

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE DUAS DISPOSIÇÕES DE AERADORES, TIPO PADDLE-WHEEL, EM VIVEIROS DE CULTIVO DE CAMARÃO *Litopenaeus vannamei*

Jaqueline D. B. NETTO¹ e Luis Alejandro VINATEA Arana¹

RESUMO

A concentração residual de oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água e salinidade foram monitorados em dois viveiros retangulares (250 m x 100 m) de cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei*, equipados com seis aeradores, tipo "paddle-wheel", de 2 HP de potência cada um, sendo a disposição destes aeradores diferente em cada viveiro. As duas disposições foram denominadas 'em Paralelo' e 'em Diagonal'. Foram feitas observações em três períodos, com três dias de coleta de dados em cada um, durante um ciclo de inverno. Em cada dia de coleta foram feitas três amostragens, uma em cada um dos seguintes horários: 06h, 18h e 24h. O objetivo deste estudo foi determinar a melhor disposição de aeradores em viveiros de camarão, no sentido de otimizar a capacidade de incorporação de oxigênio na água. A disposição 'em Diagonal' parece proporcionar a melhor oxigenação na água do fundo do viveiro, com valores significativamente maiores que aqueles proporcionado pelos aeradores na disposição 'em Paralelo' ($P < 0,05$).

Palavras-chave: aerador; oxigênio dissolvido; circulação; camarão marinho

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF TWO DISPOSITIONS OF PADDLE-WHEEL AERATORS IN SHRIMP PONDS OF *Litopenaeus vannamei*

ABSTRACT

This work investigated if different arrangements of paddle-wheel aerators in shrimp grow-out ponds have influence in the pond quality, specially that related to the water oxygenation and the horizontal and vertical dissolved oxygen (DO) distribution. Residual dissolved oxygen concentration, water temperature, and salinity in the water surface and bottom were monitored in two rectangular shrimp ponds (250 m x 100 m). Aeration was provided by a total of six 2 HP paddle-wheel machines in each pond. There was one different arrangement of the aerators for each pond, named 'in Parallel' and 'in Diagonal'. Three investigations, each one during three days, were done in the winter time in the two *Litopenaeus vannamei* grow-out ponds. In each day, water parameters were determined at the following day times: 6:00, 18:00 and 24:00. The main objective of the work was to search for the best use of the aquaculture paddle wheel aerators utilized in shrimp culture and its capacity of oxygen incorporation in the pond water. The Diagonal arrangement seems to be more effective in the bottom water, with significant higher values of oxygen concentration than the Parallel one ($P < 0.05$).

Key words: aerators; dissolved oxygen; circulation; marine shrimp

Nota Científica: Recebida em 20/12/2004 – Aprovada em 28/09/2005

¹ Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), Depto. de Aqüicultura, CCA, UFSC
Câmpus Universitário - Trindade, Florianópolis, SC, Brasil - CEP: 88040-900
e-mail: vinatea@mbx1.ufsc.br

INTRODUÇÃO

A qualidade da água é considerada um dos fatores mais importantes na produção de cultivos de organismos aquáticos em viveiros (ZHU e THANG, 1996; VINATEA, 1997). O oxigênio dissolvido (OD) é claramente a variável mais crítica de qualidade da água em cultivos semi-intensivos e intensivos desses organismos (BOYD, 1990; VINATEA, 1997). No caso da deficiência de OD, a aeração desempenha papel muito importante na sobrevivência dos animais, principalmente quando feita no período noturno, em que já não ocorre fotossíntese (ZHU e THANG, 1996). A aeração de emergência pode ser usada para prevenir ocasionais depleções de oxigênio, que podem provocar a morte ou estresse severo de animais de viveiro (BOYD e TUCKER, 1979).

Apesar de a oxigenação da água ser o principal resultado do uso de aeradores, o movimento da água, provocado pelos aparelhos, é fator igualmente relevante (FAST *et al.*, 1983; SANARES *et al.*, 1986). O processo de aeração promove a circulação da água e, com isso, o deslocamento de água oxigenada para outras partes do viveiro, quebrando, assim, a estratificação térmica, considerada prejudicial para a dinâmica dos cultivos (BOYD, 1990).

Segundo FAST e BOYD (1992), o desempenho dos equipamentos de aeração em viveiros nem sempre corresponde a um também bom desempenho desses equipamentos em tanques de teste, em que se utiliza apenas água, sem a presença de animais e de matéria em suspensão, que compõem o ambiente de cultivo.

Uma melhor disposição dos aeradores pode promover oxigenação mais rápida nas chamadas zonas mortas, onde os animais de cultivo não têm condições de sobreviver, devido à baixa concentração de oxigênio dissolvido (CHAMBERLAIN *et al.*, 2001), pois, maximizando a circulação da água, pode-se proporcionar melhor condição para que os animais canalizem sua energia com mais eficiência para o crescimento.

O propósito deste trabalho foi verificar, na prática, o desempenho de duas diferentes disposições de aeradores de pás em viveiros de camarão marinho, especificamente no tocante à sua influência sobre a qualidade da água dos viveiros, em particular, sobre a distribuição vertical e horizontal do oxigênio dissolvido.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em dois viveiros de terra (250 m x 100 m) da Fazenda Experimental Yakult (UFSC), localizada em Barra do Sul, litoral norte do Estado de Santa Catarina, utilizados em um cultivo de inverno (abril a agosto) do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*.

Utilizaram-se, em cada viveiro, seis aeradores com 2 HP de potência, distribuídos de duas formas, denominadas 'em Paralelo' e 'em Diagonal' (Figura 1). A quantidade de aeradores e as potências necessárias em cada viveiro foram determinadas através de fórmulas contidas em FAST e BOYD (1992).

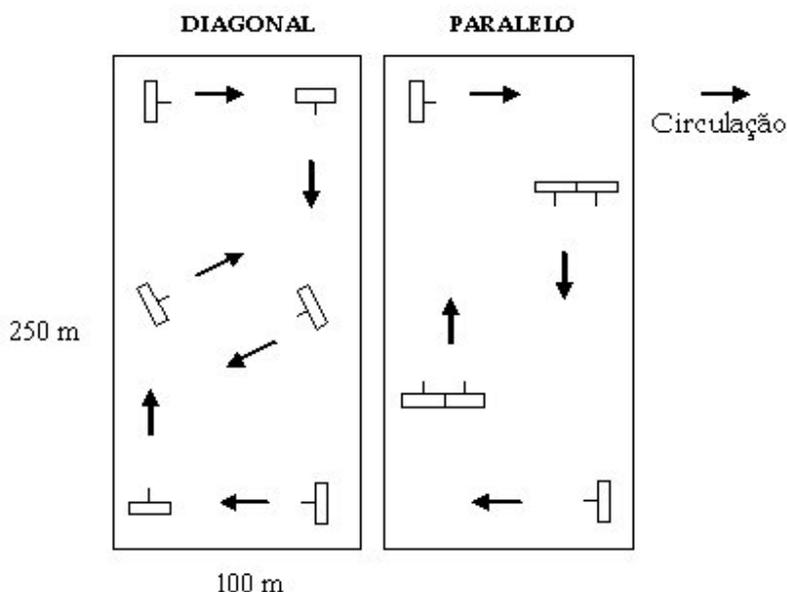


Figura 1. Esquema mostrando as duas disposições dos aeradores de pás, 'em Diagonal' e 'em Paralelo', em viveiros de cultivo de camarão (Cada retângulo menor representa um aerador de 2 HP.)

As duas disposições de aeradores foram definidas a partir de modelos de disposições apresentados em PETERSON (2000) e PETERSON *et al.* (2001). Foram feitas três observações, cada uma com duração de três dias de coleta de dados: a primeira, no 64º dia de cultivo, a segunda, no 102º dia, e a terceira, no 105º dia de cultivo. Em cada dia de coleta eram feitas três amostragens nos seguintes horários: 06h, 18h e 24h. Em cada viveiro determinaram-se nove pontos de amostragem equidistantes entre si. Em cada ponto eram coletados dados de oxigênio dissolvido na água, na superfície e no fundo do viveiro, e da temperatura da água, com auxílio de oxímetro digital (YSI 55i). Dados de salinidade da água do viveiro também foram determinados com auxílio de salinômetro (Aquafauna).

Em cada horário, após todos os pontos do viveiro terem sido investigados, ligavam-se os aeradores. Depois de uma hora em funcionamento, os aeradores eram desligados, e, novamente, em todos os pontos registravam-se os valores de oxigênio dissolvido, a fim de se obterem os valores de oxigênio residual (teor de oxigênio dissolvido na água uma hora após os aeradores terem sido ligados menos o teor de oxigênio dissolvido registrado na água antes de os aeradores serem ligados). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o auxílio do software STATISTICA 5.0, aplicando-se o teste ANOVA de uma via (F-test, $P < 0,05$) e um teste de separação de médias (Diferença Mínima Significativa, $P < 0,05$).

RESULTADOS

Ao longo do cultivo foram registradas médias de temperatura e salinidade equivalentes a $18 \pm 3,2$ °C e $22 \pm 1,5$ ‰, respectivamente. Para estes parâmetros não foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os valores registrados nos viveiros estudados.

Na amostragem das 6h observou-se incremento de oxigênio na água após os aeradores permanecerem ligados por uma hora (Tabela 1). Nos três dias de coleta de dados do primeiro período de observações (a partir do 64º dia de cultivo), a disposição ‘em Diagonal’ mostrou-se mais eficiente na incorporação de oxigênio na água, sendo o teor deste estatisticamente superior na maioria das vezes, tanto na superfície quanto no fundo, em comparação com a disposição ‘em Paralelo’. Na segundo período de coleta de dados (após o 102º), a disposição ‘em Diagonal’ novamente mostrou-se significativamente

mais eficiente que aquela ‘em Paralelo’, em relação à incorporação de oxigênio, entretanto, no fundo, apenas no segundo dia de coleta, e na superfície, apenas no terceiro dia. No último período de coleta de dados (após o 105º), a disposição ‘em Diagonal’ também mostrou eficiência superior na incorporação de oxigênio, pois os valores registrados foram significativamente maiores no fundo, durante os três dias de coleta.

Às 18h, segundo horário de amostragens, observou-se redução do oxigênio da água do viveiro (valores residuais negativos), caracterizando fenômeno de dessaturação da água, em termos de oxigênio dissolvido, após os aeradores permanecerem ligados por uma hora (Tabela 2). Na primeira coleta de dados, em todos os três dias, os valores de perda do oxigênio da água foram significativamente maiores nos viveiros com aeradores em disposição Diagonal, tanto na superfície quanto no fundo do viveiro. Na segunda e na terceira coleta de dados, apenas os valores da retirada de oxigênio do fundo do viveiro foram estatisticamente maiores na disposição Diagonal. Na superfície não houve diferença significativa entre os valores de oxigênio nas duas disposições, em nenhum dos três dias, tanto na segunda como na terceira coleta de dados.

Na amostragem das 24h observaram-se redução do teor de oxigênio dissolvido na água (dessaturação) dos viveiros na primeira coleta de dados e incremento de oxigênio na água do viveiro nas duas coletas seguintes, após os aeradores ficarem ligados por uma hora (Tabela 3).

Na primeira coleta, em todos os três dias, os valores de oxigênio dissolvido no fundo do viveiro mostram que a disposição ‘em Diagonal’ proporcionou retirada (dessaturação) significativamente maior de oxigênio que a disposição ‘em Paralelo’. No terceiro dia, os valores de oxigênio na superfície também foram significativos, mas, desta vez, no que tange à retirada do oxigênio, a disposição ‘em Paralelo’ mostrou-se superior àquela ‘em Diagonal’.

Na segunda coleta de dados, os valores de oxigênio dissolvido no fundo foram estatisticamente superiores na disposição ‘em Paralelo’, no primeiro dia, e superiores na disposição ‘em Diagonal’ nos dois dias seguintes. Nesta coleta, o valor de oxigênio na superfície não foi significativamente diferente em nenhum dos três dias de coleta. Na terceira coleta de dados, assim como ocorreu na segunda, os valores

Tabela 1. Teor de oxigênio dissolvido residual* (mg/L), registrado na água dos viveiros às 6 horas, após uma hora de funcionamento dos aeradores dispostos 'em Paralelo' e 'em Diagonal' (Os valores de P < 0,05 entre Paralelo e Diagonal estão denotados por um asterisco.)

		6h		PARALELO Média e desvio padrão	DIAGONAL Média e desvio padrão	P
64° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE		0,55±0,14	0,68±0,06	*
	dia	FUNDO		0,71±0,07	0,73±0,13	*
	2°	SUPERFÍCIE		0,49±0,09	0,53±0,18	
	dia	FUNDO		0,61±0,18	0,66±0,09	*
	3°	SUPERFÍCIE		0,51±0,09	0,58±0,13	*
	dia	FUNDO		0,52±0,16	0,60±0,14	*
102° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE		0,81±0,12	0,77±0,12	
	dia	FUNDO		0,84±0,13	0,89±0,21	
	2°	SUPERFÍCIE		0,70±0,06	0,69±0,04	
	dia	FUNDO		0,69±0,09	0,75±0,04	*
	3°	SUPERFÍCIE		0,89±0,12	0,96±0,05	*
	dia	FUNDO		0,98±0,10	1,01±0,05	
105° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE		1,08±0,15	1,05±0,11	
	dia	FUNDO		1,12±0,09	1,16±0,05	*
	2°	SUPERFÍCIE		1,18±0,12	1,03±0,14	
	dia	FUNDO		1,10±0,04	1,15±0,08	*
	3°	SUPERFÍCIE		0,84±0,08	0,95±0,16	*
	dia	FUNDO		0,88±0,13	1,08±0,08	*

* Teor de oxigênio dissolvido na água, uma hora depois de os aeradores serem ligados, menos teor de oxigênio dissolvido antes de os aeradores serem ligados

Tabela 2. Teor de oxigênio residual* (mg/L) registrado na água dos viveiros às 18 horas, após uma hora de funcionamento dos aeradores dispostos 'em Paralelo' e 'em Diagonal' (Os valores de P < 0,05 entre Paralelo e Diagonal estão denotados por um asterisco.)

		18h		PARALELO Média e desvio padrão	DIAGONAL Média e desvio padrão	P
64° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE		-0,81±0,19	-0,88±0,19	*
	dia	FUNDO		-0,75±0,28	-0,89±0,20	*
	2°	SUPERFÍCIE		-0,79±0,25	-0,84±0,19	*
	dia	FUNDO		-0,63±0,34	-0,69±0,25	*
	3°	SUPERFÍCIE		-0,88±0,17	-0,92±0,17	*
	dia	FUNDO		-0,92±0,17	-0,99±0,09	*
102° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE		-1,22±0,17	-1,12±0,04	
	dia	FUNDO		-1,13±0,06	-1,23±0,13	*
	2°	SUPERFÍCIE		-0,85±0,10	-0,83±0,07	
	dia	FUNDO		-0,72±0,08	-0,82±0,06	*
	3°	SUPERFÍCIE		-0,94±0,13	-1,23±0,13	
	dia	FUNDO		-0,84±0,10	-1,14±0,13	*
105° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE		-0,95±0,08	-0,96±0,13	
	dia	FUNDO		-0,85±0,20	-0,86±0,07	*
	2°	SUPERFÍCIE		-0,79±0,08	-0,77±0,08	
	dia	FUNDO		-0,67±0,05	-0,70±0,03	*
	3°	SUPERFÍCIE		-0,76±0,12	-0,89±0,12	
	dia	FUNDO		-0,69±0,12	-0,85±0,11	*

* Teor de oxigênio dissolvido na água, uma hora depois de os aeradores serem ligados, menos o teor de oxigênio dissolvido antes de os aeradores serem ligados

Tabela 3. Teor de oxigênio dissolvido residual* (mg/L), registrado na água dos viveiros às 24 horas, após uma hora de funcionamento dos aeradores dispostos ‘em Paralelo’ e ‘em Diagonal’ (Os valores de P < 0,05 entre Paralelo e Diagonal estão denotados por um asterisco.)

24h			PARALELO Média e desvio padrão	DIAGONAL Média e desvio padrão	P
64° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE	- 0,27±0,16	- 0,30±0,22	
	dia	FUNDO	- 0,20±0,09	- 0,25±0,07	*
	2°	SUPERFÍCIE	- 0,46±0,23	- 0,23±0,15	
	dia	FUNDO	- 0,13±0,14	- 0,27±0,07	*
	3°	SUPERFÍCIE	- 0,32±0,07	- 0,17±0,17	*
	dia	FUNDO	- 0,10±0,06	- 0,32±0,09	*
102° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE	0,07±0,06	0,10±0,05	
	dia	FUNDO	0,09±0,08	0,05±0,04	*
	2°	SUPERFÍCIE	0,04±0,02	0,07±0,04	
	dia	FUNDO	0,09±0,02	0,12±0,09	*
	3°	SUPERFÍCIE	0,06±0,03	0,09±0,05	
	dia	FUNDO	0,09±0,04	0,12±0,05	*
105° dia de cultivo	1°	SUPERFÍCIE	0,02±0,03	0,05±0,03	
	dia	FUNDO	0,05±0,04	0,03±0,07	*
	2°	SUPERFÍCIE	0,49±0,09	0,46±0,07	
	dia	FUNDO	0,44±0,04	0,50±0,07	*
	3°	SUPERFÍCIE	0,02±0,04	0,05±0,03	
	dia	FUNDO	0,05±0,05	0,08±0,07	*

* Teor de oxigênio dissolvido na água, uma hora depois de os aeradores serem ligados, menos teor de oxigênio dissolvido antes de os aeradores serem ligados

de incremento de oxigênio no fundo foram significativamente maiores na disposição ‘em Paralelo’, no primeiro dia, e maiores na disposição ‘em Diagonal’, nos outros dois dias. Na superfície não se constatou diferença significativa entre os valores de oxigênio nas duas disposições de aeradores, em nenhum dos três dias de coleta.

DISCUSSÃO

No presente trabalho, o incremento de oxigênio promovido pela aeração às 6h mostra claramente que a água se encontrava subsaturada, possivelmente devido à respiração do fitoplâncton durante a noite. Neste primeiro horário, a disposição ‘em Diagonal’ mostrou-se mais eficiente no incremento de oxigênio que aquela ‘em Paralelo’, principalmente no fundo, indicando que, quando os aeradores estão posicionados ‘em Diagonal’, ocorre uma melhor circulação da água no viveiro, e o conseqüente envio de oxigênio em direção ao fundo. BRUNE e GARCIA III (1982) afirmam que a circulação é o fator regulador primário das condições de oxigênio em viveiros de cultivo de camarões peneídeos, e não se pode dizer que o viveiro está bem oxigenado no fundo sem a circulação artificial proporcionada pelos aeradores.

No horário das 18h, as concentrações de oxigênio dissolvido na água estiveram sempre acima daquela que indica saturação de oxigênio, devido, provavelmente, à fotossíntese realizada pelo fitoplâncton durante o dia, que poderia ter levado os valores do oxigênio dissolvido na água para além de 100% de saturação. Neste caso, os aeradores, agitando a água do viveiro, serviram principalmente para provocar a liberação do oxigênio excedente para a atmosfera, por difusão, e assim diminuir a estratificação da água do viveiro em relação a esse gás. Neste sentido, FAST e BOYD (1992) afirmam que os aeradores aumentam a interface ar-água, promovendo, assim, a passagem do oxigênio da camada mais oxigenada para a menos oxigenada.

Durante as amostragens realizadas às 18h, a disposição dos aeradores ‘em Diagonal’ proporcionou maior retirada de oxigênio da água do viveiro que a disposição ‘em Paralelo’, principalmente no fundo. Esta observação está de acordo com PETERSON (1999) e PETERSON e PEARSON (2000), que afirmam serem os aeradores capazes de promover a circulação e a mistura da água da superfície com a água do fundo, através da turbulência causada na coluna d’água.

No último horário de coletas, 24h, a água do viveiro encontrava-se supersaturada de oxigênio, nos três dias da primeira saída a campo, e subsaturada em todos os dias das outras duas saídas, devido provavelmente ao fato de que, no período inicial do cultivo, a biomassa de camarões e a matéria orgânica acumulada nos viveiros não apresentavam demanda de oxigênio suficiente para influir na concentração deste gás. Já, nas duas coletas posteriores, realizadas na segunda metade do cultivo, verificou-se verdadeira subsaturação, possivelmente devido ao incremento das variáveis mencionadas. De fato, BOYD (1998) sustenta que viveiros de cultivo precisam de aeração artificial a partir do momento em que a biomassa estocada excede duas toneladas por hectare, já que a taxa de aeração natural promovida pelo vento, pela fotossíntese e pela renovação da água, não são mais suficientes para manter o oxigênio dissolvido em concentrações aceitáveis.

Às 24h, tanto no primeiro período de coletas, em que a água do viveiro estava supersaturada de oxigênio e em que ocorreu a dessaturação, quanto no segundo e no terceiro, nos quais a água estava em subsaturação e houve incorporação de oxigênio à água, a disposição dos aeradores 'em Diagonal' mostrou-se mais eficiente que a disposição 'em Paralelo'. Em relação a esse aspecto, poucos são os autores que fizeram pesquisas sobre arranjo (posicionamento) de aeradores em viveiros, contudo deve-se destacar BOYD (1990), que apresenta soluções para o caso de viveiros circulares e quadrados, e PETERSON e PEARSON (2000), que discutem sobre o formato ideal de um viveiro, que promova circulação eficiente da água de forma a manter o sedimento em suspensão, afirmando que o melhor formato é o quadrado, com bordas arredondadas e com um aerador posicionado em cada canto da unidade de cultivo, mas também reconhecendo que a grande maioria dos viveiros tem formato retangular, que coincide com o dos viveiros da Fazenda Yakult, onde foi desenvolvido o presente experimento.

A partir da problemática existente, PETERSON *et al.* (2001) propuseram um modelo para avaliar diversas disposições e tentar descobrir um arranjo de disposições de aeradores que se mostre superior em eficiência na promoção da circulação de água, no caso de viveiros retangulares. Pesquisando quais arranjos de aeradores os aqüicultores mais utilizavam com sucesso, PETERSON *et al.* (2001) definiram como melhores, dentre outros, a disposição 'em Diagonal' e a disposição 'em Paralelo'.

Analisando todos os horários em conjunto, pode-se observar predominância de resultados positivos em relação à disposição 'em Diagonal', parecendo ser esta a mais eficiente, tanto na incorporação de oxigênio, em casos de subsaturação, como na liberação de oxigênio em excesso, em casos de supersaturação, e também no que se refere à circulação da água, pois, em sua maioria, os resultados estatisticamente significativos foram registrados no fundo. PETERSON *et al.* (2001) obtiveram dados semelhantes com as mesmas disposições de aeradores ('em Paralelo' e 'em Diagonal'), mas os mais satisfatórios foram registrados com a disposição 'em Diagonal'. PETERSON *et al.* (2001) também afirmam que, com o referido modelo de utilização de aeradores, a disposição 'em Paralelo' forma uma área de zonas vermelhas maior que a disposição 'em Diagonal'. Estas zonas vermelhas são definidas como locais no fundo do viveiro onde ocorre erosão e que não trazem benefícios para os camarões devido à alta concentração de sólidos em suspensão. Quando os aeradores estão dispostos 'em Diagonal' surgem zonas verdes maiores que quando os aeradores estão 'em Paralelo', e estas zonas verdes são definidas como áreas onde existe material em suspensão, que, porém, não provém de erosão do fundo, e que constituem ambiente ideal para o crescimento do camarão. Em compensação, ainda PETERSON *et al.* (2001) constataram que em viveiros com aeradores na posição 'em Paralelo' existem menos áreas mortas, definidas como regiões onde ocorre sedimentação de sólidos e partículas do solo, comprovando a falta de circulação em alguns pontos do viveiro, gerando assim uma possível condição adversa à sobrevivência do camarão. Analisando as porcentagens de cada zona descrita nos resultados da aplicação deste modelo, em cada uma das duas disposições, PETERSON *et al.* (2001) definem, como melhor, a disposição 'em Diagonal', mas também dizem que o arranjo de aeradores não resolve completamente o problema da falta de circulação em viveiros retangulares.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que existem diferenças entre os desempenhos das duas disposições de aeradores no viveiro, com uma visível superioridade daquele apresentado pela disposição 'em Diagonal', tanto no que se refere ao incremento de oxigênio dissolvido na água quanto à dessaturação e circulação da água

para o fundo do viveiro. Como os dados registrados no fundo foram, em sua maioria, significativamente mais elevados nas situações em que os aeradores estavam em posição Diagonal, conclui-se que esta disposição poderia ser a mais recomendável, haja vista os hábitos bentônicos dos camarões marinhos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o suporte do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fazenda Experimental Yakult (UFSC) e do Laboratório de Camarões Marinhos da UFSC. O nosso agradecimento ao Prof. Walter Seiffert e ao técnico Geraldo Font, pelo suporte logístico a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYD, C.E. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Auburn University. 482p.
- BOYD, C.E. 1998 Pond water aeration systems. *Aquacultural Eng.*, Amsterdam, 18: 9-40.
- BOYD, C.E. e TUCKER, C.S. 1979 Emergency aeration of fish ponds. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 108: 299-306.
- BRUNE, D.E. e GARCIA III, A. 1991 Transport limitation of oxygen in shrimp culture ponds. *Aquacultural Eng.*, Amsterdam, 10: 269-279.
- CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; MACINTOSH, R.P.; VELASCO, M. 2001 Vantagens de sistemas aerados de reutilização microbiana com C:N balanceado. *Revista da ABCC.*, Recife, 2: 26-30.
- FAST, A.W.; BARCLAY, D.K.; AKIYAMA, G. 1983 *Artificial circulation of Hawaiian prawn ponds*. Honolulu: Univ. Hawaii, unih-seagrant-CR-84-01. 83p.
- FAST, A.W. e BOYD, C.E. 1992 Water circulation, aeration and other management practices. In: FAST, A. e JAMES, L. (Ed.). *Marine shrimp culture: principles and practices*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. p.457-495.
- PETERSON, E.L. 1999 Benthic shear stress and sediment quality. *Aquacultural Eng.*, Amsterdam, 21: 85-111.
- PETERSON, E.L. 2000 Observations of pond hydrodynamics. *Aquacultural Eng.*, Amsterdam, 21: 247-269.
- PETERSON, E.L. e PEARSON, D. 2000 Round peg in a square hole: aeration in a square shrimp pond. *Global Aquaculture Advocate*, St. Louis, 3(5): 44-46.
- PETERSON, E.L.; WADHWA, C.; HARRIS, A. 2001 Arrangement of aerators in an intensive shrimp grow-out pond having a rectangular shape. *Aquacultural Eng.*, Amsterdam, 25: 51-65.
- SANARES, R.S.; KATASE, A.W.; FAST, A.W.; CARPENTER, K.G. 1986 Water quality dynamics in brackish water shrimp ponds with artificial aeration and circulation. In: MACLEAN, J.L.; DIZON, L.B.; HOSILLOS, L.V. (Ed.). *The First Asian Fisheries Forum*. Manila: Asian Fish. Soc. p.83-86.
- VINATEA, L.A. 1997 *Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura*. Florianópolis: Editora da UFSC. 166p.
- ZHU, S. e TANG, S. 1996 Water quality models for aquaculture ponds. In: WORLD AQUACULTURE' 96. *Book of Abstracts...* p.463.