

TOXICIDADE DE EFLUENTES DE VIVEIRO DE CAMARÃO: PERSPECTIVAS PARA ANÁLISE DE RISCOS E TOMADA DE DECISÕES

Toxicity of the effluents from shrimp ponds: outlook for risk analysis and decision-making

José Roberto Nunes Costa¹, Iracema Andrade Nascimento², Solange Andrade Pereira²

RESUMO

*A carcinicultura, na última década cresceu, no mundo acima da média das atividades agrárias e, como qualquer atividade antrópica, tem impactado de diferentes formas os locais da sua instalação. Pouca pesquisa científica tem sido produzida visando à sua mitigação, em especial quanto a avaliação dos impactos causados pelos efluentes da atividade. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar a toxicidade dos efluentes de viveiros de camarão durante a drenagem para despesca, verificar existência de diferenças na qualidade da água entre os vários estratos da coluna d'água. A metodologia utilizou testes de toxicidade efetuados com embriões da ostra *Crassostrea rhizophorae*, buscando relacionar as possíveis anormalidades com os valores de parâmetros físico-químicos medidos em amostras dos efluentes. Os bioensaios com embriões demonstraram a ocorrência de toxicidade dos efluentes sobre os organismos e comprovaram, que juntamente com a análise dos parâmetros físico-químicos, contribuem para uma melhor avaliação da qualidade da água de cultivo. Os resultados também mostraram a existência de um gradiente de qualidade ao longo da coluna d'água dos viveiros de camarão, sendo que o estrato de superfície apresentou melhor qualidade que o estrato de fundo.*

Palavras-chaves: toxicidade, embrião de ostra, efluentes da carcinicultura, bioensaio.

ABSTRACT

*Shrimp farming, has grown worldwide above the average of agricultural activities over the last decade and, like any human enterprise, it has also altered in different ways the place of its installation. Little scientific research has been produced aiming at their mitigation, especially as to the evaluation of the impacts caused by the activity's effluents. The objectives of this study were to evaluate the toxicity of shrimp ponds effluents while being drained to enable the shrimp harvest, and to ascertain the existence of differences in water quality between the various layers of the water column. Tests were performed with embryos of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae*, trying to relate possible abnormalities with the measured values of physical-chemical parameters in effluent samples. The bioassays with embryos proved the occurrence of effluent toxicity in the organisms and, applied together with the analysis of physico-chemical parameters, have been found to contribute to a better assessment of the water's quality in ponds. The results also showed the existence of a quality gradient along the water column of shrimp ponds, where the surface layer showed a better quality than the bottom substrate.*

Keywords: toxicity, shrimp effluent, bioassay, oyster embryos.

¹ Engenheiro de Pesca, Professor do Instituto Federal de Educação Tecnológica da Bahia - IFBA/BAMestre em Ecologia e Biomonitoramento. E-mail: jroberto@ifba.edu.br

² Doutora em Biologia Marinha, Professora da Universidade Federal da Bahia – UFBA Doutora em Biologia Marinha E-mail: iracema@ufba.br

² Doutora em Biologia Marinha, Professora da Universidade Federal da Bahia UFBA Doutora Em Biologia e-mail: spereira@ufba.br

INTRODUÇÃO

O cultivo de camarão marinho nas duas últimas décadas se desenvolveu em nível mundial, gerando expressivos lucros e impactos como a destruição de manguezais e áreas adjacentes, excessivo lançamento de efluentes e eutrofização de ambientes, acusado de provocar a redução na produção pesqueira e a perda de diversidade genética (Paez-Ozuna, 2001; Chua *et al.*, 1989 *apud* biao, 2004). No Brasil, somente a partir dos anos 90 do século passado a carcinicultura se mostrou como uma promissora atividade econômica.

A degradação dos manguezais pela expansão do cultivo do camarão promove a perda de benefícios e serviços, e implica em custos ambientais e sociais não apropriados ou assumidos pela indústria (Huitric *et al.*, 2002). Dentre os impactos negativos causados pela carcinicultura após a sua instalação, a poluição dos corpos receptores por efluentes de viveiros é o mais comum (Boyd, 2003; Boyd & Gautier, 2000; Trott & Alongi, 2000), tornando o ambiente inadequado à existência de organismos vivos (Boyd, 2001).

Até o presente, o controle de qualidade de efluentes líquidos é efetuado apenas por meio da determinação de parâmetros ambientais de natureza físico-química, e regulamentado por norma federal (CONAMA, 2005) que estabelece padrões quantitativos de emissão. Entretanto, as análises químicas não levam em conta os possíveis sinergismos com outras substâncias, em misturas complexas com o efluente, mostrando-se incapazes de possibilitar uma estimativa dos reais impactos biológicos ao ambiente (Gherardi-Goldstein *et al.*, 1990; Nascimento, 2002).

Testes com organismos vivos podem responder às interações de substâncias químicas em uma mistura complexa. Por esta razão, e em virtude de ainda não existirem padrões biológicos de toxicidade na norma legislativa, o objetivo deste trabalho foi utilizar um método biológico para avaliar a qualidade dos efluentes da drenagem para colheita de camarões e relacionar os resultados desses com os resultados de testes físico-químicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os três viveiros amostrados estão localizados nas fazendas Valença Bahia Maricultura (VBM) e SOHAGRO, em posição emparelhada no estuário do Rio Uma, município de Valença, margem continental do canal formado entre a Ilha de Tinharé e o continente (13°21'S - 39°00'W). O canal onde é feita a

captação e a descarga nas fazendas apresenta elevado fluxo de água e salinidade média anual de 30‰ (comunicação pessoal da VBM, 2006). As coletas de efluentes ocorreram em duas campanhas (SHE 14 em janeiro de 2006, SHE 20 e VBM 02 em outubro 2006) sempre durante a drenagem final dos viveiros para colheita dos camarões, em dias que dependeram apenas da ocorrência desta operação (ver Tabela I).

Tabela I - Características dos viveiros e ciclos de cultivo, com base em dados fornecidos pela equipe técnica das fazendas VBM e SOHAGRO Maricultura.

Variáveis	. SOHAGRO		VBM
	SHE 14	SHE 20	VE 02
Área do viveiro (ha)	4,15	3,99	2,00
Data do povoamento	14/11/05	05/07/06	29/07/06
Data da despesca	08/03/06	10/10/06	10/10/06
Duração do ciclo (dia)	114	98	74
Lâmina d'água máxima (m)	1,85	1,85	1,65
Densidade (camarão/m ²)	26,7	24,3	14,0
Sobrevivência (%)	82	82	85
Peso médio final (g)	6,00	5,06	5,33
Biomassa final (kg)	7778	4024	1268
Biomassa por hectare (kg)	1874,2	1008,5	634,0
Fornecimento do alimento	bandeja	lanço	lanço
Tempo de uso do viveiro (ano)	< 5s	< 5	> 10
Clima na coleta	ensolarado	nublado	nublado

Buscou-se amostrar efluentes de viveiros que reunissem condições semelhantes quanto a tamanho, densidade de povoamento, manejo alimentar, tipo de ração utilizada e local de captação de água e de lançamento de efluentes. As amostras de efluentes foram coletadas utilizando garrafas de polipropileno (estéreis), de cor opaca, com tampa roscada e capacidade para 1 litro. As amostragens foram feitas no interior de três viveiros próximos à comporta de drenagem, imergindo a garrafa coletora e mantendo a boca à 10 cm da superfície da água, até o seu completo enchimento.

Para execução dos testes de toxicidade e determinações físico-químicas foram colhidas amostras compostas (homogeneizadas) do efluente, em diversos níveis da coluna d'água assim denominados: estratos de superfície (A=75 - 100%; B= 50 - 75%; C= 20 - 50%), representativas de 80% do volume de água drenada do viveiro, com três replicas denominadas

de S₁, S₂ e S₃, e amostras compostas dos estratos de fundo (D=20% e E=10%), também com três réplicas denominadas de F₁, F₂ e F₃, correspondente aos 20% do volume final de água da drenado do viveiro.

Após a coleta, as amostras foram estocadas em caixas isotérmicas, contendo gelo ensacado de forma a se conservarem entre a temperatura de 1 e 7°C, conforme recomendado na literatura (Nascimento, 2002). No momento e local das coletas de efluente, foram tomadas medidas de pH (pHmetro digital, marca Mettler-Toledo), de oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro digital, marca Mettler-Toledo), e da salinidade (refratômetro ótico, marca Atago).

Das amostras foram efetuadas análises dos parâmetros DBO, fosfato, nitrogênio amoniacal e sólidos totais em suspensão, seguindo-se a metodologia do Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (1998). Com as mesmas amostras foram efetuados testes de toxicidade a embriões de ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae*, utilizando protocolo estabelecido por Nascimento (1998).

O teste de toxicidade consistiu na exposição dos organismos teste a soluções de efluente nas seguintes concentrações: 4,6; 10,0; 22,0; 46,0 e 85%, pelo período de 24 horas e posterior verificação da ocorrência de diferença entre as taxas de anormalidades obtidas em indivíduos expostos à água do mar pura (controle) e nas diferentes diluições do efluente.

A escolha dos embriões de ostra como organismo teste deveu-se à ampla distribuição da espécie *C. rhizophorae* nos ecossistemas estuarinos da região, importância na ecologia e economia local, por sua elevada sensibilidade à presença de poluentes e à existência de protocolo do teste de toxicidade estabelecido por Nascimento (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes de toxicidade

No viveiro SHE 14, os organismos-teste expostos às amostras de efluente da superfície apresentaram taxas de anormalidade menores que aqueles expostos às amostras do fundo, porém, foi encontrada variação significativa ($p < 0,05$) apenas nas concentrações de (46% e 85%). No viveiro VE 02, novamente os organismos-teste expostos às amostras de efluente da superfície apresentaram taxas de anormalidade menores que aqueles expostos às amostras do fundo, contudo, houve variação significativa ($p < 0,05$) apenas nas concentrações (4%, 6%, 10% e 22,0%). No viveiro SHE 20, foi encontrada a mais ele-

vada taxa de anormalidade dos organismos-teste entre os viveiros estudados na maior concentração (85%), seguido de uma grande redução na taxa de anormalidade na concentração de 46%. Entretanto, em nenhuma concentração testada houve variação significativa ($p < 0,05$) nas taxas de anormalidade entre os estratos de superfície e fundo (Tabela II).

Tabela II - Resultados dos testes de toxicidade para o efluente do viveiro SHE 14, da fazenda SOHAGRO.

Amostra	% de anormalidade nos organismos-teste				
	88,0	46,0	22,0	10,0	4,6
S1	4,31	-9,54	-9,85	-9,23	-11,38
S2	2,15	-6,46	-6,15	-6,77	-10,77
S3	1,23	-8,62	-7,38	-9,23	-10,77
Média	2,56	-8,20	-7,79	-8,41	-10,97
F1	8,31	-1,54	-5,54	-3,08	-1,54
F2	7,08	-0,92	-3,69	-0,92	-1,23
F3	5,23	0,62	-1,54	8,0	-0,62
Média	6,87	-0,61	-3,59	1,33	-1,13

Os valores da anormalidade positivos indicam um percentual acima do encontrado no controle (risco líquido positivo), enquanto os valores negativos indicam anormalidade abaixo do encontrado no controle (risco líquido negativo). A anormalidade ocorrida nas amostras de fundo do Viveiro VE 02, nas concentrações de 22, 10 e 4,6%, pode ser explicada pelos elevados valores de sólidos totais em suspensão, encontrados nas amostras de fundo do efluente desse viveiro (Tabela III) que, segundo Nascimento (1998), compromete a sobrevivência de embriões de ostras já acima de 100 mg.L⁻¹.

Tabela III - Resultados dos testes de toxicidade para o efluente do viveiro VE 02, da fazenda VBM.

Amostra	% de anormalidade nos organismos-teste				
	85,0	46,0	22,0	10,0	4,6
S1	16,81	14,81	-2,85	-1,99	3,99
S2	17,66	11,97	0,57	-0,28	-3,70
S3	15,75	5,70	-4,56	-5,41	2,56
Média	15,75	10,82	-3,70	-2,56	0,95
F1	39,60	19,09	22,51	12,54	11,40
F2	17,09	13,96	19,09	17,38	14,53
F3	49,57	31,05	29,06	28,21	18,23
Média	35,42	21,36	23,55	19,37	14,72

O cálculo da CE₅₀-24h, pelo método estatístico Trimmed (Spearman-Kärber) (Tabela IV) só foi possível para as amostras do viveiro SHE 20, em razão da maior toxicidade encontrada na concentração de 85%.

Tabela IV – Resultados dos testes de toxicidade para o efluente do viveiro SHE 20, da fazenda SOHAGRO.

Amostra	% de anormalidade nos organismos-teste					
	CE ₅₀ -24h	85,0	46,0	22,0	10,0	4,6
S1	78,21	57,83	-0,85	-5,41	-5,70	-4,27
S2	63,54	80,91	15,67	5,13	-3,70	-4,56
S3	49,85	81,77	43,59	7,98	-2,28	-2,28
Média	63,86	73,50	19,47	2,56	-3,89	-3,70
F1	70,78	71,23	-0,57	-3,42	-4,84	-4,56
F2	65,03	77,21	14,81	3,70	-4,27	-4,56
F3	72,08	63,56	13,11	1,71	-4,27	-4,84
Média	69,29	70,66	9,11	0,66	-4,46	-4,65

Os viveiros com menor biomassa estocada (SHE 20 e VE 02) foram aqueles cujos efluentes causaram maior taxa de anormalidade nos organismos-teste, contrariando a expectativa de que isso ocorreria com o viveiro SHE 14. A análise dessas ocorrências sugere a hipótese de que as maiores taxas de anormalidade nos organismos-teste, evidenciada nos viveiros SHE 20 e VE 02, podem ser explicadas pela elevação dos valores da DBO no efluente de ambos e dos sólidos totais em suspensão no viveiro VE 02, ambas justificadas pelo fornecimento da ração a lanço nestes viveiros, ao contrário da oferta do alimento em bandejas, praticada no viveiro SHE 14.

A aplicação do teste estatístico de comparação de médias das anormalidades entre os extratos de superfície e fundo, considerando o conjunto de dados obtidos para todos os viveiros, não indicou variação significativa ($p > 0,05$) na anormalidade, nas maiores concentrações estudadas dos efluentes (88%, 85% e 46%), porém, mostrou uma variação significativa ($p < 0,05$) nas menores concentrações de efluentes testadas (22%, 10% e 4,6%). Isto indica que nas maiores concentrações estudadas, isto é, quando praticamente não são diluídas, as águas de ambos os extratos (superfície e fundo) são tóxicas.

Os critérios da American Public Health Association (1989) para efluentes classificam como não tóxicos os que produzem até 10% de anormalidade, como moderadamente tóxicos, entre 10 a 45% de anormalidade, como tóxicos, acima de 45% e como muito tóxicos aqueles que afetam 100% da população exposta. À luz dessa regulamentação, os efluentes dos viveiros SHE 14 e VE 02 são considerados “moderadamente tóxicos”, enquanto os do viveiro SHE 20, com um valor de anormalidade acima de 45%, devem ser considerado como “tóxicos”.

Testes físico-químicos

Os resultados de pH encontrados nas amostras nos viveiros estudados, variaram na faixa de 7,7 - 8,4, portanto dentro dos limites entre 6,5 e 8,5 estabelecidos pelo CONAMA para efluentes (Figura 1).

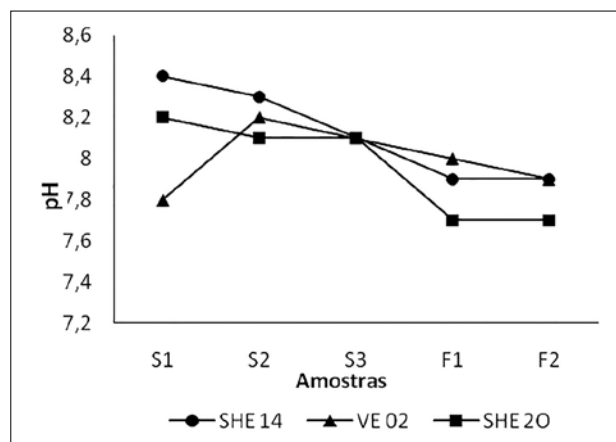


Figura 1 - Variação do pH dos efluentes na despesca.

Os resultados das medições do OD nos viveiros apresentaram a maioria dos valores de superfície acima do estabelecido pelo CONAMA para efluentes ($5,0 \text{ mg.L}^{-1}$) e todas as amostras de fundo apresentaram valores inferiores a essa referência, como pode ser verificado na Figura 2.

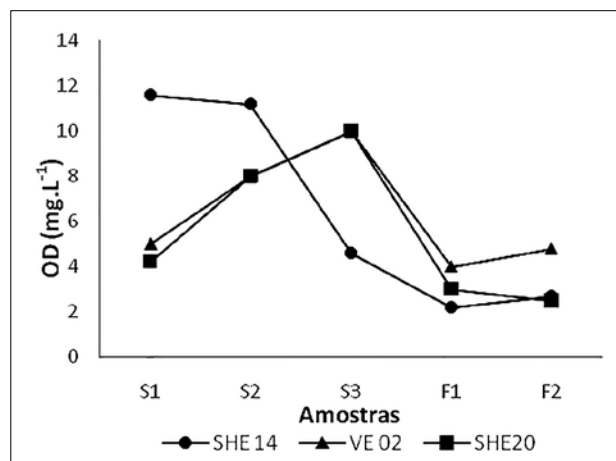


Figura 2 - Variação do OD dos efluentes na despesca.

A variação dos valores entre as coletas de água de superfície e de fundo possa possivelmente ser explicada pela maior biomassa de camarão, por unidade de volume, contida no viveiro no momento final da despesca. A elevação dos valores do OD ocorridas nas últimas amostras dos viveiros SHE 14 e VE 02 de $2,2$ para $2,7 \text{ mg.L}^{-1}$ e de $4,0$ para $4,8 \text{ mg.L}^{-1}$,

respectivamente, foi ocasionada pela introdução de água nova nos viveiros nos momentos finais da despesca, por motivo de os camarões estarem nadando na superfície, sob risco de morte por anoxia.

Com exceção de uma amostra de superfície do viveiro SHE 14, todas as outras (superfície e fundo) submetidas a análise de DBO (Figura 3) apresentaram valores acima do limite máximo estabelecido pelo CONAMA para efluentes (5,0 mg.L⁻¹). Os viveiros SHE 20 e VE 02, onde a ração foi distribuída a lanço, apresentaram valores mais altos de DBO que no viveiro SHE 14, onde a oferta do alimento se deu em bandejas. Esse fato contribuiu para corroborar a hipótese apresentadas por Boyd (1994) e Ostrensky (2002) de que o fornecimento da ração em bandejas se constitui numas das práticas de manejo com melhor repercussão sobre a qualidade da água do viveiro, representando um menor risco ambiental no momento da despesca.

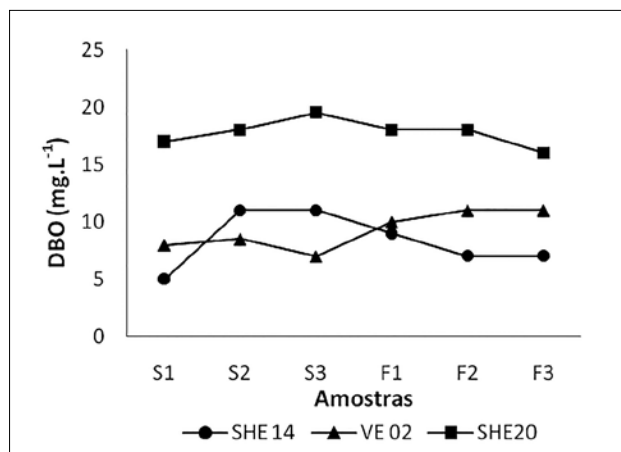


Figura 3 - Variação da DBO dos efluentes na despesca.

A maioria das amostras de fosfato (67%) apresentou valores abaixo do recomendado pela GAA (0,3 mg.L⁻¹) - Figura 4. Em todos os viveiros, de forma clara nos viveiros SHE 14 e VE 02 e de forma discreta no viveiro SHE 20, os teores de fosfato apresentaram-se mais altos nas amostras de fundo, que nas de superfície. Boyd (1994), estudando efluentes de fazendas de *catfish*, encontrou taxas de DBO e fosfato mais elevadas no fundo do que na superfície dos viveiros.

Do total de 18 amostras de efluentes submetidas a análise de nitrogênio amoniacal, apenas três (superfície do viveiro SHE 14), apresentaram valores superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA (0,4 mg.L⁻¹) (Figura 5). A variação dos valores encontrados para o nitrogênio entre os estratos de superfície e fundo nos viveiros estudados, com elevação dos valores em todas as amostras de fundo, pode estar associada às diferenças de biomassa, por unidade de área, estocados nos viveiros e aos diferentes manejos alimentares aplicados.

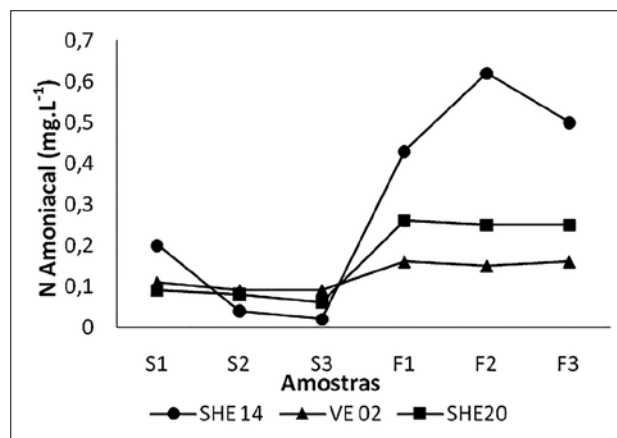


Figura 5 - Variação do nitrogênio amoniacal dos efluentes na despesca.

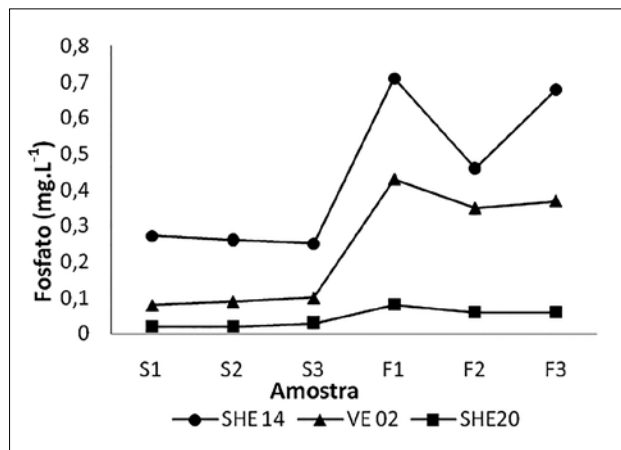


Figura 4 - Variação do fosfato do efluente na despesca.

Dentre os viveiros amostrados, apenas o SHE 20 apresentou valores de sólidos em suspensão de superfície e fundo abaixo do valor recomendado pela GAA (50mg. L⁻¹) (Figura 6). Os viveiros SHE 14 e VE 02 apresentaram valores discretamente abaixo ou acima do padrão estabelecido pela GAA nas amostras de superfície, mas as do fundo superaram em muito esse limite. Os elevados valores para sólidos em suspensão encontrados no viveiro VE 20 não podem ser explicados com as informações coletadas nesse estudo, porém os valores mais elevados encontrados no SHE 14 em relação ao SHE 20 explicam-se pela maior biomassa de camarão colhida no primeiro (Tabela I).

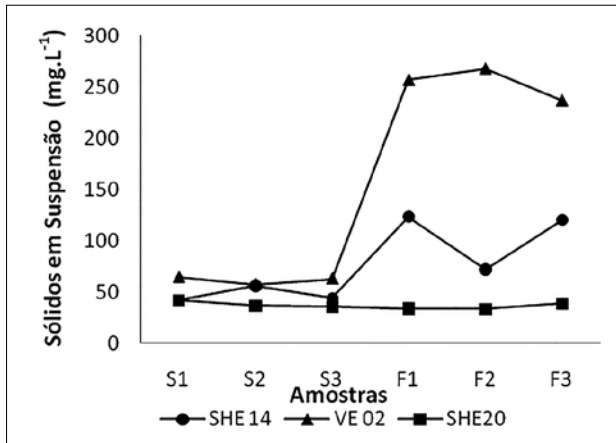


Figura 6 - Variação dos sólidos em suspensão dos efluentes na despesca.

CONCLUSÕES

1. O teste de toxicidade com embriões de ostras se mostrou capaz de detectar anormalidades nos organismos expostos, por 24 horas, aos efluentes de viveiros de camarão, mesmo quando apresentaram características físico-químicas dentro dos padrões especificados na legislação.

2. Indicadores físico-químicos de qualidade de efluente de viveiro de camarão, isoladamente, se mostraram inadequadas para avaliação dos possíveis impactos de lançamento do efluente no corpo receptor. Os resultados deste estudo comprovam a necessidade de tratamento prévio dos efluentes da atividade camaroneira, ao menos para a redução do DBO, antes de seu lançamento no corpo receptor.

3. A variação dos valores do fósforo, nitrogênio amoniacal e sólido em suspensão corrobora a hipótese da ocorrência de diferença entre a qualidade da água entre estratos de superfície e de fundo dos viveiros de camarão. Essa conclusão pode ser considerada básica para se verificar a possibilidade de reutilização da água do estrato de superfície dos viveiros de camarão e tratamento apenas da água do fundo, contribuindo para a redução do impacto do lançamento do efluente no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arana, L.V. *Princípios químicos de qualidade da água em aquíicultura: uma revisão para peixes e camarões*. Editora da UFSC, 166 p., Florianópolis, 1997.

Biao, X.; Zhuhong, D. & Xiaorong, W. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the

adjacent coast creeks from eastern China. *Mar. Poll. Bull.*, v.48, p.543-553, 2004.

Boyd, C.E. Guidelines for aquaculture: effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, v.226, p.101-112, 2003.

Boyd, C.E.; Gross, A. & Rowan, M. Laboratory study of sedimentation for improving quality of pond effluents. *J. Appl. Aquacult.*, v.8, n.2, p.39-48, 1998.

Boyd, E.C. & Clay, W. J. Shrimp aquaculture and the environment: an adviser to shrimp producers and environmentalist present a prescription for raising shrimp responsibly. *Scient. Amer.*, p.42-49, 1998.

Coelho Jr., C. & Shaeffer-Novelli, Y. Considerações teóricas e práticas sobre impacto da carcinocultura nos ecossistemas costeiros brasileiros, com ênfase no ecossistema manguezal, 8 p., in *Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*, Recife, 2000.

CONAMA. *Resolução nº. 357, março de 2005*. Ministério do Meio Ambiente, 23 p., Brasília, 2005.

Cruz, A.C.S. *Seleção de substâncias orgânicas como referência em testes de toxicidade com embriões de ostra Crassostrea rhizophorae Guilding, 1828: controle da qualidade analítica de testes ecotoxicológicos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, 61 p., Salvador, 2003.

Falaise, F. & Böel, L. A new technology for sustainable shrimps farming. *INFOFISH International*, v.3, p.33-39, 1999.

Funge-Smith, S.; Briggs, J. & Matthew, R.P. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture*, v.164, p.117-133, 1998.

Gautier, D. *The integration of mangrove and shrimp farming: a case study on Caribbean coast of Colombia*, 17 p., in *Procedimentos para Utilização de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquidos*. CETESB, São Paulo, 1990.

Hamilton, M.A.; Russo, R.C. & Thurston, R.V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentration in toxicity bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, v.1, p.714-719, 1997.

Huitric, M.; Folke, K. & Kautsky, N. Development and government policies of the shrimp farming industry in Thailand in relation to mangrove. *Ecological Economics*, v.40, p. 441-455, 2002.

Jones A. *et al.* Assessing ecological impacts of shrimp and sewage effluent: biological indicators with standard water quality analyses. *Est. Coast. Shelf Sci.*, v.52, p.91-109, 2001.

- Kennish, M.J. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environ. Conserv.* Cambridge, v.29, p.78-107, 2002.
- Madrid, R.M. A crise econômica da carcinicultura. *Panorama da Aqüicultura*, junho/agosto, p.22-29, 2005.
- Mcintosh, D.; FitzSimmons, K. Characterization of effluent from an inland, low salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. *Aquaculture Engineering*, v.27, p.147-156, 2003.
- Martinez-Cordeiro, F.J. & Leung, P.S. Sustainable aquaculture and producer performance: measurement of environmentally adjusted productivity and efficiency of a sample of shrimp in Mexico. *Aquaculture*, v.241, p.249-268, 2004.
- Nascimento, I.A. Aquicultura marinha e ambiente: a busca de tecnologias limpas para um desenvolvimento sustentado. *Revista Baiana de Tecnologia*, Salvador, v.13, n.13, p.44-67, 1988.
- Nascimento, I.A. Teste de toxicidade com embriões da ostra *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), p.73-81, in *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. Editora Artes Gráficas e Indústria Ltda., São Paulo, 2002.
- Nascimento, I.A. *et al.* Standardization, application and validation bioassay methods with embryos of *Crassostrea rhizophorae*, the mangrove oyster for evaluation of tropical estuarine and marine waters, 15 p., in *International Workshop*, Salvador, 1989.
- Nunes, A.J.P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. *Panorama da Aqüicultura*, maio/junho, p.27-39, 2002.
- Paez-Osuna, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environ. Manag.*, v.28, p.131-140, 2001.
- Paez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, S.R. & Ruiz-Fernández, A.C. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Mar. Poll. Bull.*, v.36, n.1, p.65-75, 1998.
- Preston, J.C.; Thompson, P.J. & Jackson, C. Intake and discharge nutrient loads at three intensive shrimp farms. *Aquacult. Res.*, v.35, p.1053-1061, 2004.
- Rajedran, N. & Kathiresan, K. Effect of effluent from a shrimp pond on shoot biomass of mangrove seedlings. *Aquacult. Res.*, v.27, 1996.
- Rocha, I.P. & Rodrigues, J. Agronegócio do camarão cultivado em 2003, 15 p., in *Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, Recife, 2004.
- Samocha T.I. *et al.* Characterization of intake and effluent waters from intensive and semi-intensive shrimp farms in Texas. *Aquacult. Res.*, v.35, p.321-339, 2004.
- Sandifer, P.A. & Hopkins, S.J. Conceptual design of a sustainable pond-based shrimp culture system. *Aquacultural Engineering*, v.15, n.1, p.41-52, 1996.
- Tacon, A.G.J. & Foster, I.P. *Aquafeeds and the environment: policy implications*. *Aquaculture*, v.226, p.181-189, 2003.
- Trott, L.A. & Alongi, D.M. The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in a tropical mangrove estuary. *Mar. Poll. Bull.*, v.40, n.11, p. 947-951, 2000.