biofloc formation.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; brewery residue; heterotrophic system.

Artigo Científico: Recebido em 24/02/2015 – Aprovado em 05/10/2016

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia – UFRRJ, BR 465, Km 7, CEP: 23.851 – 970 Seropédica – RJ – Brasil. E-mail: nanda_gandini@hotmail.com, josecaraldo_oliveira@yahoo.com.br, medeiros.cataline@bol.com.br

²Instituto de Zootecnia -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Email: oshiro@ufrj.br

³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Email: nivaldofaria@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões marinhos no Brasil é uma atividade, que vem apresentando grande expansão nos últimos anos, sendo considerado um dos principais produtores de camarão das Américas. Entretanto, com esse crescimento surgem problemas relacionados à poluição de águas, através do lançamento de efluentes sem tratamento e a propagação de doenças (BALLESTER *et al.*, 2010, BARBIERI *et al.*, 2015).

O sistema de cultivo sem renovação de água ou em meio bioflocos surge como uma alternativa para a resolução desses problemas, por não ocorrer renovação de água, e tendo uma produção de biomassa bacteriana oriunda da transformação de compostos nitrogenados através de uma manipulação da relação carbono-nitrogênio do sistema (SCHVEITZER *et al.*, 2008).

A maior vantagem deste sistema, segundo WASIELESKY *et al.* (2006), está no menor uso de água, acarretando em significativa redução na emissão de efluentes no ambiente. Entretanto, a complementação alimentar dos animais por meio da produtividade natural formada, representa enorme vantagem para a produção (MCINTOSH *et al.*, 2000), pois utiliza menor quantidade de alimentos, com menor impacto ambiental, sendo uma alternativa eficaz para se alcançar um desenvolvimento mais sustentável da aquicultura.

A busca por um sistema economicamente rentável baseia-se na utilização de elevadas densidades de camarões e, para tanto, o estabelecimento de uma densidade de estocagem ideal mostra-se imprescindível. Altas densidades de camarões utilizadas no sistema BFT, resultam em ótimos índices zootécnicos comprovados em diversos estudos e também, a utilização de menores áreas de cultivo e desenvolvimento de unidades de produção próximas à mercados consumidores, o que seria vantajoso para ambos, pois haveria fornecimento de camarão fresco durante todo o ano, como alega SAMOCHA *et al.* (2011). WASIELESKY *et al.* (2006) encontraram uma taxa de sobrevivência de 98% utilizando densidade de 300 camarões/m², confirmando que essa espécie possui alta tolerância em cultivos superintensivos.

A fonte de carbono orgânico escolhida irá influenciar na composição do bioflocos produzido,

principalmente com relação ao tipo e quantidade de polímeros armazenados (OEHMEN *et al.*, 2004). Um dos procedimentos importantes no cultivo em meio bioflocos é a escolha da fonte de carbono orgânico e para isso deve ser considerado os produtos com baixo valor econômico como resíduos de produção industrial (DUBE *et al.*, 2007).

Vários estudos sobre o sistema de cultivo em meio bioflocos sem renovação de água comprovam a eficiência de diferentes compostos orgânicos utilizados além do melaço, como a alfafa, farinha de mandioca, dextrose, glicerol, entre outros, favorecendo a formação de uma comunidade microbiana (AVNIMELECH 1999, SUITA 2009, CRAB *et al.*, 2010). Para a escolha dessa fonte de carbono deve-se levar em consideração seu baixo custo, portanto uma alternativa seria a utilização de resíduos industriais.

Segundo GERON e ZEOULA (2007), o bagaço de cevada possui 23,45% de matéria seca, 34,69% de proteína bruta, 8,38% de extrato etéreo, 60,22% de carboidratos totais e 59,66% de fibra em detergente neutro, apresentando neste trabalho, um percentual de carbono e nitrogênio de 45,8% e 3,1%, respectivamente. Portanto, esse subproduto possui elevado potencial para ser utilizado como fonte de carbono no sistema heterotrófico. Este resíduo é usado tradicionalmente na alimentação de gado bovino, ou de forma experimental, em diversas criações animais, como aves, suínos e peixes.

O bagaço de cevada tem demonstrado potencial na forma de aumento de produção e redução de custos, presumindo-se que este resíduo, assim como o melaço de cana e a farinha de mandioca, possa substituir parte da ração industrializada e assim baixar o custo da produção.

O objetivo desse estudo foi avaliar a utilização de resíduo de cervejaria, do melaço de cana e da farinha de mandioca como fontes de carboidratos para o sistema de bioflocos e diferentes densidades para o crescimento do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período entre 20 de Dezembro de 2011 e 12 de Fevereiro de 2012, na Estação de Biologia Marinha (EBM) da

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizada em Itacuruçá, Mangaratiba/RJ.

Os camarões utilizados no experimento foram juvenis de *Litopenaeus vannamei* (peso inicial de $0,35 \pm 0,05\text{g}$), obtidos do laboratório comercial da empresa Larvi, localizada no município de Macau, RN. Os animais foram mantidos em tanques de polietileno com cerca de 300 L de água do mar filtrada (salinidade 33) e aeração constante, durante uma semana, e durante essa fase os animais foram alimentados com ração comercial (Guabi ®) com 38% de proteína bruta.

O sistema de cultivo utilizado foi o meio com bioflocos, sem renovação e com recirculação de água nos tanques, com aeração constante, regime de fotoperíodo natural e temperatura controlada (em torno de $28,15 \pm 1,75^\circ\text{C}$).

Três tanques matrizes, com capacidade de 2000L, foram utilizados para a formação do bioflocos. Esses tanques foram preenchidos com aproximadamente 1200 L de água na salinidade de 33, providos de forte aeração.

Cada unidade experimental, tanques de polietileno com volume útil de 80 L, receberam água do tanque matriz de 2000 L, onde foi estabelecida a formação de flocos microbianos (Figura 1). A recirculação de água entre os tanques e o tanque matriz foi feita por bomba submersa com vazão de 2000 L h^{-1} e efeito da gravidade, com uma taxa de recirculação diária de aproximadamente 84%. Quando necessário foi adicionada água doce desclorada para reposição das perdas por evaporação.

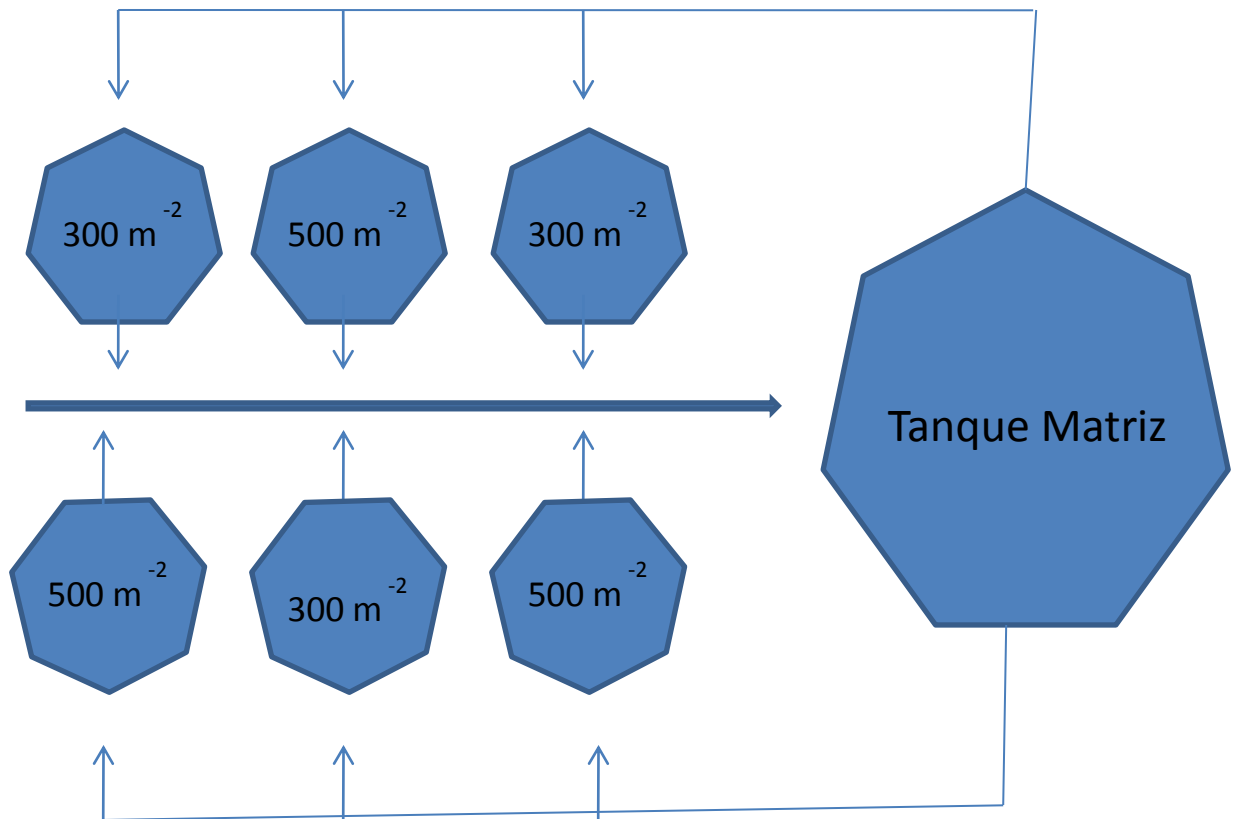


Figura 01. Esquema da distribuição das unidades experimentais e tanque matriz para cada tratamento.

Inicialmente foi feita uma fertilização da água, adicionando-se nos tanques matrizes: sulfato de amônia, superfosfato simples e silicato, nas quantidades de 0,8; 0,15; e 0,015g, respectivamente, para cada 10 L de água. Esses fertilizantes foram

adicionados novamente a cada 3 dias, dependendo das condições ambientais.

Após essa fertilização inicial, foi realizada a inoculação com as microalgas *Nannochloropsis* sp e

Tetraselmis chuii, em concentração aproximada de 3×10^4 células mL⁻¹ em cada tanque matriz e o crescimento foi observado através de contagens feitas diariamente até o crescimento exponencial. Essas microalgas foram produzidas no laboratório de algologia da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), em Pedra de Guaratiba (RJ). Com a adição das microalgas, imediatamente os animais foram pesados e estocados nas unidades experimentais, nas densidades de 300 e 500 animais por m².

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, sendo 2 densidades de estocagem: 69 e 115 animais por tanque (300 e 500 camarões m⁻², respectivamente) e 3 substratos: resíduo de cervejaria, melão de cana e farinha de mandioca. Os 6 tratamentos foram: CE300 (substrato bagaço de cevada e densidade de 300 camarões.m⁻²); CE500 (substrato bagaço de cevada e densidade de 500 camarões m⁻²); MA300 (substrato farinha de mandioca e densidade de 300 camarões m⁻²); MA500 (substrato farinha de mandioca e densidade de 500 camarões m⁻²); ME300 (substrato melão e densidade de 300 camarões m⁻²); ME500 (substrato melão e densidade de 500 camarões m⁻²).

Cada tratamento consistiu de 3 repetições, totalizando 18 unidades experimentais.

As fontes de carbono utilizadas e ração foram analisadas para determinação da composição bromatológica pela Empresa de Pesquisa Brasileira Agropecuária do Rio de Janeiro (EMBRAPA), com as metodologias adequadas, anteriormente ao início do experimento para estimar a quantidade de Carbono (C) presente, possibilitando a fertilização orgânica adequada durante o cultivo.

As diferentes fontes de carbono foram adicionadas durante os três primeiros dias, de acordo com os tratamentos, de forma a obter uma relação Carbono: Nitrogênio de 20:1 (AVNIMELECH, 1999), com o objetivo de fornecer substrato inicial para o crescimento de bactérias heterotróficas. Para manter essa relação, a quantidade dos fertilizantes orgânicos foi calculada com base na quantidade de nitrogênio e carbono da ração fornecida, do melão, resíduo de cervejaria, farinha de mandioca e do farelo de trigo. Foi

adicionado o farelo de trigo numa proporção de 5% dos fertilizantes orgânicos fornecidos.

Do quarto dia em diante, quando necessário, foi realizada a correção do nível de amônia (N - AT) da água do cultivo experimental, e quando verificado esse nível igual ou acima de 1mg L⁻¹, foi adicionado a fonte de carbono na proporção de 6g de carbono para cada 1g de amônia (N - AT) (AVNIMELECH, 1999).

Através das seguintes fórmulas, calculou-se a quantidade de fertilizantes adicionados para correta mobilização do nitrogênio amoniacal:

$$\text{N-AT (g)} = \text{Volume do Tanque (L)} * \text{N-AT (mg/L)} / 1000.$$

$$\text{Carbono (g)} = (x) * \text{carbono (g)}.$$

Fertilizante (g) = (x) * carbono (g), (x) é a quantidade existente por grama de fertilizante.

Os animais foram alimentados com ração extrusada 38% de PB (Guabi®), três vezes ao dia (08:00, 14:00 e 20:00 h). A quantidade de ração fornecida foi numa taxa de 10% da biomassa total de camarões do tanque (JORY *et al.*, 2001), sendo reajustada em virtude da observação do consumo e biometrias que foram realizadas semanalmente. Essa ração foi fornecida em bandejas de alimentação (WASIELESKY *et al.*, 2006).

Semanalmente, retirou-se uma amostragem de 30 animais de cada unidade experimental para registro individual do peso dos camarões, que posteriormente foram colocados nos respectivos tanques.

Diariamente, foram registradas a temperatura da água, oxigênio dissolvido, salinidade e pH, com um aparelho multiparâmetro (YSI modelo Proplus, Bernauer Aquacultura). A temperatura e o pH foram verificados nos períodos da manhã e tarde.

Semanalmente foram analisados os níveis de nitrato (N - NO₂), nitrito (N - NO₃), e a cada três dias a análise de nitrogênio amoniacal total (N - AT). Estes parâmetros foram quantificados com auxílio do Kit colorimétrico Alfakit. Semanalmente também foi observado o volume de flocos microbianos (mL L⁻¹) através de amostras da água de cultivo com auxílio de um cone graduado (Imhoff) e, também, foi verificada a transparência através do Disco de Secchi.

Ao final do experimento, foi avaliada composição bromatológica dos flocos microbianos, os quais foram secos em estufa a 60°C após filtragem de toda água e após 55 dias foi realizada a contagem e registro dos pesos dos animais de cada unidade experimental.

Foram calculados os seguintes índices zootécnicos: sobrevivência, ganho de peso final, conversão alimentar e biomassa de cada unidade experimental para posterior análise estatística.

A sobrevivência foi transformada em arco seno. Para verificar a aderência de seus dados à distribuição normal, nós utilizamos os testes não-paramétricos de Kolmogorov-Sminorv, Cramer-von Mises, Anderson Darling e Shapiro-Wilk. Posteriormente, realizou-se análise de variância (ANOVA). As diferenças entre as médias dos tratamentos foram analisadas e identificadas por meio do teste de Tukey, e consideradas significativas em nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS, 1996).

RESULTADOS

Os parâmetros físico-químicos da água encontraram-se adequados para a espécie e suas médias foram: temperatura, de $28,15 \pm 1,75^\circ\text{C}$; oxigênio, de $5,69 \pm 0,012 \text{ mg L}^{-1}$; salinidade, de $34,89 \pm 1,54$; nitrito, de $1,79 \pm 0,49 \text{ mg L}^{-1}$; nitrato, de $1,37 \pm 0,44 \text{ mg L}^{-1}$ e transparência, de $16,9 \pm 1,14 \text{ cm}$. Os valores mantiveram-se constantes ao longo do cultivo, apresentando-se semelhantes entre os tratamentos.

Durante o período experimental a faixa de pH não apresentou diferenças em seus valores, permanecendo com uma média de $6,71 \pm 0,55$ entre todos os tratamentos. Contudo, foi observado o pH maior no começo do experimento e um declínio a partir da metade de janeiro para todos os tratamentos (Figura 2).

As concentrações de amônia apresentaram média de $3,88 \pm 1,41 \text{ mg L}^{-1}$ durante todo o cultivo. Para ambos os tratamentos, a concentração de amônia foi instável no terço inicial do experimento, se estabilizou no terço médio do experimento e voltou a ser instável na parte final do projeto (Figura 3).

Os volumes dos flocos avaliados através do cone graduado de Imhoff, indicaram o início de formação do floco a partir da 3ª. semana experimental (Figura 4). Valores máximos foram observados na 5ª. semana, alcançando volumes de 30 e 40 mL para tratamentos fertilizados com resíduo de cervejaria e melaço, respectivamente, e no tratamento com farinha de mandioca, atingiu valor máximo na 7ª. semana. Da 5ª. semana em diante constatou-se uma estabilidade no volume dos flocos.

A análise quantitativa de microrganismos mostrou que a quantidade de nematóides apresentou-se de forma crescente para os tratamentos com a farinha de mandioca e decrescente para os tratamentos com o resíduo de cervejaria, e os tratamentos com o melaço indicaram um aumento na metade do período experimental, decrescendo no final (Figura 5).

A análise dos índices zootécnicos demonstrou interação entre o substrato e densidade de estocagem em relação à conversão alimentar aparente.

Os tratamentos CE300 e ME300 apresentaram taxas de conversão semelhantes entre si, diferindo significativamente do tratamento MA300 ($p=0,0011$), o qual obteve maior taxa de conversão. Entre os tratamentos CE500 e ME500 não ocorreu diferença estatística, apresentando diferença quando comparados com o tratamento MA500 ($p=0,0001$). Desse modo, os tratamentos com o resíduo de cervejaria e melaço apresentaram melhores taxas de conversão alimentar em relação aos tratamentos com a farinha de mandioca de mesmas densidades de estocagem (Tabela 1).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos CE300 e CE500 e entre os tratamentos ME300 e ME500. Já entre os tratamentos MA300 e MA500, constatou-se diferença significativa ($p=0,0032$), com maior conversão alimentar.

As melhores médias de taxa de conversão alimentar aparente, entre os substratos foram apresentados pelos tratamentos utilizando o resíduo de cervejaria e melaço, não diferindo entre si, mas apresentando diferença significativa ($p=0,0001$) em relação aos tratamentos, que utilizaram a farinha de mandioca como composto orgânico. Comparando as médias entre tratamentos de diferentes densidades

de estocagem, verificou-se diferença significativa entre as densidades de 300 e de 500 camarões m-2 ($p=0,0289$), sendo que a densidade de 300 camarões

m-2 apresentou melhor conversão alimentar (Tabela 1).

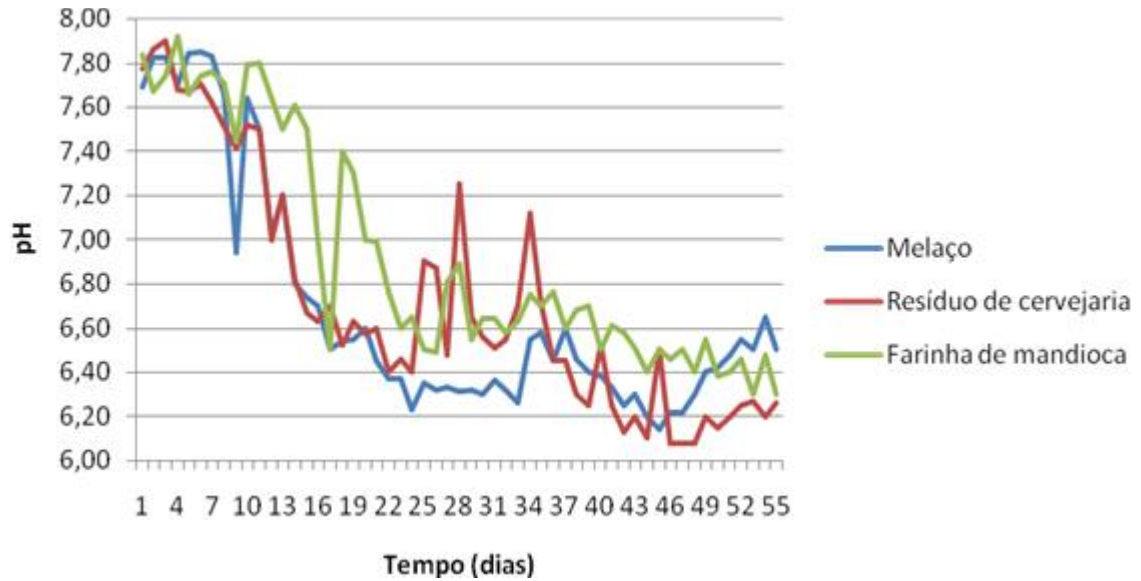


Figura 2. Médias semanais de pH para os tratamentos nas diferentes densidades ao longo do período experimental.

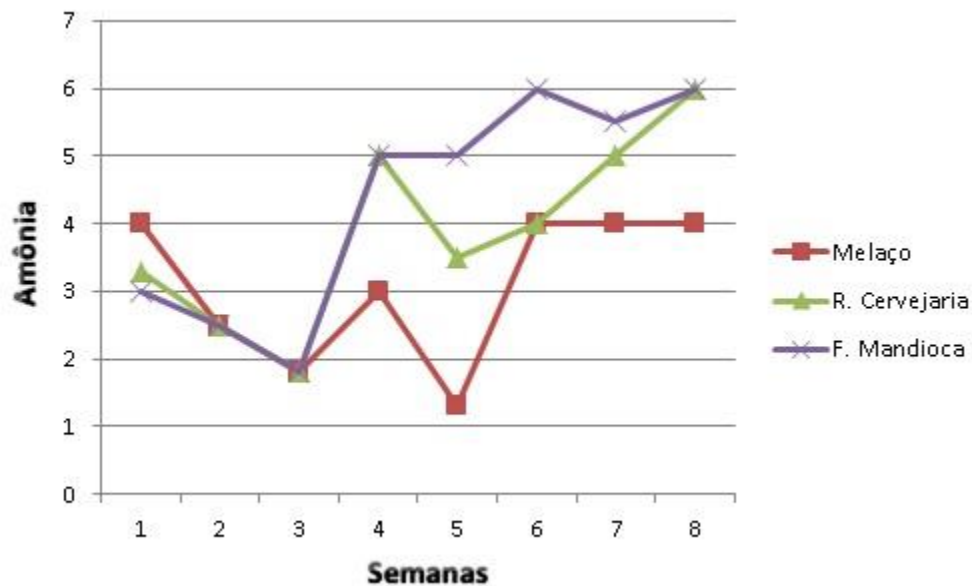


Figura 3. Médias semanais de amônia (mg L^{-1}) para os tratamentos nas diferentes densidades ao longo do período experimental.

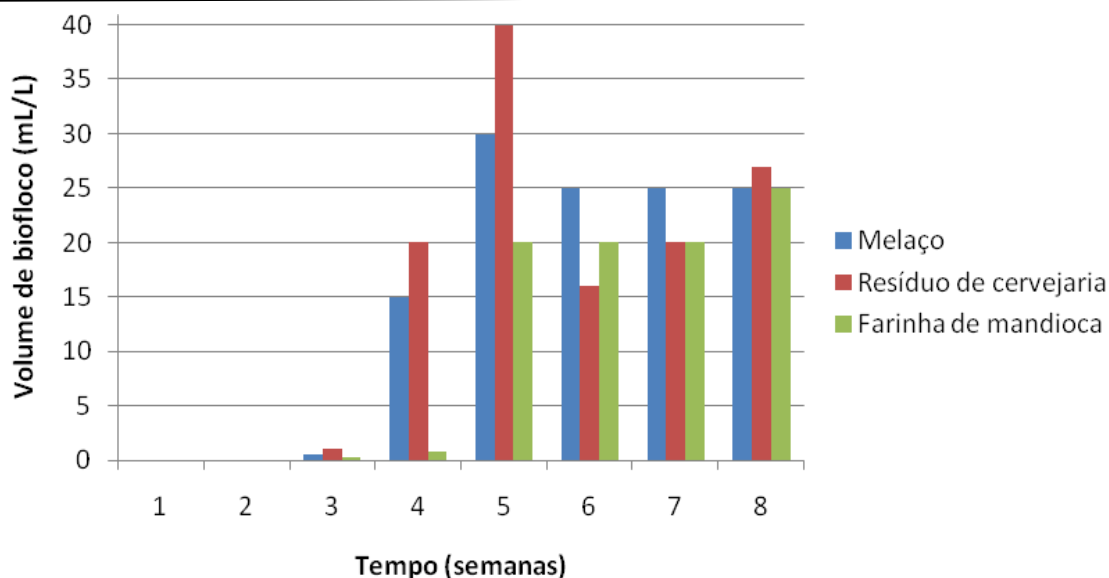


Figura 4. Valores semanais dos volumes de bioflocos (mL) para os tratamentos nas diferentes densidades ao longo do período experimental.

Nematódeos

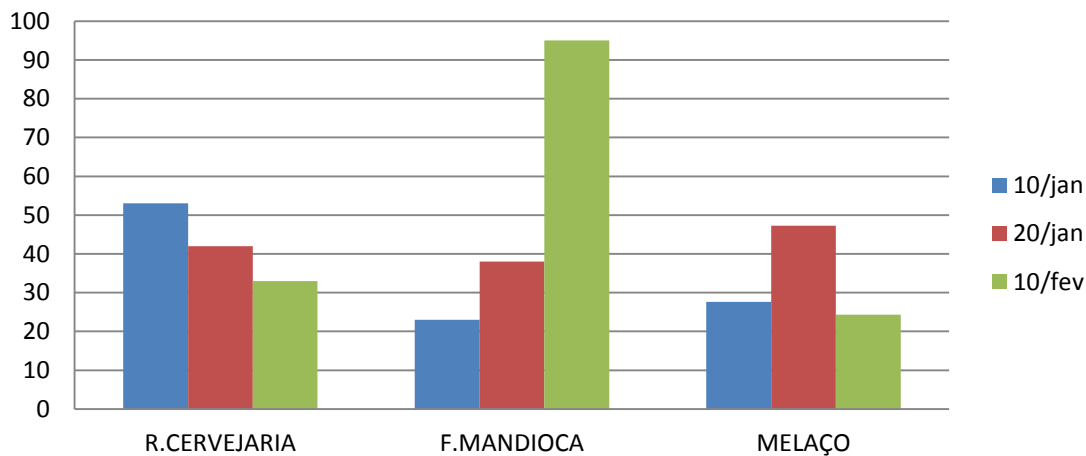


Figura 5. Quantidade de nematódeos (mL⁻¹) para os tratamentos nas diferentes densidades ao longo do período experimental.

Melhores ganhos de peso e pesos médios finais foram observados nos tratamentos com o resíduo de cervejaria, apresentando diferença significativa em relação às médias dos tratamentos com os outros compostos orgânicos ($p=0,0001$). Nos tratamentos de diferentes densidades de estocagem, houve

diferença significativa entre as médias das duas densidades ($p=0,0166$), onde os tratamentos envolvendo densidade de 300 camarões m⁻² demonstraram melhor desempenho em relação ao de 500 camarões m⁻² (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão de fator de conversão alimentar dos camarões *L. vannamei* nos diferentes tratamentos em cultivo em meio bioflocos.

Densidade	SUBSTRATO			
	Resíduo de Cervejaria	Farinha de Mandioca	Melaço	Média
300	1,83 \pm 0,12 Aa	2,47 \pm 0,12 Ba	1,75 \pm 0,12 Aa	2,02 \pm 0,07 a
500	1,77 \pm 0,12 Aa	3,16 \pm 0,14 Bb	1,87 \pm 0,12 Aa	2,27 \pm 0,07 b
Média	1,80 \pm 0,08 A	2,82 \pm 0,09 B	1,81 \pm 0,08 A	

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey e letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Tabela 2 - Valores médios \pm desvio padrão para ganho de peso, sobrevivência, peso médio final e biomassa final dos camarões *L. vannamei* nos diferentes tratamentos em cultivo em meio bioflocos.

Densidade	Substrato			
	Resíduo de Cervejaria	Farinha de Mandioca	Melaço	Média
Ganho de peso (g)				
300	5,52 \pm 0,24	3,67 \pm 0,24	4,11 \pm 0,24	4,43 \pm 0,14 a
500	4,57 \pm 0,24	3,26 \pm 0,29	3,75 \pm 0,24	3,86 \pm 0,15 b
Média	5,05 \pm 0,17 A	3,46 \pm 0,19 B	3,93 \pm 0,17 B	
Sobrevivência (%)				
300	79,23 \pm 2,38	78,26 \pm 2,38	82,13 \pm 2,38	79,87 \pm 1,37a
500	84,64 \pm 2,38	70,00 \pm 2,92	82,35 \pm 2,38	79,00 \pm 1,48 a
Média	81,93 \pm 1,68 A	74,13 \pm 1,88 B	82,24 \pm 1,68 A	
Peso final (g)				
300	6,20 \pm 0,23	4,38 \pm 0,23	4,78 \pm 0,23	5,12 \pm 0,13 a
500	5,29 \pm 0,23	3,98 \pm 0,29	4,42 \pm 0,23	4,56 \pm 0,14 b
Média	5,74 \pm 0,16 A	4,18 \pm 0,18 B	4,60 \pm 0,16 B	
Biomassa final (g)				
300	339,20 \pm 22,63	236,54 \pm 22,63	270,72 \pm 22,63	282,15 \pm 13,06 a
500	515,52 \pm 22,63	320,00 \pm 27,72	419,52 \pm 22,63	418,35 \pm 14,11 b
Média	427,36 \pm 16,00 A	278,27 \pm 17,89 C	345,12 \pm 16,00 B	

¹Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas e letras minúsculas diferentes nas colunas diferem pelo teste Tukey a 5%

As médias das taxas de sobrevivências foram significativamente maiores para os tratamentos com resíduo de cervejaria ($p=0,0103$) e com melaço ($p=0,0083$) em relação aos tratamentos com a farinha de mandioca (Tabela 2). Ao final do cultivo foi obtida maior biomassa final resultando em maior produtividade final para os tratamentos que

utilizaram o resíduo de cervejaria, sendo significativamente diferente dos tratamentos com a farinha de mandioca ($p=0,0001$) e com o melaço ($p=0,0039$), e estes diferentes entre si ($p=0,0177$), sendo os tratamentos com farinha de mandioca com média inferior aos tratamentos com o melaço. Observou-se diferença significativa entre as médias

dos tratamentos com diferentes densidades ($p=0,0001$), constatando-se uma maior média de produtividade final para os tratamentos com densidades de 500 camarões m^{-2} (Tabela 2)

DISCUSSÃO

Sistemas intensivos de criação de camarões resultam em eliminação de alta quantidade de compostos tóxicos (BARBIERI *et al.*, 2014). Na busca pela sustentabilidade da produção e por uma maior biossegurança, sistemas sem troca de água foram desenvolvidos (BURFORD *et al.*, 2003; WASIELESKY *et al.*, 2006).

A variação do pH encontrada no presente estudo permaneceu em uma faixa normal para o cultivo de acordo com BOYD (2001). Entretanto, ocorreu queda de pH do meio ao final do período experimental, mas isto não demonstrou ser prejudicial ao desenvolvimento dos camarões em todos os tratamentos, pois esta pode ser devido à intensa respiração dos organismos heterotróficos no sistema de bioflocos (WASIELESKY *et al.*, 2006). Essa diminuição do pH pode ser atribuída também à alta densidade de estocagem de 300 e 500 camarões m^{-2} , ato observado por SILVA *et al.* (2013), que registraram queda no pH em alta densidade de estocagem (150 - 600 camarões m^{-2}) por ser a entrada de alimentos maior, ocasionando um acúmulo de material orgânico e metabólitos nesse sistema.

HARGREAVES (2006) alega que a retirada da amônia tóxica pela comunidade microbiana formada, seria mais eficiente que a nitrificação, por ocorrer de forma mais rápida. A comunidade microbiana, além de assimilar eficientemente compostos nitrogenados tóxicos, mostra-se como uma ótima fonte de proteína para os camarões (BURFORD *et al.*, 2004).

Em todos os tratamentos, a concentração de amônia foi constante durante o experimento, aumentando no final, mas verificou-se alta sobrevivência e bom crescimento dos camarões nos tratamentos. Os níveis altos de amônia pode ser consequência de restos de ração não consumida, alta biomassa e acúmulo de matéria orgânica (BOYD e TEICHERT-CODDINGTON, 1992). MOSS *et al.* (2002) obtiveram valores de amônia acima de 15 mg L^{-1} no 16º dia com camarões peneídeos, mas sem afetar negativamente os animais.

Apesar dos altos valores para amônia em determinados períodos, observou-se uma rápida diminuição desses valores algumas horas após a adição dos compostos orgânicos na água de cultivo. AVNIMELECH (1999) e CRAB *et al.* (2007) constataram experimentalmente, que em cerca de duas horas a quantidade de amônia diminuiu quase que totalmente do ambiente, após a adição de melão. Isto se deve a rápida transformação de nitrogênio em flocos pela ação das bactérias heterotróficas através da adição de fontes de carboidratos, indicando a formação de comunidade microbiana com o aumento do volume de flocos.

Os resultados para volume de flocos podem ser considerados satisfatórios, pois confirmou-se o papel das bactérias heterotróficas na formação destes aglomerados microbianos, corroborando com AVNIMELECH (2007) e SCHVEITZER *et al.* (2008) que relataram, volumes altos de flocos, entre 30 e 80 mg L^{-1} , respectivamente, em experimentos com tilápias e camarões *L. vannamei*. O estudo apontou o resíduo de cervejaria como o composto de maior eficiência na formação dos flocos microbianos, qualitativamente e quantitativamente, resultando em alimento altamente atraente para os camarões.

Este estudo demonstrou que taxas de conversão alimentar aparente para tratamentos de densidades de 300 e 500 camarões m^{-2} com resíduo de cervejaria e melão como substrato, apresentaram melhores taxas em relação ao tratamento com a farinha de mandioca de mesma densidade. Foram observadas melhores médias de conversão para os tratamentos de menores densidades, provavelmente por ocorrer uma menor competição por alimento e espaço, fatores comumente associados à alta densidade de estocagem (ARNOLD *et al.* 2006).

Piores taxas de conversão foram verificadas para os tratamentos com a farinha de mandioca, sendo os únicos com interferência da densidade de estocagem, fato que pode ser explicado por menores taxas de sobrevivência nestes tratamentos, acarretando em uma biomassa inferior, elevando assim, as taxas de conversão. SILVA *et al.* (2009) alegaram que a alta conversão alimentar encontrada em um dos tratamentos com *L. vannamei* foi em razão da baixa sobrevivência e biomassa final.

A conversão alimentar, ganho de peso e peso final dos animais avaliados, confirmam a qualidade

nutricional dos flocos microbianos, visto que, estes possuem microalgas, protozoários, nematóides e cianobactérias e, sabe-se que microrganismos em viveiros são presas naturais para camarões.

Os resultados de conversão alimentar aparente do presente estudo são semelhantes aos registrados por SAMOCHA *et al.* (2007), que avaliaram o melão como fonte de carbono em sistema heterotrófico com a espécie *L. vannamei*. Esses dados quando comparados com BALOI *et al.* (2012) e MCINTOSH *et al.* (2000) demonstraram valores superiores para a conversão alimentar, pois esses autores verificaram índices entre 1,9-2,6 e 2,15-2,19 respectivamente, utilizando a mesma espécie.

Foram observadas melhores taxas de conversão alimentar aparente para os tratamentos que tinham como substratos o melão e o resíduo de cervejaria, fato este que pode ser associado ao consumo dos flocos microbianos pelos camarões, os quais mostraram preferência aos nematóides, que diminuíram consideravelmente suas quantidades durante o período experimental.

Os nematóides apresentaram-se em maior número no início do período experimental, no cultivo em meio ao resíduo de cervejaria e em menor quantidade em meio ao melão como composto orgânico. Desse modo, infere-se que esses organismos encontraram no meio com resíduo de cervejaria, condições favoráveis para um rápido crescimento.

Foi registrado o aparecimento de grande número de nematóides nos primeiros 20 dias, estando presente durante todo o período experimental. BALLESTER *et al.* (2010) verificaram que esses organismos apareceram somente a partir de um mês de cultivo em sistema de bioflocos, com a adição de melão e utilizando a espécie *Farfantepenaeus paulensis*. Provavelmente existe uma relação inversa entre a densidade e o desempenho zootécnico dos camarões, confirmada por alguns autores (OTOSHI *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2009; FÓES *et al.*, 2011; KRUMMENAUER *et al.*, 2011) e verificada no presente estudo.

Neste trabalho foi registrada uma superioridade em relação aos índices peso médio final e ganho de peso dos camarões em menores densidades, apresentando um padrão semelhante aos estudos em sistema BFT realizados por NEAL;

COYLE e TIDWELL (2010), utilizando juvenis de *L. vannamei* em densidades de 182 e 364 camarões m⁻², porém com menor peso inicial; FÓES *et al.* (2011) avaliando *F. paulensis* estocados em quatro densidades diferentes (500, 1000, 1500 e 2000 camarões m⁻²) e SILVA *et al.* (2013) em criação de *L. vannamei* em fase final de engorda utilizando densidade de 150, 300, 450 e 600 camarões m⁻².

Os tratamentos com o resíduo de cervejaria registraram melhores médias para ganho de peso e peso final, fato explicado provavelmente pela ação predatória dos flocos pelos camarões, sendo superior nestes tratamentos. Portanto, o resíduo de cervejaria possivelmente foi o meio em que os nematóides se desenvolveram melhor, possuindo desse modo, maiores conteúdos proteicos, lipídico e energético, níveis estes que irão variar dependendo da qualidade do substrato empregado no cultivo (FOCKEN *et al.*, 2006).

A alta densidade utilizada nesse experimento não acarretou em baixa sobrevivência, comprovando a eficiência do cultivo em meio ao bioflocos. Os tratamentos contendo o resíduo de cervejaria e melão como fonte de carbono foram favoráveis ao desenvolvimento dos animais, apresentando sobrevivências superiores, quando comparados aos tratamentos com a farinha de mandioca. Isto possivelmente foi ocasionado por níveis elevados de amônia em determinados momentos nos tratamentos com farinha de mandioca, afetando os animais contidos nesse meio. Elevadas concentrações de amônia afetam o desenvolvimento dos animais, podendo causar até mortalidade desses camarões (LIN e CHEN, 2003; LI *et al.*, 2007).

Valores de sobrevivência encontrados nesse experimento (74-82%) corroboram com taxas verificadas por OTOSHI *et al.* (2007), que utilizando densidades de 200 e 400 camarões m⁻² obtiveram 80,9 e 73,3%, respectivamente, e também por KRUMMENAUER *et al.* (2011), relatando 81 e 75% em densidades de 300 e 450 camarões m⁻², respectivamente. Estes autores atribuem valores inferiores de sobrevivência à alta densidade nos tanques, entretanto isso não ocorreu no presente trabalho.

As biomassas finais registradas apontaram valores superiores para os tratamentos com o

resíduo de cervejaria, seguido dos tratamentos com o melão, isto provavelmente ocorreu devido às maiores sobrevivências e ganhos de peso dos animais destes tratamentos em relação aos tratamentos com a farinha de mandioca que obtiveram valores inferiores.

WASIELESKY *et al.* (2006) verificaram valores de produtividade semelhantes ao presente estudo, mas com uma duração menor, porém o peso inicial foi superior quando comparado a esse estudo. Já KRUMMENAUER *et al.* (2011), utilizando as mesmas densidades do presente trabalho, relataram valores um pouco superiores de produtividade, que pode ser explicado pela maior duração do experimento, alcançando assim, pesos finais superiores.

O resíduo de cervejaria revelou-se como excelente composto orgânico para a formação do biofoco e potencial alimento de elevada qualidade nutricional para os camarões, fato notavelmente observado através dos representativos resultados dos índices zootécnicos avaliados e, além do mais, por ser este um subproduto descartado pela indústria cervejeira, possuindo baixo custo e fácil obtenção.

CONCLUSÕES

Os resultados comprovam que o resíduo de cervejaria pode ser largamente utilizado como fonte de carboidrato para os sistemas sem renovação de água, pois resultados quanto à formação do biofoco, composição dos microrganismos e à qualidade da água não diferiram muito em relação ao melão, que vem sendo utilizado com maior frequência.

Portanto, o resíduo de cervejaria e a farinha de mandioca, abundantes no estado, são boas alternativas para o uso no sistema de biofocos, no estado do Rio de Janeiro, sem comprometer os índices zootécnicos do camarão *L. vannamei* e a qualidade da água do cultivo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e à CAPES, pela infraestrutura e apoio financeiro, aos amigos e à orientadora, pelo apoio e ensinamentos.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, S.J.; SELLARS, M.J.; CROCOS, P.J.; COMAN, G.J. 2006 An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). *Aquaculture*, 256: 174-179.
- AVNIMELECH, Y. 1999 Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2007 Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- BALLESTER, E.L.C.; ABREU, P.C.; CAVALLI, R.O.; EMERENCIANO, M.; ABREU, L.; WASIELESKY JR, W. 2010 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*, 16: 163-172.
- BALOI, M.; ARANTES, R.; SCHVEITZER, R.; MAGNOTTIC, C.; VINATEA, L. 2012 Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquacultural Engineering*, 52: 39-54.
- BARBIERI, E.; DE MEDEIROS, A.M.Z.; HENRIQUES, M.B. 2015 Oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile pink shrimp in culture: temperature effects. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 49(1): 19-25.
- BARBIERI, E.; BONDIOLI, A.C.V.; DE MELO, C.B.; HENRIQUES, M.B. 2014 Nitrite toxicity to *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture Research*, 47(4): 1260-1268.
- BOYD, C.E.; TEICHERT-CODDINGTON, D. 1992 Relationship between wind speed and reaeration in small aquaculture ponds. *Aquacultural Engineering*, 11: 121-131.
- BOYD, C.E. 2001 Manejo da qualidade de água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho. Tradução Josemar Rodrigues. Recife: ABCC, 157p.
- BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; McINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. 2003 Nutrient and microbial dynamics in highintensity, zeroexchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411.

- BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., MCINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C. 2004 The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. *Aquaculture*, 232: 525-537.
- CRAB, R., AVNIMELECH Y., BOSSIER, P.D.; VERSTRAETE, W. 2007 Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270: 1-14.
- CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER, P.D.; VERSTRAETE, W. 2010 The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* post larvae. *Aquaculture Research*, 41: 559-567.
- DUBE, M. A.; TREMBLAY, A. Y.; LIU, J. 2007 Biodiesel production using a membrane reactor. *Bioresource Technology*, 98: 639-647.
- FOCKHEN, U.; SCHLECHTRIEM, C.; GARC, A.; PUELLO-CRUZ, A.; BECKER, K. 2006 *Panagrellus redivivus* mass produced on solid media as live food for *Litopenaeus vannamei* larvae. *Aquaculture Research*, 37: 1429-1436.
- FÓES, G.K.; FRÓES, C.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L.; WASIELESKY JR, W. 2011 Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities, *Journal of Shellfish Research*, 30(2): 367-373.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M. 2007 Silagem do resíduo úmido de cervejaria: uma alternativa na alimentação de vacas leiteiras. *PUBVET*, 1(8): art 310.
- HARGREAVES, J. A. 2006 Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 34: 344-363.
- JORY, D. E. 2001 Feed management practices for a healthy pond environment. In: Browdy, C.L., Jory, D.E. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture. The World Aquaculture Society*, 18: 118-143.
- KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; POERSCH, L.; WASIELESKY JR, W. 2011 Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 726-733.
- LIN, Y.C.; CHEN, J.C. 2003 Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193-201.
- LI, E.; CHEN, L.; ZENG, C.; CHEN, X.; YU, N.; LAI, Q.; QIN, J.G. 2007 Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*, 265: 385-390.
- MCINTOSH, D.; SAMOCHA, T. M.; JONES, E.R.; LAWRENCE, A.L.; MCKEE, D. A.; HOROWITZ, S. & HOROWITZ, A. 2000 The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 21: 215-227.
- MOSS, S. M.; OTOSHI, C. A.; MONTGOMERY, A.D.; MATSUDA, E.M. 2002 Recirculating Aquaculture Systems for the Production of Market-Sized Shrimp In: *Proceedings of the 4 International conference Recirculating Aquaculture*. Virginia Tech University, Blacksburg: 245-254.
- NEAL, R.S., COYLE, S.D.; TIDWELL, J.H. 2010 Evaluation of stocking density and light level on the growth and survival of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in zero-exchange systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(4): 533-544.
- OEHMEN, A.; YUAN, Z.; BLACKALL, L.L.; KELLER, J. 2004 Short-term effects of carbon source on the competition of polyphosphate accumulating organisms and glycogen accumulating organisms. *Water Science Technology*, 50: 139-144.
- OTOSHI, C.A.; NAGUWA, S.S.; FALESCH, F.C.; MOSS, S.M. 2007 Shrimp behavior may affect culture performance at super intensive stocking densities. *Global Aquaculture Advocate*, 31: 67-69.
- 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. 2007 Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36: 184 - 191.

- SAMOCHA, T.M.; MORRIS, T.C.; KIM, J.S.; CORREIA, E.S.; ADVENT, B. 2011 Avanços recentes na operação de raceways super-intensivos dominados por bioflocos e com renovação zero para a produção do camarão branco do pacífico, *Litopenaeus vannamei*. *Revista ABCC*: 62-67.
- SAS User's guide: Statistics. 1996 SAS Inst. Inc, Cary, NC.
- SCHVEITZER, R.; ANDREATTA, E.R.; SOUZA, J.; ARANTES, R.; SEIFFERT, W.Q. 2008 O cultivo com bioflocos. Engorda e formação de matrizes de *Litopenaeus vannamei*. *Panorama da Aquicultura*, 107: 38-43.
- SILVA, A. F. 2009 *Influência da densidade de estocagem sobre o desempenho do camarão branco Litopenaeus vannamei durante a fase final de engorda em sistema super-intensivo*. Rio Grande do Sul (Dissertação de Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande). Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/handle/1/2200> > Acesso em: 15 ago. 2012.
- SILVA, A.F; LARA, G.R; BALLESTER, E.C; KRUMENNAUER, D.; ABREU P.C.; WASIELESKY JR, W. 2013 Efeito das altas densidades de estocagem no crescimento e sobrevivência do *Litopenaeus vannamei* na fase final de engorda, cultivados em sistemas de bioflocos (BFT). *Ciência Animal Brasileira*, 14: 279-287.
- SUITA, S.M. 2009 *O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bioflocos e desempenho do camarão branco (Litopenaeus vannamei) cultivado em sistema sem renovação de água*. Rio Grande do Sul. (Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande). Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/handle/1/2526> > Acesso em: 15 ago.2012.
- WASIELESKY JR, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.L.; BROWDY, C. L. 2006 Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.