

5.06.03 - Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca / Aquicultura

OTIMIZAÇÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO DE *Sarcocornia ambigua* E *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA DE AQUAPONIA COM BIOFLOCOS

Lucas Gomes Mendes^{1*}, Hortência Ventura², Leonardo Castilho-Barros², Isabela Pinheiro², Carlos Manoel do Espírito Santo², Felipe Nascimento Vieira², Jorge Barcelos Oliveira³, Walter Quadros Seiffert⁴

1. Estudante de IC da Graduação em Engenharia de Aquicultura da UFSC
2. Laboratório de Camarões Marinhos / Departamento de Aquicultura / UFSC
3. Laboratório de Hidroponia / Departamento de Engenharia Rural / UFSC
4. Laboratório de Camarões Marinhos - Departamento de Aquicultura-UFSC / Orientador

Resumo:

A aquaponia é um método de produção de alimentos que combina a aquicultura com a hidroponia. Este estudo foi realizado para avaliar o desempenho do cultivo aquapônico do camarão *Litopenaeus vannamei* e da planta *Sarcocornia ambigua*, em relação a diferentes períodos de irrigação diária formados por quatro tratamentos (6, 12, 18 e 24 horas). Foram avaliados após o período experimental de 73 dias de cultivo os parâmetros de qualidade de água do cultivo dos camarões, desempenho zootécnico e fitotécnico foram submetidos a análise estatística. Na sequência, também foi avaliado a viabilidade financeira decorrente da redução da energia elétrica em cada tratamento. Os resultados da produtividade e qualidade de água no cultivo foram semelhantes àqueles reportados na literatura. Com respeito a viabilidade econômica, os indicadores de todos tratamentos demonstraram-se inviáveis. Conclui-se que é possível reduzir o tempo de irrigação e, conseqüentemente, diminuir o consumo energético, sem comprometer a produtividade do sistema aquapônico proposto.

Palavras-chave: salicornia. camarão branco. BFT. custo operacional.

Apoio financeiro: CNPq, CAPES.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFSC.

Introdução:

A aquaponia se apresenta como alternativa inovadora e sustentável para tratar os efluentes e diminuir o impacto da carcinicultura, pois combina a aquicultura com a hidroponia em um sistema que recircula a água e os nutrientes de forma a promover o crescimento dos organismos aquáticos e das plantas de maneira integrada (Rakocy, 2012).

Em um sistema aquapônico, as

plantas podem produzir boas condições de qualidade da água para o cultivo de animais, pois assimilam parte dos nutrientes contidos no efluente (Buzby; Lin, 2014). Para aplicar a produção de plantas de forma integrada ao cultivo de camarões marinhos, é necessário o uso de plantas tolerantes à salinidade e que tenham valor comercial (Buhmann; Papenbrock, 2013). As plantas halófitas são reconhecidas por serem cultivadas em áreas onde a concentração de sal seria letal para a maioria das outras espécies (Flowers; Colmer, 2008).

Halófitas da espécie *Sarcocornia ambigua* podem ser usadas como forragem para animais, na produção de fármacos, remediação de áreas salinizadas e também para consumo humano (Díaz; Benes; Grattan, 2013; Tikhomirova *et al.*, 2008). Além disso, apresenta grande potencial como alimento funcional (Bertin *et al.*, 2014).

Por ora, os sistemas aquapônicos convencionais apresentam elevado custo de implantação e alta demanda de energia elétrica em seu funcionamento (Rakocy, 2012). O maior gasto de energia elétrica está atrelado ao uso contínuo de bombas submersas na elevação da água para os canais de irrigação (Lennard; Leonard, 2006). No sistema de aquaponia, a água do cultivo de camarões passa por calhas onde estão dispostas as plantas, permitindo que essas assimilem os nutrientes. Segundo Pinheiro *et al.* (2017), foi possível produzir dois quilos de *S. ambigua* para cada quilo de *Litopenaeus vannamei*. Silva (2016) constatou que é possível diminuir o tempo de irrigação sem comprometer a produção de planta e camarão utilizando o mesmo sistema de aquaponia anteriormente citado.

Segundo a premissa de que sistemas de cultivos integrados convencionais demandam alto custo de energia elétrica devido ao bombeamento contínuo de água, o presente estudo avaliou os gastos com energia elétrica em um sistema aquapônico com

diferentes tempos diários de irrigação das plantas. Também foram avaliados o crescimento e a produção de *S. ambigua* assim como o desempenho zootécnico de *L. vannamei* e a viabilidade econômica do cultivo integrado proposto.

Metodologia:

Cada unidade experimental aquapônica foi composta por um tanque de cultivo para camarões com volume útil de 800 L e uma bancada hidropônica (sistema NFT - *Nutrient Film Technology*) com capacidade para alocar 40 plantas, instaladas sob o tanque de cultivo (Pinheiro *et al.*, 2017). Os tanques foram povoados com 200 camarões da espécie *L. vannamei*, com peso médio aproximado de 1,5 gramas cultivados em sistema de bioflocos (BFT – *Biofloc Technology*). Para produção de mudas de *S. ambigua* foi utilizado o método de estaquia (Silva, 2016) e o peso médio inicial das mudas utilizadas no experimento foi de $13,2 \pm 1,2$ g.

Avaliou-se quatro tratamentos (em quadruplicata), totalizando 16 unidades experimentais distribuídas aleatoriamente em uma estufa de 243 m², onde comparou-se os diferentes tempos de irrigação das plantas: 6, 12, 18 e 24 horas.

Nos diferentes intervalos de tempo de irrigação proposto, uma bomba submersa elevava a água do tanque para o respectivo sistema NFT. Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia com ração comercial balanceada (35% de Proteína Bruta). Durante o experimento não houve renovação da água do cultivo, sendo repostos apenas o volume perdido por evaporação.

Os parâmetros de amônia, nitrito, nitrato, ortofosfato, salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos suspensos totais, pH e alcalinidade foram avaliados de acordo com protocolos da APHA, 2005. Semanalmente, foram efetuadas biometrias para avaliar o desempenho e corrigir a ração ofertada aos camarões. Após dez semanas de experimento foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: peso médio final (g), ganho de peso semanal ($\text{g} \cdot \text{semana}^{-1}$), biomassa final ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), sobrevivência (%), fator de conversão alimentar e biomassa de camarão produzida (kg). Para o cálculo dos índices fitotécnicos, todas as plantas foram pesadas individualmente e mensurados o peso médio final (g), biomassa final (kg), ganho de biomassa (kg) e produção ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$).

A fim de comparar a eficiência financeira decorrente da redução da energia elétrica de cada tratamento proposto, avaliou-se os custos, a renda e o lucro obtidos para as

produções conjuntas do camarão marinho *L. vannamei* e da halófito *S. ambigua*, utilizando análises parciais do orçamento para comparar custos e variações de receitas (Shang, 1990). Para tanto, empregou-se a metodologia de Custo Total de Produção (CTP) para estimar o custeio da produção aquapônica (Matsunaga *et al.*, 1976), de cada tratamento. Os CTPs serviram como base para a formação dos respectivos fluxos de caixa e, a partir desse, utilizou-se como indicadores de viabilidade a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o Retorno do Capital Investido (RCI) (Martin *et al.*, 1994). O quilograma do camarão produzido foi valorado com base nos preços de comercialização praticados na região de Florianópolis/SC (R\$ 20,00.kg⁻¹). A halófito teve um preço de comercialização aproximado e convertido de acordo com valores praticados no mercado europeu (R\$ 73,00.kg⁻¹), uma vez que não há produção com fins comerciais dessa halófito no Brasil. Outros indicadores de avaliação de rentabilidade adotados no presente estudo foram descritos por Martin *et al.* (1998): Lucro Operacional (LO), Margem Bruta (MB) e Índice de Lucratividade (IL).

As variáveis de qualidade de água foram analisadas estatisticamente através de ANOVA uni-fatorial com medidas repetidas. Os dados zootécnicos e de produção das plantas foram comparados usando ANOVA uni-fatorial. O teste de Tukey foi aplicado para separação das médias quando houve diferenças significativas. Homocedasticidade e normalidade foram testadas através dos testes Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Todos os testes estatísticos foram avaliados com nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão:

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para o desempenho zootécnico dos camarões. Os resultados estão exibidos na tabela 1.

Tabela 1. Índices zootécnicos de *Litopenaeus vannamei* nos tratamentos em cultivo aquapônico com a *Sarcocornia ambigua*, submetidos a diferentes períodos de irrigação.

	TRATAMENTO			
	6h	12h	18h	24h
Peso médio final (g)	11,0 ($\pm 1,7$)	11,0 ($\pm 0,1$)	11,2 ($\pm 1,4$)	10,9 ($\pm 0,9$)
Ganho de peso semanal ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	0,8 ($\pm 0,1$)	0,8 $\pm 0,1$	0,8 $\pm 0,1$	0,8$\pm 0,1$
Biomassa final ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	2369,6 ($\pm 416,3$)	2398,0 ($\pm 22,4$)	2381,0 ($\pm 212,6$)	2364,1 ($\pm 98,5$)
Sobrevivência (%)	86,0 $\pm 3,0$	88,2 $\pm 11,0$	85,2 $\pm 2,8$	87,3$\pm 5,5$
Fator de conversão alimentar	1,8 $\pm 0,3$	1,7 $\pm 0,2$	1,7 $\pm 0,2$	1,7$\pm 0,1$
Ganho de biomassa (g)	1893,3 ($\pm 333,0$)	1916,4 ($\pm 177,1$)	1903,4 ($\pm 170,1$)	1888,9 ($\pm 78,8$)

Dados médios \pm desvio padrão

Os índices zootécnicos obtidos para o *L. vannamei* foram próximos aos reportados por Baloi *et al.* (2013). Sobrevivência, taxa de crescimento semanal e fator de conversão alimentar observadas nos tratamentos alcançaram valores próximos aos obtidos por Schweitzer *et al.* (2013). Os resultados zootécnicos não diferiram significativamente em nenhum dos tratamentos, alcançando resultados semelhantes aos já reportados por Ray *et al.* (2011). Esses resultados demonstram que o sistema aquapônico, adaptado com diferentes intervalos de irrigação da halófito, não comprometeu o cultivo dos camarões.

Não foram encontradas diferenças significativas para os índices de produtividade entre os tratamentos. Os dados de produtividade por m², peso médio final e relação camarão/planta estão descritos na tabela 2.

Tabela 2. Biomassa, produtividade, peso médio e relação camarão/planta da *Sarcocornia ambigua* nos tratamentos em cultivo aquaponia com *Litopenaeus vannamei*, submetidas a diferentes períodos de irrigação.

	Tratamentos			
	6h	12h	18h	24h
Biomassa total (kg)	0,8±0,0	0,5±0,2	0,7±0,1	0,4±0,2
Produtividade (kg.m ⁻²)	1,9±0,1	1,2±0,4	1,7±0,4	1,1±0,4
Peso médio final (g)	19,0±1,0	11,7±4,2	16,7±3,6	10,8±4,3
Relação Planta Camarão (kg)	0,3±0,1	0,2±0,1	0,3±0,1	0,2±0,1

Dados médios ± desvio padrão

Resultados de produtividade da *S. ambigua* ficaram a baixo dos relatados por Pinheiro *et al.* (2017) que obtiveram uma produtividade de 8 kg.m⁻² em cultivo aquapônico, em 75 dias de cultivo, para o mesmo sistema proposto. No entanto, essa diferença de produção final da halófito pode ser atribuída a estação do ano em que os estudos foram desenvolvidos. Pinheiro *et al.* (2017) desenvolveu o estudo no período de verão, enquanto que o presente estudo ocorreu no outono de 2016.

A análise de orçamento do investimento inicial, necessário para aquisição de 16 unidades aquapônicas instaladas em uma estufa de 40 m², foi estimado em R\$ 69.658,35.

Na tabela 3 são apresentados os indicadores dos custos relativos a produção (CTP), para os quatro tratamentos, além dos índices de retorno de investimento como TIR, VPL, fluxo de caixa, MB, PN, LO e IL, considerando 4,7 ciclos ao ano, para um horizonte de 10 anos de atividade.

Bunting; Shpigel (2009), ao avaliarem o incremento da *Salicornia spp.*, em sistema

de *Wetland*, ao cultivo marinho integrado de ouriços marinhos (*Paracentrotus lividus*), camarão marinho (*Penaeus semisulcatus*) e duas espécies de macroalga (*Ulva spp.* e *Enteromorpha spp.*), alcançaram valores de 133.4% de TIR e R\$ 15.286.021,28 de VPL (15%) (10 anos de atividade). Entre os tratamentos propostos nesse estudo, os resultados financeiros apresentaram-se pouco atraente para o desenvolvimento da atividade. No entanto, por constatar que o menor consumo de energia (6 horas) não afetou a produtividade do sistema, essa redução pode apresentar resultados econômicos promissores para sistemas aquapônicos em escala comercial.

Tabela 3. Indicadores de custeio, de viabilidade e de rentabilidade financeira dos quatro tratamentos avaliados para estimar a redução nos custos de produção, março, 2017.

	Tratamentos			
	6h	12h	18h	24h
CTP_ <i>S. ambigua</i> (R\$.kg ⁻¹)	66,09	66,10	66,11	66,12
CTP_ <i>L. vannamei</i> (R\$.kg ⁻¹)	68,48	68,49	66,50	68,51
TIR (%)	N. A	N. A	N. A	N. A
VPL (10%)	125.828,04*	125.852,44*	125.876,85*	125.901,25*
PN_ <i>S. ambigua</i> (kg.ano ⁻¹)	206,98	207,01	207,04	207,07
PN_ <i>L. vannamei</i> (kg.ano ⁻¹)	782,80	782,91	783,02	783,13
LO (kg)	11.189,15*	11.193,52*	11.197,89*	11.202,26*
MB (%)	36,37*	36,38*	36,39*	36,40*
IL (kg)	57,16*	57,18*	57,20*	57,22*

* Valores negativos.

Conclusões:

Conclui-se que é possível reduzir o tempo de irrigação, diminuindo o consumo de energia elétrica, sem comprometer a produtividade aquapônica entre a planta *S. ambigua* e camarão *L. vannamei* em sistema de aquaponia com BFT. No entanto, para a dimensão da estrutura proposta, e consequentemente as produções finais de *L. vannamei* e *S. ambigua* obtidas tornam a atividade inviável economicamente.

Referências bibliográficas

APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21^o ed. American Public Health Association, Washington.

BALOI, M. et al. Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquacultural Engineering*, v. 52, p. 39–44, 2013.

- BERTIN, R. L. et al. Nutrient composition and identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESI-MS/MS. *Food Research International*, v. 55, p. 404–411, 2014.
- BUHMANN, A.; PAPENBROCK, J. Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, v. 92, p. 122–133, 2013.
- BUNTING, S.W.; SHPIGEL, M. Evaluating the economic potential of horizontally integrated land-based marine aquaculture. *Aquaculture*, 294: 43-51, 2009. BUZBY, K. M.; LIN, L.S. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*, v. 63, p. 39–44, 2014.
- DÍAZ, F. J.; BENES, S. E.; GRATTAN, S. R. Field performance of halophytic species under irrigation with saline drainage water in the San Joaquin Valley of California. *Agricultural Water Management*, v. 118, p. 59–69, 2013.
- FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, v. 179, n. 4, p. 945–963, 2008.
- LENNARD, W. A.; LEONARD, B. V. A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System. *Aquaculture International*, v. 14, n. 6, p. 539–550, 2006.
- MARTIN, N.B.; et al.,. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 28, p. 7-28, 1998.
- MATSUNAGA, M. et al.,. Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, v. 23, p. 123-139, 1976.
- PINHEIRO, I.C.; et al.,. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. *Ecological Engineering*, 100:261-267, 2017.
- RAKOCY, J. E. Aquaponics — Integrating Fish and Plant Culture. In: TIDWELL, J. H. (Ed.). *Aquaculture Production Systems*. 1. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. p. 343–386.
- RAY, A. J. et al.,. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45, 127-136, 2011.
- SCHVEITZER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, v. 277, n. 3-4, p. 125–137, 2008.
- SHANG, Y.C. Aquaculture economics analysis: An introduction. In: SANDIFER, P. A. (Ed.). *Advances in world aquaculture*. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, p. 211, 1990.
- SILVA, H. V. da. Efeito do estresse hídrico na produção de compostos bioativos de *Sarcocornia ambigua* em sistema aquapônico com *Litopenaeus vannamei*. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- TIKHOMIROVA, N. A. et al. Possibility of *Salicornia europaea* use for the human liquid wastes inclusion into BLSS in system mass exchange. *Acta Astronautica*, v. 63, n. 7-10, p. 1106–1110, 2008.