



ARTIGO | ARTICLE

Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos¹

Aquaponics: use of the effluent from the secondary nursery of Macrobrachium amazonicum for the production of hydroponic lettuce (Lactuca sativa) and watercress (Rorippa nasturtium aquaticum)

Daniela Castellani²

Antonio Fernando Monteiro Camargo³

Eduardo Gianini Abimorad²

RESUMO

A água oriunda da aquicultura geralmente é rica em nutrientes, especialmente em compostos de nitrogênio e fósforo, apresentando grande potencial para o uso em produção de vegetais hidropônicos. Neste sentido, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o aproveitamento da água de viveiros berçários de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para o cultivo hidropônico de agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) e alface (*Lactuca sativa*). O experimento foi desenvolvido no Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista Jaboticabal (SP), durante o inverno. Três bancadas hidropônicas foram montadas sobre três viveiros, cuja água foi bombeada para os canais hidropônicos em intervalos alternados de 15 minutos. As mudas das plantas foram transplantadas para o sistema com 25 dias após a semeadura e permaneceram por 45 dias até serem colhidas. Cinco tratamentos (Testemunho; duas pulverizações semanais

¹ Artigo elaborado a partir da tese de D. CASTELLANI, intitulada "Sistema integrado do berçário secundário do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (crustacea, decapoda, palaemonidae) com cultivo hidropônico de hortaliças". Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita; 2008. Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CTAgronegócio (processo: 503539/2003-1).

² Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional Noroeste Paulista. Caixa Postal 61, 15500-970, Votuporanga, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: D. CASTELLANI. E-mail: <daniela.castellani@apta.sp.gov.br>.

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia. Rio Claro, SP, Brasil.

sem gotejamento; duas pulverizações semanais com gotejamento; uma pulverização semanal sem gotejamento; uma pulverização semanal com gotejamento) foram utilizados para avaliar os efeitos da adição de solução nutritiva sobre a fitomassa das plantas produzidas. As plantas de agrião alcançaram o peso comercial em todos os tratamentos, enquanto as plantas de alface não o atingiram. O tratamento uma pulverização semanal com gotejamento proporcionou maiores médias de fitomassa fresca nas plantas de agrião em relação aos demais tratamentos. As plantas de alface apresentaram maiores médias de fitomassa fresca, principalmente da parte aérea, para o tratamento duas pulverizações semanais com gotejamento. Conclui-se que a integração da carcinicultura de água doce com hidroponia foi suficiente para atender a demanda por nutrientes somente do agrião, obtendo plantas com maiores fitomassas quando suplementadas com solução nutritiva por meio de gotejamento e de apenas uma pulverização semanal.

Palavras-chave: Carcinicultura. Qualidade de água. Solução nutritiva.

ABSTRACT

Water that results from aquiculture is generally rich in nutrients, especially in nitrogen and phosphorus compounds, possessing great potential for use in hydroponic vegetable production. Thus the objective of the present study was to evaluate the utilization of the water from Macrobrachium amazonicum nursery for the production of hydroponic watercress (Nasturtium aquaticum Rorippa) and lettuce (Lactuca sativa). The experiment was conducted at the Center for Aquiculture at the São Paulo State University - Jaboticabal, SP, in wintertime. Three groups of hydroponics benches were built on three nurseries, whose water was pumped to the hydroponic channels in alternating intervals of 15 minutes. The watercress and lettuce seedlings were transplanted into the system 25 days after sowing and they remained there for 45 days until they were harvested. Five types of treatment were employed (Control; Fortnightly spraying without drip irrigation; Fortnightly spraying with drip irrigation; Weekly spraying without drip irrigation; Weekly spraying with drip irrigation) to evaluate the effects of adding the nutritive solution on the plants' biomass. The watercress plants reached commercial weight with all treatments, while the lettuce plants did not. The weekly treatment of spraying with drip irrigation provided greater fresh biomass averages in watercress plants in comparison with other treatments. The lettuce plants showed greater fresh biomass averages, especially the part above ground, with the fortnightly spraying with drip irrigation treatment. It may be concluded that the integration of the freshwater prawn culture with hydroponic systems was sufficient to meet the demand for nutrients, only in the case of watercress, obtaining plants with greater biomass when supplemented with nutritive solution through drip irrigation and only one spraying a week.

Key words: Freshwater prawn culture. Water quality. Nutritive solution.

INTRODUÇÃO

A aquaponia é o sistema de produção de organismos aquáticos em cativeiro integrado com a hidroponia, de forma que haja benefícios para ambos (Rakocy et al., 2004). Esta integração pode permitir que as plantas utilizem os nutrientes provenientes

da água do cultivo do camarão melhorando a qualidade da água (Quillére et al., 1995). De acordo com Diver (2006), esta atividade está ganhando atenção como um sistema biointegrado de produção de alimentos que poderia ser realizado em sistemas fechados de circulação.

Entre as vantagens da aquaponia, incluem-se o prolongado reuso da água e a integração dos sistemas de produção de organismos aquáticos e plantas, que permitem uma diminuição dos custos (Alder *et al.*, 2000) e melhoram a rentabilidade dos sistemas de aquicultura. Por outro lado, acredita-se que a água derivada da aquicultura, na maioria das vezes, seja deficiente em alguns nutrientes requeridos pelas plantas cultivadas em sistema hidropônico, sendo necessária a suplementação destes (Rakocy *et al.*, 1989).

Alguns autores têm salientado que a aquicultura pode contribuir para a degradação da qualidade da água dos corpos receptores assim como uma atividade poluidora do meio ambiente (MacIntosh & Phillips, 1992; Venâncio & Queiroz, 1998; Chopin & Sawhney, 2009; Phillips, 2009), pois a principal causa do enriquecimento da água proveniente de viveiros de aquicultura são as substâncias dissolvidas, ou em suspensão, contidas nos efluentes. Estas substâncias são provenientes das excretas e sobras de rações: quando não consumidas são convertidas em materiais orgânicos suspensos, dióxido de carbono, N amoniacal, fosfatos e outros compostos (Venâncio & Queiroz, 1998; Montoya *et al.*, 2000).

Estudos desenvolvidos nos Estados Unidos (Rakocy *et al.*, 1993) e na Europa (Quilleré *et al.*, 1995) demonstraram que pisciculturas intensivas em pequenos tanques, associadas ao cultivo de vegetais em hidroponia, permitiram a utilização, pelas plantas, dos resíduos contidos no efluente (excrementos de peixes e sobras de alimentos), sendo uma forma de melhorar a qualidade da água. Segundo Lewis *et al.* (1978), trabalhos avaliando a associação de um cultivo hidropônico para remover os nutrientes da água residual de um sistema de piscicultura intensiva promoveram melhoria na qualidade da água antes de seu retorno aos tanques de criação de peixes, relatada pela redução do nível de amônia, nitrato e fosfato dissolvido no efluente.

A produção mundial de camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* tem crescido muito, atingindo 410 mil toneladas no ano de 2005 (Food..., 2007). O *Macrobrachium amazonicum* é o principal

camarão explorado comercialmente a partir da pesca artesanal nas regiões Norte e Nordeste, com destaque para os estados do Pará e Amapá (Gurgel & Matos, 1984; Odinetz-Collart, 1987; Odinetz-Collart & Moreira, 1993)

A carcinicultura é composta por três etapas: larvicultura, berçário e crescimento final. A fase de berçário é definida como o cultivo de pós-larvas recém metamorfoseadas em altas densidades até o estágio juvenil: fase intermediária entre a larvicultura e o crescimento final (Alston & Sampaio, 2000) com duração aproximada de 4 a 10 semanas (Zimmermann & Sampaio, 1998) - coincide com o ciclo de cultivo da maioria das hortaliças em hidroponia (Filgueira, 2003).

A produção hidropônica de hortaliças no Brasil vem ganhando cada vez mais espaço devido a melhor ocupação da área, precocidade na colheita, utilização mais eficiente de nutrientes e melhor qualidade do produto, possibilitando ainda o controle de fatores ambientais que tornam limitantes seu cultivo em determinadas épocas do ano (Santos *et al.*, 2008).

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, sendo um componente básico de saladas preparadas em domicílios e restaurantes (Moretti & Mattos, 2008). Originária do Mediterrâneo, foi uma das primeiras hortaliças cultivadas pelo homem. Atualmente, é explorada em todo território nacional, tanto em solo como em sistemas hidropônicos, sendo a principal cultura utilizada em hidroponia no País (Soares, 2002).

Segundo Douglas (1987) e Alberoni (1998), o agrião é especialmente privilegiado pelo sistema hidropônico. Uma vez que se trata de uma planta de hábito aquático, este ambiente promove seu desenvolvimento vegetativo, principalmente se submetida a um meio de água corrente. Outra vantagem do agrião neste sistema de cultivo é a possibilidade do emprego da mesma solução nutritiva padronizada à cultura da alface.

Desta forma, este experimento buscou avaliar a aplicabilidade da integração carcinicultura de água

doce com o cultivo hidropônico de alface e agrião, assim como alternativas de aplicação da suplementação mineral às plantas cultivadas nesse sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Setor de Carcinicultura pertencente ao Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita (Unesp), *Campus* de Jaboticabal (SP), cujas coordenadas são 21°15' de latitude sul e 48°18' de longitude oeste, com uma altitude média de 590m, durante o período de inverno (6 de junho a 6 de setembro de 2005).

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi projetado um ambiente protegido sobre três viveiros berçários (viveiros 1, 2 e 3): construído em estrutura de ferro galvanizado, na forma de arco e pé-direito de madeira com 2,0m e uma área total de 585m² (13m de largura e 45m de comprimento) coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade com 0,15mm de espessura. As laterais possuíam cortinas de polipropileno do tipo sombrite 50% com mecanismo manual para acionar a abertura e o fechamento, visando à ventilação e/ou à conservação da temperatura, respectivamente, sempre que necessário.

Abastecidos por água oriunda de uma represa localizada à montante dos berçários, as taxas de renovação diária dos viveiros variaram entre 30% e 40% do seu volume.

Os viveiros foram povoados com juvenis de camarões com uma densidade de 80 juvenis por m² e peso médio inicial de 0,08 desvio-padrão de 0,03g. Estes foram alimentados com uma ração comercial peletizada (37% PB) quatro vezes ao dia a uma taxa de 9% a 6% da biomassa, dependendo da temperatura da água.

Estrutura hidropônica

As bancadas hidropônicas foram construídas sobre os viveiros 1, 2 e 3 em ferro do tipo metalão,

com 6,0m de comprimento, 2,0m de largura e 1,5m de altura.

Sobre cada bancada foram colocados seis canais de cultivos confeccionados a partir de tubos de P.V.C. de 4" (0,1m), com 6,0m de comprimento cortados longitudinalmente e espaçados de 0,3 metros. Ao longo dos canais foram colocadas placas de P.V.C. de 0,005m de espessura e 0,1m de largura, per-furadas a cada 0,3m em orifícios circulares de 2" (0,05m), definindo-se assim o espaçamento da cultura de 0,3m (entre canais) por 0,3m (entre orifícios).

Utilizou-se nesta pesquisa o sistema hidropônico *Nutrient Film Thecnic* (NFT) (Graves, 1983), no qual a solução nutritiva (neste caso, a água do viveiro) percorreu o sistema radicular das plantas em intervalos de 15 minutos, alternando entre os períodos de nutrição e de aeração das raízes, para as realizações de suas funções vitais.

A circulação da água dos viveiros nos canais de cultivo foi realizada por moto-bombas da marca ANAUGGER com vazão de 500 a 1500L.h⁻¹ e reguladas para fornecer uma vazão de 4L.min⁻¹ por canal, portanto para cada bancada a vazão utilizada foi de 24L.min⁻¹. Para o sistema NFT, a capacidade de vazão foi dimensionada de acordo com o número de canais que foram irrigados (seis em cada bancada).

Foram cultivadas 120 plantas por bancada (20 em cada canal). Em todos os canais de cultivo circulava água dos viveiros que após serem bombeadas retornavam ao mesmo viveiro por gravidade, pois as bancadas foram instaladas com 2% de declividade, entre o ponto de entrada e o de drenagem.

Os cinco tratamentos estudados (descritos a seguir) foram distribuídos aleatoriamente nos canais de cultivo para a produção de alface e agrião.

Testemunha (T), sem pulverização e sem gotejamento da solução nutritiva.

Duas pulverizações (DP) semanais e sem gotejamento da solução nutritiva.

Duas pulverizações (DPG) semanais e com gotejamento da solução nutritiva.

Uma pulverização (UP) semanal e sem gotejamento da solução nutritiva.

Uma pulverização (UPG) semanal e com gotejamento da solução nutritiva.

A solução nutritiva utilizada para pulverizações e/ou gotejamento foi formulada a partir dos nutrientes e quantidades apresentados por Martinez et al. (1999) na Tabela 1.

Para as pulverizações utilizou-se uma bomba costal com capacidade de 12 litros. Na primeira aplicação semanal, a bomba foi completamente abastecida com a solução nutritiva, volume que foi distribuído sobre as plantas dos tratamentos DP, DPG, UP e UPG. Após três dias, na segunda aplicação semanal, a bomba foi abastecida com 6L da solução, que foram distribuídos sobre as plantas dos tratamentos DP e DPG.

O gotejamento nos tratamentos DPG e UPG foi dado por meio de garrafas PET de 2L com mecanismo de regulagem de vazão do tipo hospitalar, instaladas aleatoriamente nos pontos de entrada de seis canais de cultivo. O gotejamento da solução nutritiva foi regulado para a aplicação do volume (2L) no período de 24 horas.

Produção de alface e agrião

As mudas de alface da variedade Vera *Lactuca sativa* (Asteraceae) e agrião *Rorippa nasturtium aquaticum* (Cruciferae) foram produzidas em sistema hidropônico com bandejas de poliestireno, no Setor de Horticultura do Colégio Técnico

Agrícola da Unesp, *Campus* de Jaboticabal. Para o preenchimento das células foi utilizado um substrato comercial, no qual foi colocada uma semente, coberta posteriormente por vermiculita. Após 25 dias, as mudas foram transplantadas para as bancadas de cultivo, onde permaneceram por 45 dias até a colheita. Neste momento, seis plantas de cada tratamento foram amostradas aleatoriamente para compor as réplicas: foram avaliadas quanto à fitomassa fresca de planta toda, raízes, talos e folha. Para tal foi utilizada uma balança eletrônica da marca Lider com precisão de 0,01 grama.

Análises de variância (ANOVA) foram aplicadas para verificar os efeitos dos tratamentos sobre as fitomassas frescas das diferentes partes da alface e do agrião e, através do teste de Tukey ($p < 0,05$), as diferenças entre as médias foram comparadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento do agrião

O ciclo da cultura do agrião em sistema convencional é de 50 dias no verão e 70 dias no inverno (Fazendeiro, 2007), no entanto, neste trabalho observou-se que o ciclo da cultura foi adequado ao esperado para o inverno. As plantas atingiram o tamanho comercial em 70 dias de cultivo (25 + 45), quando as folhas alcançaram o ponto máximo, ou seja, antes de estarem pontiagudas e enegrecidas conforme Filgueira (2003).

Observou-se que o tratamento UPG apresentou os maiores valores médios de fitomassa fresca para planta inteira, talo e folhas do agrião (Tabela 2), porém não diferiu estatisticamente do tratamento DPG para planta inteira e folha. Em geral o tratamento UPG também apresentou maior valor médio absoluto de fitomassa fresca para raiz, entretanto não foi estatisticamente diferente dos tratamentos T, DPG e UP, provavelmente devido ao alto coeficiente de variação destes resultados.

As folhas do agrião podem ser cortadas com 10cm de rama, pois cada planta admite até quatro

Tabela 1. Nutrientes presentes na formulação da solução nutritiva utilizada no cultivo hidropônico de alface e agrião. Jaboticabal (SP), junho/setembro, 2006.

Adbos	Quantidade g/200L
Nitrato de Cálcio (CaNO_3)	150
Nitrato de Potássio (KNO_3)	100
Mono Amônio Fosfato (MAP)	36
Sulfato de Magnésio (MgSO_4)	80
Sulfato de Manganês (MnSO_4)	100
Sulfato de Cobre (CuSO_4)	100
Sulfato de Zinco (ZnSO_4)	100
Molibdênio (Mo)	100
Ferro (Fe)	7

cortes (Fazendeiro, 2007). O maço desta hortaliça é comercializado na faixa de 120 a 400g (Companhia de Entrepasto..., 2008). O peso médio da fitomassa fresca das folhas e talos das plantas de agrião (parte comercializada) está apresentado na Tabela 3: os valores médios da soma das fitomassas (folhas + talos) apresentaram-se adequados ao peso comercial em todos os tratamentos, inclusive no testemunho (T) onde não houve adição de solução nutritiva.

Portanto pode-se relatar que é possível a utilização das águas do berçário secundário de camarão-da-amazônia para a nutrição da hidroponia de agrião sem a suplementação nutritiva, sob ambiente protegido, e que a suplementação mineral aplicada no agrião, por pulverização foliar e/ou por gotejamento, acresceu à fitomassa fresca da planta e, conseqüentemente, aumentou a produção. Apesar disso, não foi necessária a suplementação para se conseguir o peso comercial desta hortaliça.

A produtividade do agrião cultivado neste sistema de integração pode estar relacionada a fatores como qualidade e quantidade de alimento fornecido aos juvenis de camarão, uso ou não de suplementação mineral para o cultivo hidropônico, além de condições de temperatura e fotoperíodo da região de produção.

Desenvolvimento da alface

A análise de variância mostrou diferenças significativas para todos os parâmetros avaliados com exceção da fitomassa fresca da raiz (Tabela 4). Os resultados mostraram que a alface que recebeu duas pulverizações semanais (DP e DPG) apresentou maior desenvolvimento do que as que receberam apenas uma pulverização (UP), equiparando os resultados com o tratamento testemunho (T). As plantas que receberam a solução nutritiva por gotejamento (DPG

Tabela 2. Análises estatísticas e médias das fitomassas frescas de plantas inteiras, raízes, talos e folhas de agrião. Jaboticabal (SP), junho/setembro, 2006.

Tratamentos	Parâmetros (g)							
	FF Planta		FF Raiz		FF Talo		FF Folha	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
T	314,2	77,2 ^b	95,4	40,1 ^{ab}	94,7	14,0 ^b	112,0	22,4 ^b
DP	299,0	51,1 ^b	59,4	6,3 ^b	109,0	24,2 ^b	109,8	19,5 ^b
DPG	371,5	80,5 ^{ab}	136,3	28,5 ^a	103,1	14,2 ^b	121,4	32,9 ^{ab}
UP	320,3	127,4 ^b	138,3	63,3 ^a	74,8	33,1 ^b	104,8	39,8 ^b
UPG	504,7	130,4 ^a	160,8	57,4 ^a	160,7	40,9 ^a	170,4	46,9 ^a
<i>Coefficiente de variação (%)</i>	27,1		38,2		25,2		27,4	
<i>Análise de variância valores de p</i>	0,0077		0,0052		0,0002		0,0160	

T: sem pulverização sem gotejamento; DP: duas pulverizações semanais sem gotejamento; DPG: duas pulverizações semanais com gotejamento; UP: uma pulverização semanal sem gotejamento; UPG: uma pulverização semanal com gotejamento; FF: fitomassas frescas; M: média; DP: desvio-padrão. Médias seguidas com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3. Valores médios da fitomassa fresca de folhas e talos, os quais juntos correspondem às partes comercializadas do agrião (maço). Jaboticabal (SP), junho/setembro, 2006.

Agrião	T	DP	DPG	UP	UPG
Fitomassa fresca folhas (g)	112,0	109,8	121,5	104,8	170,5
Fitomassa fresca talos (g)	94,7	109,0	103,1	74,8	160,7
Total (g)	206,7	218,8	224,6	179,6	331,3

T: sem pulverização sem gotejamento; DP: duas pulverizações semanais sem gotejamento; DPG: duas pulverizações semanais com gotejamento; P: uma pulverização semanal sem gotejamento; UPG: uma pulverização semanal com gotejamento.

e UPG) também tiveram seu desenvolvimento melhor em relação as que não o receberam (DP e UP) dentro dos tratamentos de pulverização.

O tratamento DPG foi o que apresentou os melhores resultados, com valor médio da planta inteira de 95g, quando comparados aos demais tratamentos ($p < 0,05$) para as médias de fitomassa fresca da planta inteira, talo e folhas da alface, enquanto que para a fitomassa fresca da raiz os resultados não foram estatisticamente diferentes (Tabela 4).

Cortez (1999) cultivou alface hidropônica associado à criação de matrinxãs (*Brycon cephalus*), e afirmou que a produção e a qualidade deste vegetal foram semelhantes aos valores obtidos na hidroponia convencional. O autor relatou também que o sistema tornou-se viável desde que se adotou a complementação mineral, principalmente de potássio e magnésio, para o pleno desenvolvimento da planta.

De acordo com Bernardes (1997), um maço de alfaces produzido no sistema de hidroponia convencional, em espaçamento 0,27m x 0,27m, deve atingir um peso de 250 a 300g aos 40 a 45 dias para a obtenção de um bom retorno econômico. No experimento realizado a alface da variedade Vera não atingiu esta faixa ideal para a comercialização: foram obtidos valores médios de 95g mesmo usando a solução nutritiva.

Comparando outros sistemas integrados com piscicultura, a produção obtida neste experimento não pode ser considerada boa, pois Cortez *et al.* (2000), testando duas soluções nutritivas, observaram peso médio de 388g para o cultivar Verônica e 441g para o cultivar Tainá em um período de 52 dias. Já Parker *et al.* (1990), sem a adoção de complementação mineral, obtiveram plantas com peso médio de 50g, e Rakocy *et al.* (1989) observaram valores médios variando de 98 a 131g em um período de 42 dias, sendo também insatisfatório comercialmente. Para uma melhor produtividade talvez fosse necessária a utilização de maior quantidade de suplementação mineral.

CONCLUSÃO

Pode-se inferir que o sistema integrado do berçário secundário do camarão-da-amazônia com o cultivo hidropônico de hortaliças apresentou aplicabilidade positiva, principalmente em relação à produção de agrião, obtendo plantas com maiores fitomassas quando suplementadas com solução nutritiva por meio de pulverização semanal e gotejamento.

Estudos mais aprofundados sobre diferentes concentrações de minerais na solução nutritiva e

Tabela 4. Análises estatísticas e médias das fitomassas frescas de plantas inteiras, raízes, talos e folhas de alface. Jaboticabal (SP), junho/setembro, 2006.

Tratamentos	Parâmetros (g)							
	FF Planta		FF Raiz		FF Talo		FF Folha	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
T	43,8	9,3 ^b	19,5	4,1	2,6	0,7 ^b	21,8	5,7 ^b
DP	60,2	20,1 ^b	31,0	19,3	2,7	0,7 ^b	25,8	2,6 ^b
DPG	94,9	26,3 ^{ab}	28,9	6,5	6,3	2,5 ^a	59,9	19,0 ^a
UP	36,3	7,2 ^b	16,4	1,6	2,3	0,6 ^b	17,8	4,9 ^b
UPG	44,8	5,2 ^a	21,0	2,8	2,1	0,3 ^b	21,6	2,5 ^b
Coefficiente de variação (%)	28,3		40,3		39,0		31,7	
Análise de variância valores de p	<0,0001		0,0561		<0,0001		<0,0001	

T: sem pulverização sem gotejamento; DP: duas pulverizações semanais sem gotejamento; DPG: duas pulverizações semanais com gotejamento; UP: uma pulverização semanal sem gotejamento; UPG: uma pulverização semanal com gotejamento; FF: fitomassas frescas; M: média; DP: desvio-padrão. Médias seguidas com letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

formas de aplicação são necessários para melhor atender as exigências das plantas e aumentar sua produção, minimizando o uso de fertilizantes e garantindo a viabilidade econômica deste tipo de integração.

REFERÊNCIAS

- Adler, P.R.; Harper, J.K.; Wade, E.M.; Takeda, F & Summerfelt, S.T. (2000). Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, 1(1):15-34.
- Alberoni, R.B. (1998). *Hidroponia: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo*. São Paulo: Nobel.
- Alston, D.E. & Sampaio C.M.S. (2000). Nursery systems and management. In: New, M.B. & Valenti, W.C. *Freshwater prawn culture: the farming of macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science.
- Bernardes, L.J.L. (1997). *Hidroponia alface: uma história de sucesso*. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia "Alface & Cia".
- Companhia de Entreposto e Armazéns Gerais de São Paulo. (2008). *Cotações de verduras*. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/cotacoes>>. (acesso: 21 fev. 2008).
- Chopin, T. & Sawhney, M. (2009). Seaweeds and their mariculture In: Steele, J.H.; Turekian, K.K. & Thrope, S.A. *Encyclopedia of ocean science*. 2nd ed. Oxford: Elsevier.
- Cortez, G.E.P. (1999). *Cultivo de alface por hidroponia associado à criação de peixes*. Tese - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- Cortez, G.E.P.; Araujo, J.A.C. & Berlingieri, P.A. (2000). Cultivo de alface em hidroponia associado à criação de peixes. I. Qualidade da água. *Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura*, 2000, São Pedro. Brasília: Horticultura Brasileira. v.18, p.192-3.
- Diver, S. (2006). *Aquaponics: integration of hydroponics with aquaculture*. National Sustainable Agriculture Information Service. Available from: <<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/aquaponic.pdf>>. (cited: 2 Apr. 2008).
- Douglas, J.S. (1987). *Hidroponia: cultura sem terra*. São Paulo: Nobel.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). *Fishery and aquaculture information and statistics*. Available from: <<http://www.fao.org>>. (cited: 5 Dec. 2007).
- Fazendeiro. (2007). *Guia de produção: horticultura e olericultura*. Disponível em: <<http://clubedofazendeiro.com.br/GuiaProd/>>. (acesso: 16 fev. 2007).
- Filgueira, F.A.R. (2003). *Novo manual de olericultura*. Viçosa: UFV.
- Graves, C.J. (1983). The nutrient film technique. In: Janick, J. (Ed.) *Horticultural reviews*. Westport, Connecticut: AVI. Chapter 1, p.1-44.
- Gurgel, J.J.S. & Matos, M.O.M. (1984). Sobre a criação extensiva do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) nos açudes públicos do nordeste brasileiro. *Anais do Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*, São Carlos. v. 3.
- Lewis, W.M.; Yopp, J.H.; Schramm Jr H.L. & Branderburg, A.M. (1978). Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Transactions of American Fisheries Society*, 107(1):92-9.
- Macintosh, D. & Phillips, M. (1992). Environmental issues in shrimp farming. In: Saram, H. & Sing, T. *Proceedings of the 3th Global Conference on the Shrimp Industry*, Hong Kong, INFOFISH, 1992, Kuala Lumpur, Malaysia. v.1.
- Martinez, H.E.P; Araújo, J.A.C.; Scotti, C.A.; Junior, A.B.; Meyer, A.R.K. & Silva, M.L.J. (1999). *Solução nutritiva para hidroponia: cálculo, preparo e manejo*. Brasília: SENAR.
- Montoya, R.A.; Lawrence, A.L.; Grant, W.E. & Velasco, M. (2000). Simulation of phosphorus dynamics in an intensive shrimp culture system: effects of feed formulation and feeding strategies. *Ecological Modeling*, 129:131-42.
- Moretti, C.L. & Mattos, L.M. (2008). Processamento mínimo de alface cressa. Comunicado Técnico 25: Embrapa Hortaliças. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2006/cot_36.pdf>. (acesso: 13 ago. 2008).
- Odinetz-Collart, O. (1987). La pêche Crevetière de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins après la fermeture du barrage de Tucuruí. *Revue d' Hydrobiologie Tropicale*, 20(2):131-44.
- Odinetz-Collart, O. & Moreira, L.C. (1993). Potencial pesqueiro do camarão *Macrobrachium amazonicum* na Amazônia Central (Ilha do Careiro). *Amazoniana*, 12(3/4):399-413.
- Parker, D.; Anout, A. & Dickenson, G. (1990). Experimental results integrated fish/plant production system. Tucson (TX): University of Arizona.
- Phillips, M. (2009). Marine overview. In: Steele, J. H.; Turekian, K.K. & Thrope, S.A. *Encyclopedia of ocean science*. 2nd ed. Oxford: Elsevier.
- Quilleré, I.; Roux, L.; Marie, D.; Roux, Y.; Gosse, F. & Morotgaudry, J.F. (1995). An artificial productive ecosystem

based on a fish/bacteria/plant association. 2. Performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 53(1):19-30.

Rakocy, J.E.; Hargreaves, J.A. & Bailey, D.S. (1989). Effects of hydroponics vegetable production on water quality in a closed recirculating system. *Journal World Aquaculture Society*, 20 (3):64A.

Rakocy, J.E.; Hargreaves, J.A. & Bailey, D.S. (1993). Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponic vegetable production. *Proceedings of the Techniques for Modern Aquacultural*, 1993, Spokane (Wa), USA.

Rakocy, J.E.; Shultz, R.C.; Bailey, D.S. & Thoman, E. S. (2004). Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae* (ISHS), 648:63-9.

Santos, A.O.; Neto, B.L.R.; Zwirtes, D.S.; Silva, R.B. & Yonenaga, W.H. (2008). Produção de alface hidropônica:

uma abordagem pela dinâmicas de sistemas. *Anais do 4º Congresso Brasileiro de Sistemas - UNI-FAEF*, 2008, Franca, SP. v.1.

Soares, I. (2002). *Alface: cultivo hidropônico*. Fortaleza: UFC.

Venâncio, R. & Queiroz, J.F. (1998). a relação do uso de rações com o ambiente. *Alimentação Animal*, 10(1): 20-2.

Zimmermann, S. & Sampaio, C.M.S. (1998). Sistemas de berçário: caracterização e manejo. *In: Valenti, W.C. Carcinicultura de água doce: tecnologia para a produção de camarões*. São Paulo: Fapesp.

Recebido em: 6/1/2008

Versão final reapresentada em: 17/6/2009

Aprovado em: 18/6/2009

