



Acta Scientiarum. Biological Sciences

ISSN: 1679-9283

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Canary, Ana Carolina; Poersch, Luís; Wasielesky Junior, Wilson
Impacto dos efluentes de cultivo semi-intensivo de camarão sobre a fauna bentônica no sul do Brasil
Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 31, núm. 4, 2009, pp. 345-353
Universidade Estadual de Maringá
.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187115804002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Impacto dos efluentes de cultivo semi-intensivo de camarão sobre a fauna bentônica no sul do Brasil

Ana Carolina Canary*, Luís Poersch e Wilson Wasielesky Junior

Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Estação Marinha de Aquacultura, Universidade Federal do Rio Grande, Cx. Postal 474, 96201-900, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: carolcanary@gmail.com

RESUMO. O aumento dos cultivos em ambientes costeiros tem gerado preocupação a respeito do lançamento dos seus efluentes no ambiente aquático. Este estudo objetivou determinar o impacto dos efluentes de cultivos de camarões sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no estuário da lagoa dos Patos-Brasil. Este trabalho foi realizado numa fazenda de cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei*. Como parâmetros de qualidade de água, foram monitorados quinzenalmente pH, oxigênio dissolvido, consumo de oxigênio e sólidos suspensos totais, sendo os locais de amostragem uma região-controle, saída do canal de drenagem da fazenda e bacia de sedimentação. As coletas de sedimento para a análise macrobentônica foram realizadas na saída da fazenda e no controle, e realizou-se amostragem antes do início e quinzenalmente durante o cultivo. Os resultados mostram que a bacia de sedimentação neste cultivo é relativamente eficiente. Houve reduções no pH e na concentração de oxigênio e aumento no consumo de oxigênio na saída do canal de drenagem da fazenda. Além disso, foi observada alteração na estrutura da macrofauna no ambiente adjacente ao cultivo. Ocorreu redução das espécies mais sensíveis a distúrbios *Nephtys fluviatilis* e *Heleobia australis* e flutuações na abundância de *Kalliapseudes schubartii*.

Palavras-chave: cultivo de camarão, *Litopenaeus vannamei*, efluente, impacto ambiental, macroinvertebrados bentônicos.

ABSTRACT. Environmental impact of semi-intensive shrimp farming on benthic fauna in southern Brazil. The increase in aquaculture activity in costal areas has raised concerns about the discharge of effluents in the aquatic environment. The aim of this study was to determine the impact of effluents from the cultivation in Patos Lagoon – Brazil, using benthic macroinvertebrates as indicators. This research was conducted in a farm of *Litopenaeus vannamei* shrimp. Water parameters such as pH, diluted oxygen, oxygen consumption and total suspended solids were checked every 15 days. The sampling sites were a controlled region, the farm outflow channel and the settling ponds. The sediment for analysis of the benthic was sampled in the farm outflow channel and in the control area. One sampling occurred before the cultivation was started, and then every 15 days during the cultivation. The results show that the settling pond in shrimp cultivation was efficient. The pH and oxygen concentrations decreased, and oxygen consumption increased in the farm outflow channel. Furthermore, a change was observed in the macrofaunal structure in the environment adjacent to the cultivation. A decrease was also observed in the density of species sensitive to disturbance, such as *Nephtys fluviatilis*, *Heleobia australis* and fluctuations in the abundance of *Kalliapseudes schubartii*.

Key words: shrimp farm, *Litopenaeus vannamei*, effluent, environmental impact, benthic macroinvertebrate.

Introdução

Os cultivos de camarões são, em sua maioria, realizados em regiões estuarinas, muitas vezes próximas a manguezais e marismas, como acontece na região Sul do Brasil. Tais ambientes fazem interface entre os sistemas aquático e terrestre (CARVALHO, 2004; STRUCK; CRAFT, 2004) e são considerados de grande importância ecológica e na economia humana (PILLAY, 1992; ASMUS; TAGLIANI, 1998).

O aumento da atividade da aquacultura nesses ecossistemas costeiros tem gerado preocupações a respeito de seus possíveis impactos, sendo o lançamento de efluentes dos cultivos sobre o ambiente aquático uma das principais preocupações, já que podem conter alta concentração de nutrientes e sólidos suspensos (LOCH et al., 1996; PAEZ-OSUNA et al., 1998; TOVAR et al., 2000; JONES et al., 2001; PAEZ-OSUNA, 2001; BURFORD et al., 2003).

Uma maneira de avaliar os possíveis efeitos do enriquecimento orgânico nesses ambientes adjacentes às descargas dos efluentes tem sido a avaliação de associações de macroinvertebrados bentônicos. Muitos estudos vêm demonstrando que a análise dessas comunidades é útil em programas de monitoramento (WARWICK, 1993; BLANCHET et al., 2005; GIANGRANDE et al., 2005). O uso destes organismos como indicadores apresenta várias vantagens, pois tem limitado padrão de migração ou vida sésil (LANA, 1994; CARVALHO, 2004; STEPHENS; FARRIS, 2004), distribuição naturalmente abundante, sendo residentes ao longo do ano (POHLE et al., 2001); compõem vários níveis tróficos e respondem de diferentes maneiras ao estresse ambiental (CARVALHO, 2004).

Este estudo teve como objetivo determinar o impacto do aporte de efluentes de viveiros de cultivos de camarões marinhos em um estuário, utilizando, para isto, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como indicadora.

Material e métodos

Este trabalho foi realizado na Fazenda Carcibrás, localizada às margens do estuário da lagoa dos Patos, no município de São José do Norte, Rio Grande do Sul, Brasil ($31^{\circ}56'23"S$, $52^{\circ}00'92"W$). Esta fazenda está no seu quarto ciclo de produção, possui quatro viveiros de tamanho variando entre 1,69-2,5 hectares, os quais totalizam 8,36 ha de lâmina d'água. No período estudado, esta fazenda cultivou *Litopenaeus vannamei* a uma densidade média de estocagem de aproximadamente 15 camarões m^{-2} . O tempo de permanência da água dentro dos viveiros era de 20 dias.

A água utilizada no cultivo era bombeada do estuário para os viveiros e o efluente, passava por uma bacia de sedimentação (1 ha) antes de ser lançada novamente no estuário (Figura 1). Esta bacia de sedimentação possuía um tempo de residência da água em média superior a oito dias.

O período de coletas de água para a quantificação dos sólidos suspensos totais (SST) foi de fevereiro a abril de 2006, sendo realizadas amostragens quinzenais, todas feitas no período da manhã. Estas amostragens foram realizadas na entrada e na saída da bacia de sedimentação (BS), na saída do canal de drenagem da fazenda e na região controle (Figura 1). Os SST foram analisados pelo método adaptado de Strickland e Parsons (1972), com modificações citadas por Von Bodungen et al. (1991).

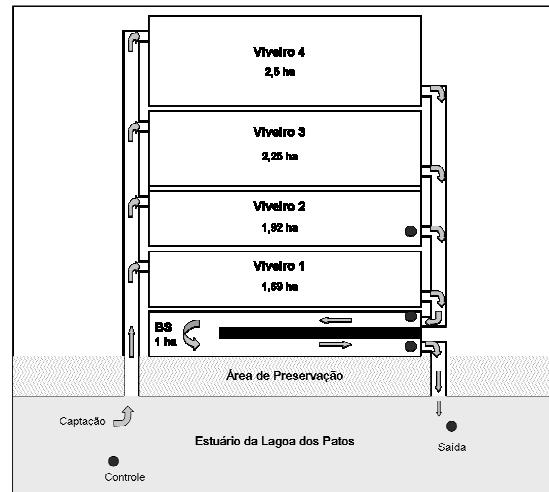


Figura 1. Desenho esquemático da Fazenda Carcibrás. As flechas representam o fluxo da água desde a captação até o lançamento. Os círculos pretos indicam os locais amostrados.

No mesmo período, também foram realizadas medições do pH, oxigênio dissolvido (OD) e consumo de oxigênio (CO) por meio de um multiparâmetro (modelo 556 MPS). Os pontos amostrados foram a bacia de sedimentação, a saída do canal de drenagem da fazenda e uma região controle (200 m), conforme indicado na Figura 1.

As coletas de sedimento para a análise qualiquantitativa da comunidade bentônica foram realizadas no encontro do canal de drenagem da fazenda com o estuário e a uma distância de 200 m (controle) (Figura 1). As amostragens de organismos bentônicos foram realizadas quinzenalmente, a partir do início do povoamento dos viveiros de cultivo, que foi realizado em dezembro de 2005, estendendo-se até abril de 2006.

Todas as análises de água foram realizadas 5 cm abaixo da superfície da água.

Em cada ponto de coleta, foram retiradas três amostras com auxílio de um extrator de PVC com 100 mm de diâmetro, o qual era enterrado 20 cm no substrato. No próprio local, as amostras eram lavadas e peneiradas com uma malha de 400 μm . Este material era colocado em saco plástico com formol 10% e corado com Rosa de Bengala. Logo após, as amostras foram levadas para o laboratório para a realização da triagem até o menor táxon possível, por meio de um microscópio estereoscópico.

Os dados obtidos das análises da fauna bêntica não se ajustaram aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade e por isso foi utilizado análise não-paramétrica. Para analisar a diferença

entre os dois locais foi utilizado o teste de Mann-Whitney; para verificar se houve diferença ao longo do tempo nos locais foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$.

Resultados e discussão

Neste estudo, a atividade de cultivo de *L. vannamei* provocou diminuição do pH (Tabela 1). Os maiores valores de pH foram observados na região controle (7,75 a 8,14), enquanto na bacia de sedimentação ocorreram sempre os menores valores encontrados (6,74 a 6,95). A saída do canal de drenagem da fazenda apresentou valores de pH da água ligeiramente superiores ao medido na bacia de sedimentação, possivelmente pela influência da dinâmica da água estuarina nas adjacências da fazenda.

Tabela 1. Médias mensais de pH, oxigênio dissolvido (OD), consumo de oxigênio (CO) e sólidos suspensos totais (SST), nos diferentes locais amostrados (entrada da bacia de sedimentação, saída da bacia de sedimentação, saída do canal de drenagem e uma região-controle), em uma fazenda de cultivo de camarão localizada às margens do estuário da lagoa dos Patos.

Variável	Mês	Bacia	Bacia	Saída do Controle
		Sedimentação (entrada)	Sedimentação (saída)	canal de drenagem
pH	Fevereiro	---	6,74	6,91
	Março	---	6,86	7,29
	Abri	---	6,95	7,45
OD (mL L ⁻¹)	Fevereiro	---	2,60	3,70
	Março	---	7,90	5,80
	Abri	---	4,75	5,56
CO (mg L ⁻¹ h ⁻¹)	Fevereiro	---	0,40	1,16
	Março	---	0,23	0,18
	Abri	---	0,06	0,46
SST (g L ⁻¹)	Fevereiro	0,096	0,095	0,099
	Março	0,027	0,025	0,041
	Abri	0,040	0,034	0,022
				0,036

Esta diminuição no pH também foi observada em outros trabalhos com cultivo de camarão (BIAO et al., 2004) e peixe (TOVAR et al., 2000). Esta acidificação da água pode ter sido causada pela provável presença de amônia no efluente, pelo caráter ácido provocado pelas fezes, pelos resíduos da ração (TOVAR et al., 2000) e pela respiração dos animais, pois durante este processo ocorre a produção de CO₂, o qual se dissolve e subsequentemente adiciona H⁺ na água, diminuindo o pH. No entanto, embora a fazenda libere água com pH ligeiramente menor que o encontrado na região-controle, todos os valores observados na BS e na saída dos efluentes desta fazenda estão de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama - nº357/2005, que permite a liberação de água com pH entre 6,5 e 8,5. Além disso, esta

diminuição não deve provocar efeitos significativos sobre as demais espécies presentes no meio ambiente, pois este efluente rapidamente restabelecerá um equilíbrio do pH por meio da diluição, reação de tamponamento da água do ambiente ou reaeração, que irá mover a concentração de dióxido de carbono dissolvido em direção ao equilíbrio com a atmosfera (TUCKER et al., 2002).

O comportamento do OD é de importância crítica para os organismos marinhos na determinação da severidade dos impactos ambientais (BEST et al., 2007). Neste estudo, os limites superiores e inferiores de OD foram observados nos pontos controle e BS, respectivamente. A região controle apresentou concentrações de OD, nos meses de fevereiro e abril, de 6,80 e 8,50 mg L⁻¹, respectivamente, enquanto na BS os valores foram de 2,60 e 4,80 mg L⁻¹ (Tabela 1). Esta redução na concentração do OD nos efluentes de cultivos está de acordo com outros estudos (TOVAR et al., 2000; BIAO et al., 2004; CARVALHO, 2004; VIADERO et al., 2005). A diminuição observada na concentração de OD provavelmente foi provocada pela respiração dos animais cultivados (TOVAR et al., 2000; BIAO et al., 2004).

Os menores valores de OD encontrados em todos os pontos de coleta no mês de fevereiro (Tabela 1) devem-se provavelmente à baixa atividade fotossintética da comunidade primária, pelo excesso de chuva nos dias que antecederam as coletas (estação metereológica da FURG, dados não-publicados). Outra razão foi a alta concentração de SST observada nos pontos amostrados neste mês, pois em sedimentos com elevado conteúdo orgânico a atividade microbiana é aumentada, com consequente diminuição da concentração de OD (MAZZOLA et al., 2000; CARVALHO, 2004). Com exceção do mês de fevereiro, todos os valores de OD verificados na saída dos efluentes da fazenda estão de acordo com a Resolução do Conama nº357/2005, que permite a liberação de água somente com concentrações de oxigênio dissolvido superiores a 5,0 mg L⁻¹.

A BS apresentou os menores CO (Tabela 1), apesar de ser esperado alto metabolismo neste local, ocasionado pelo material orgânico sedimentado que está suscetível à ação de micro-organismos. Freitas (2006), estudando o CO pelo

sedimento na mesma fazenda, também observou menores valores para a BS. Boyd et al. (1998), em um estudo com sedimentação em escala laboratorial, afirmam que a bacia de sedimentação pode diminuir a demanda por oxigênio em mais de 50%. No entanto, nesta fazenda, o efluente sempre mostrou ter maior CO do que a BS.

Os maiores valores de CO na região-controle e na saída do canal de drenagem foram medidos no mês de fevereiro, 1,32 e 1,16 mg L⁻¹ h⁻¹ (respectivamente), possivelmente relacionados com as maiores concentrações de SST e os menores valores de OD ocorridos neste mês. Isto ocorre porque a degradação da matéria orgânica na coluna d'água de muitos estuários necessita de um substancial consumo de oxigênio (KEMP et al., 1990). Já no mês de março, ocorreu redução para 0,11 e 0,18 mg L⁻¹ h⁻¹ no CO nestes mesmos pontos amostrados, enquanto no último mês ocorreu novamente um ligeiro aumento para 0,23 e 0,43 mg L⁻¹ h⁻¹ no ponto-controle e na saída, respectivamente (Tabela 1). Este aumento no CO nas proximidades da saída da fazenda também foi observado em outros cultivos (VIADERO et al., 2005; BEST et al., 2007).

A principal preocupação a respeito da descarga de material suspenso é a demanda de oxigênio necessária para a decomposição desses sólidos orgânicos (TUCKER et al., 2002). Isto pôde ser evidenciado em fevereiro, mês em que houve a maior concentração de SST em todos os locais amostrados, quando também houve o maior CO. Esta alta carga de SST em fevereiro, possivelmente, foi provocada pela chuva que ocorreu no período, a qual pode ter provocado a ressuspensão do material sedimentado e a erosão do solo próximo aos locais de coleta.

Todos os pontos amostrados apresentaram considerável redução na concentração de SST no mês de março, porém, em abril, mostraram novamente um ligeiro aumento, exceto na região da saída (Tabela 1). Pode-se perceber também que a região-controle obteve valores próximos a todos os outros locais, chegando, até mesmo, a apresentar maior concentração que a encontrada na saída no último mês (Tabela 1). Tal fato possivelmente acontece pelas interações entre as feições morfológicas do estuário da lagoa dos Patos em sua parte sul e a penetração de água marinha durante fortes ventos do quadrante sul,

os quais favorecem a ressuspensão do sedimento depositado (NIENCHESKI; WINDOM, 1994). É importante ressaltar que os valores encontrados na saída do canal de drenagem da fazenda também podem estar sendo causados pela drenagem pluvial das propriedades adjacentes, pois esta também é lançada juntamente com o efluente dos cultivos.

A BS teve remoção máxima de 15% de SST, que pode ser considerada baixa quando comparada com a eficiência de 60-96% encontrada em outros estudos (BOYD et al., 1998; JONES et al., 2001; HALIDE et al., 2003; JACKSON et al., 2003; MICHAEL, 2003). Porém, pela análise da concentração de SST (Tabela 1), pode-se observar que houve diminuição de 0,099 para 0,022 g L⁻¹ ao longo dos três meses na saída do canal de drenagem da fazenda.

Um total de 48 amostras foi analisado para a observação da composição e abundância da macrofauna bentônica. Tais análises revelaram a presença de quatro principais grupos: Poliquetas, Crustáceos, Moluscos e Nemertíneos.

O aparecimento de uma espécie do grupo Nemertíneo ($n = 255$) apareceu somente no final de dezembro, na saída do canal de drenagem.

Dentre os grupos da macrofauna bentônica, os poliquetas são um dos melhores indicadores de distúrbios ambientais, sendo sensíveis ao enriquecimento orgânico e às modificações produzidas por esta poluição, o que resulta na diminuição da riqueza e no aparecimento de espécies oportunistas (MAZZOLA et al., 1999; 2000; TOMASSETTI; PORRELLO, 2005; VITA; MARIN, 2007). Deste grupo, as espécies observadas foram: *Laeonereis acuta*, *Heteromastus similis*, *Neanthes succinea* e *Nephtys fluviatilis*. Dentre estas, somente *N. fluviatilis* teve diferença significativa na densidade entre os pontos amostrados, sendo observada maior abundância na região-controle, em quase todo o período analisado (Figura 2), indicando que provavelmente este organismo seja sensível a alguma perturbação que o cultivo possa estar causando. Este resultado foi similar a outro estudo realizado em uma área urbanizada, onde esta espécie se mostrou bastante sensível às alterações ambientais, diminuindo drasticamente a sua densidade (PAGLIOSA, 2004).

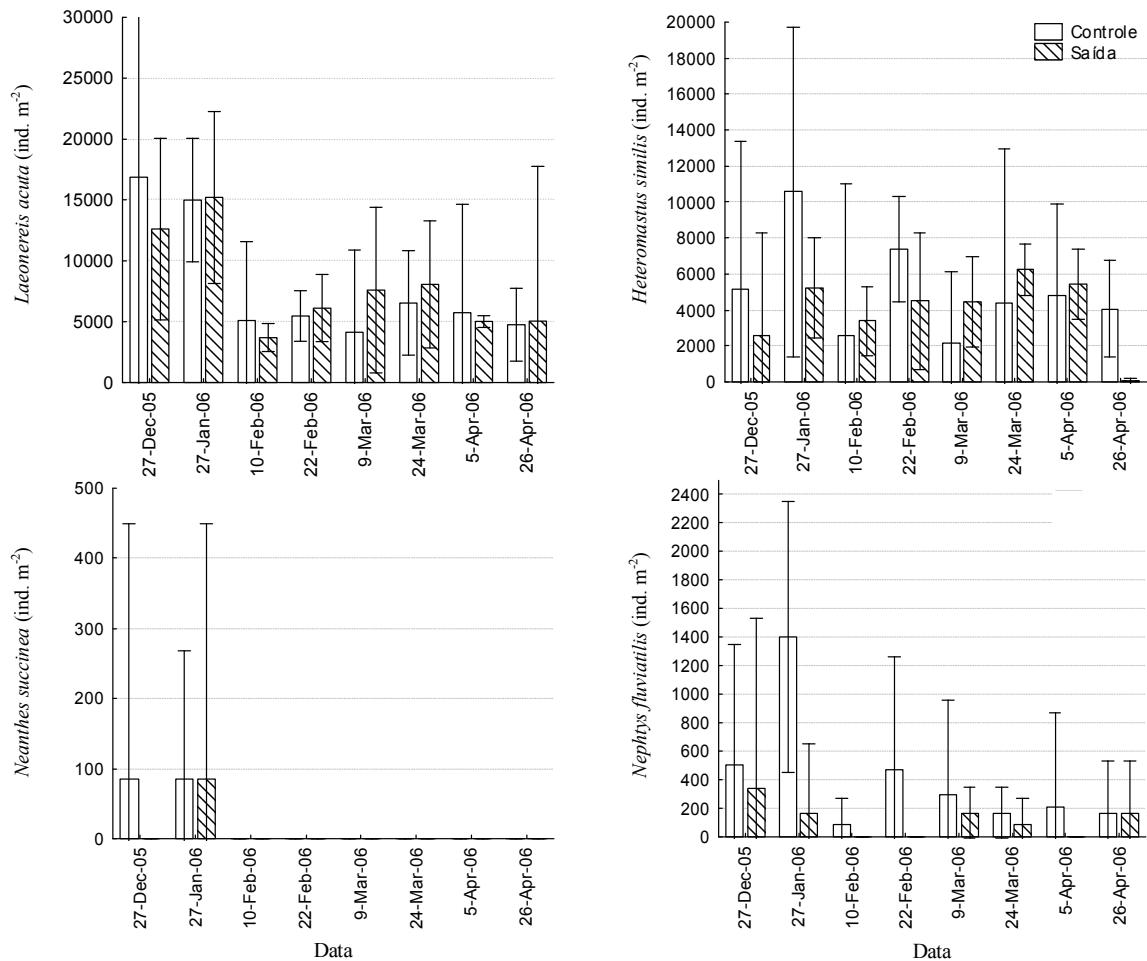


Figura 2. Distribuição dos poliquetas *L. acuta*, *H. similis*, *N. succinea* e *N. fluviatilis* ao longo do período de cultivo de camarões. Estão representadas as médias e o erro-padrão das amostras nos diferentes pontos de amostragem.

A espécie *L. acuta* é normalmente associada a locais de fundo lodoso e elevado teor de matéria orgânica, sendo considerada como uma indicadora de enriquecimento orgânico. Neste estudo, a maior abundância de *L. acuta* foi observada nos meses de dezembro e janeiro em ambos os locais, ocorrendo redução significativa no mês de fevereiro (Figura 2), a partir do qual a abundância permaneceu constante nos diferentes pontos amostrados. Essa redução ao longo do tempo talvez possa ser indicadora de que a fazenda não está causando enriquecimento orgânico no ambiente próximo ao cultivo ou de que está ocorrendo forte pressão de predação sobre os juvenis dessa espécie (BEMVENUTI, 1992; 1997), uma vez que, com o aumento na temperatura a partir do final da primavera e início do verão, ocorre recrudescimento da atividade reprodutiva da maioria da macrofauna bentônica nas enseadas

estuarinas. Essa intensa atividade resulta em um incremento qualitativo na ocorrência e atividade dos macropredadores, o que intensifica as interações biológicas nas enseadas estuarinas da lagoa dos Patos (BEMVENUTI, 1987; 1998a e b).

Foi observada na última amostragem diminuição significativa na densidade de *H. similis* na saída (Figura 2). Esta espécie é frequentemente citada como indicadora do enriquecimento orgânico em estuários e águas marinhas; tem comportamento oportunista em ambiente enriquecido por matéria orgânica (PEARSON; ROSENBERG, 1978) e possui alta tolerância a condições anóxicas (PAGLIOSA, 2004). Porém, neste estudo, assim como no realizado por Angonesi (2000), também na lagoa dos Patos, esta espécie não apresentou alterações na sua abundância, o que indica que o cultivo estudado não está influenciando a presença da espécie.

A espécie *N. succinea* esteve presente apenas em dezembro e janeiro (Figura 2), não havendo diferença entre os tratamentos e ao longo do tempo.

Os crustáceos são um dos grupos de organismos marinhos identificados como sensíveis ao estresse ambiental, sendo indicadores de comunidades saudáveis (anfípodes) e condições de normoxia (NIXON et al., 1996; ANGONESI, 2000). As espécies deste grupo presentes no sedimento das duas regiões amostradas foram *Melita mangrovi*, *Kalliapseudes schubartii*, *Tanais stanfordi*, Ostracoda e Copépodes. *M. mangrovi* (anfípode) teve ocorrência ($n = 42$) somente no final de janeiro e na região controle. A ocorrência desta espécie pode estar relacionada com sua baixa representatividade no período primavera-verão ou com sua susceptibilidade à predação pelo pequeno

tamanho e movimentos lentos sob a superfície do sedimento (BEMVENUTI, 1987).

O tanaídáceo *T. stanfordi* mostrou ocorrência esporádica, e não foi observada diferença entre os pontos amostrados, nem variação ao longo do tempo. Já a espécie *K. schubartii*, embora não tenha apresentado diferença entre os locais, teve flutuações ao longo do tempo no canal de saída do efluente, onde as maiores densidades ocorreram no início de janeiro e fevereiro (Figura 3).

Apesar de Mazzola et al. (2000), em um estudo em cultivos de peixes, observarem aumento na densidade de copépodes e ostracodas pelo enriquecimento orgânico, no presente estudo não houve mudanças significativas entre os pontos amostrados, nem variação ao longo do tempo (Figura 3), o que indica novamente que este cultivo não está causando enriquecimento orgânico.

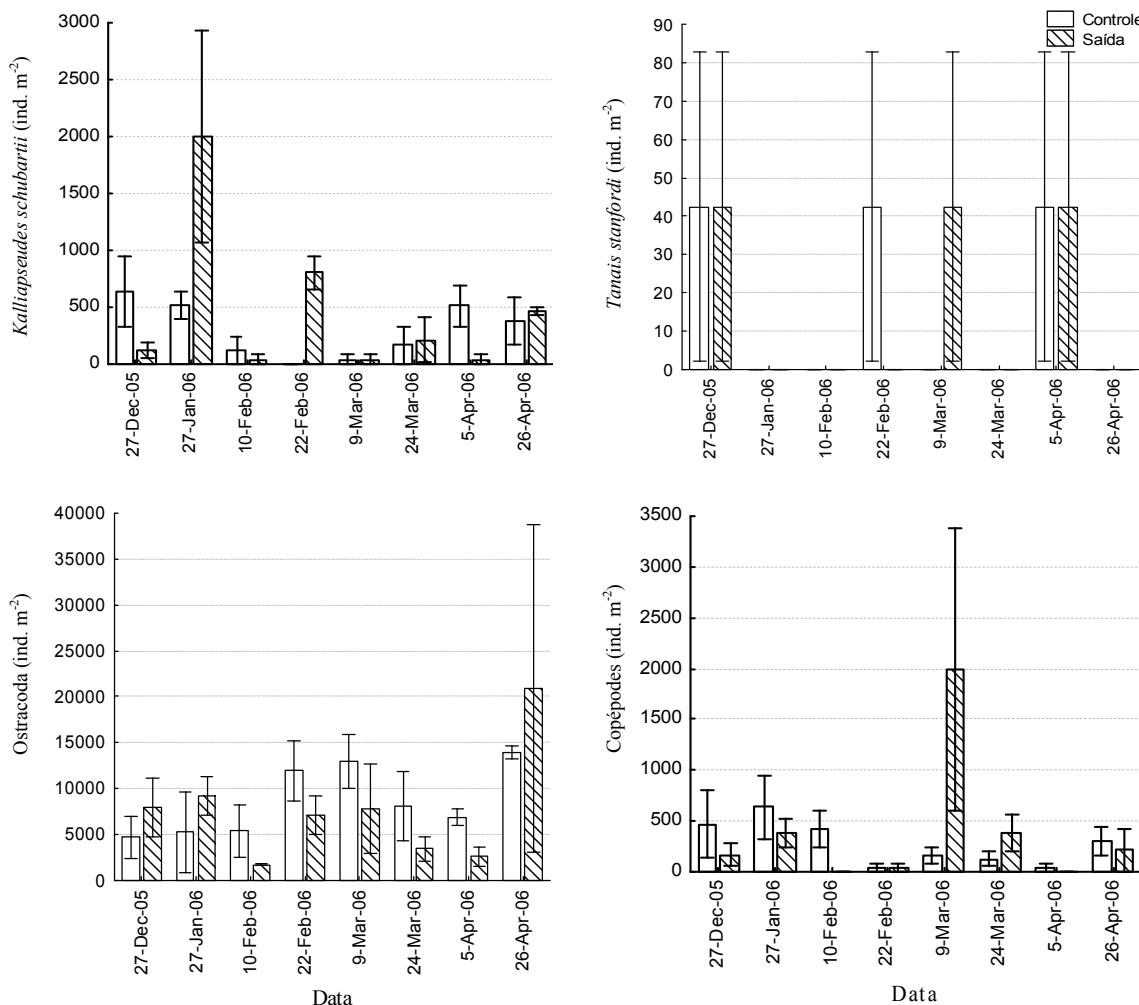


Figura 3. Distribuição dos crustáceos *K. schubartii*, *T. stanfordi*, Ostracoda e Copépode ao longo do período de cultivo de camarões. Estão representadas as médias e o erro-padrão das amostras nos diferentes pontos de amostragem.

Duas classes de moluscos foram observadas. O gastrópode *H. australis* esteve presente em pequeno número, apesar de ser observado em altas densidades em planos rasos do estuário da lagoa dos Patos (BEMVENUTI, 1998a). Esta espécie teve densidade significativamente inferior no local da saída (Figura 4), indicando ser possivelmente sensível a alguma perturbação que este cultivo esteja causando.

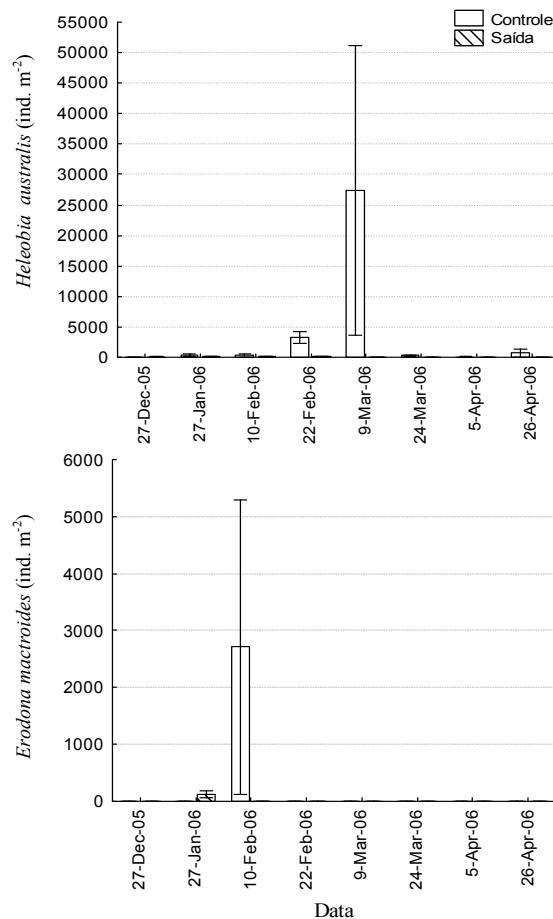


Figura 4. Distribuição dos moluscos *H. australis* e *E. mactroides* ao longo do período de cultivo de camarões. Estão representadas as médias e o erro-padrão das amostras nos diferentes pontos de amostragem.

Também foi observada a presença de *Erodona mactroides*, a qual não apresentou diferença entre os locais, porém foi notada elevada densidade no início do mês de fevereiro, na região-controle (Figura 4). A baixa densidade pode ter ocorrido porque ambos os locais amostrados não estavam oferecendo condições adequadas, uma vez que esta espécie é sensível à instabilidade do substrato (GERALDI, 2002).

Conclusão

O presente estudo indicou que a atividade de cultivo de camarão em sistema semi-intensivo

causou pequenas reduções no pH e na concentração do oxigênio dissolvido e aumento no consumo de oxigênio. A bacia de sedimentação adotada nesta fazenda como sistema de tratamento de efluente mostrou-se relativamente eficiente, embora melhores resultados já tenham sido reportados por outros autores.

A atividade de cultivo possivelmente provocou alguma perturbação, pois isto pode ser evidenciado na clara mudança na distribuição da assembleia macrofaunal. Neste estudo, houve diminuição na abundância de *N. fluviatilis* e *H. australis* e flutuação na abundância de *K. schubartii*, as quais são sensíveis a alterações ocasionadas no sedimento. A evidência dessas mudanças na estrutura da comunidade macrofaunal bentônica indica que a avaliação qualiquantitativa é uma poderosa ferramenta para detectar mudanças, mesmo que pequenas. Desta forma, sugere-se que o monitoramento da macrofauna bentônica em cultivos de camarões é importante para a detecção de impactos oriundos desta atividade, possibilitando sua minimização.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Marcus Polletti os comentários pela revisão do artigo; ao CNPq, a bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor.

Referências

- ANGONESI, L. G. **Efeitos da descarga de esgotos urbanos sobre os macroinvertebrados bentônicos de fundos moles na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS – Brasil.** 2000. 163f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)–Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2000.
- ASMUS, M. L.; TAGLIANI, P. R. Considerações sobre manejo ambiental. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Ed.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil.** Rio Grande: Ecoscientia, 1998. p. 227-229.
- BEMVENUTI, C. E. Predation effects on a benthic community in estuarine soft sediments. **Atlântica**, v. 9, n. 1, p. 33-63, 1987.
- BEMVENUTI, C. E. **Interacções biológicas da macrofauna bentônica numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil.** 1992. 206f. Tese (Doutorado em Oceanografia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- BEMVENUTI, C. E. Benthic invertebrates. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Ed.). **Subtropical convergence environments: the coast and the sea in the southwestern Atlantic.** Berlin: Springer-Verlag, 1997. p. 43-46.
- BEMVENUTI, C. E. Invertebrados bentônicos. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P.

- (Ed.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil.** Rio Grande: Ecoscientia, 1998a. p. 46-51.
- BEMVENUUTI, C. E. Estrutura trófica. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Ed.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil.** Rio Grande: Ecoscientia, 1998b. p. 79-82.
- BEST, M. A.; WITHER, A. W.; COATES S. Dissolved oxygen as a physico-chemical supporting element in the water framework directive. **Marine Pollution Bulletin**, v. 55, n. 1-6, p. 53-64, 2007.
- BIAO, X.; ZHUHONG, D.; XIAORONG W. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 5-6, p. 543-553, 2004.
- BLANCHET, H.; MONTAUDOUIN, X.; CHARDY, P.; BACHELET, G. Structuring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 64, n. 4, p. 561-576, 2005.
- BOYD, C. E.; GROSS, A.; ROWAN, M. Laboratory study of sedimentation for improving quality of ponds effluents. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 8, n. 2, p. 39-48, 1998.
- BURFORD, M. A.; COSTANZO, S. D.; DENNISON, W. C.; JACKSON, C. J.; JONES, A. B.; MCKINNON, A. D.; PRESTON, N. P.; TROTT, L. A. A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 11, p. 1456-1469, 2003.
- CARVALHO, P. V. V. D. B. C. **O macrozoobentos na avaliação da qualidade ambiental de áreas estuarinas no litoral norte de Pernambuco – Brasil.** 2004. 126f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal)–Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- FREITAS, U. **Regeneração benthica e qualidade de água em ambientes sob ação de cultivos de camarão (estuário da Lagoa dos Patos).** 2006. 99f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)–Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006.
- GERALDI, R. M. **Distribuição especial, recrutamento, crescimento e mortalidade de *Erodona mactroides* Bosc, 1802 (Mollusca, Pelecypoda) na Lagoa dos Patos.** 2002. 166f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica)– Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2002.
- GIANGRANDE, A.; LICCIANO, M.; MUSCO, L. Review: polychaetes as environmental indicators revisited. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 11, p. 1153-1162, 2005.
- HALIDE, H.; RIDD, P. V.; PETERSON, E. L.; FOSTER, D. Assessing sediment removal capacity of vegetated and non-vegetated settling ponds in prawn farms. **Aquacultural Engineering**, v. 27, n. 4, p. 295-314, 2003.
- JACKSON, C. J.; PRESTON, N.; BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. **Aquaculture**, v. 226, n. 1-4, p. 23-34, 2003.
- JONES, A. B.; DENNISON, W. C.; PRESTON, N. P. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. **Aquaculture**, v. 193, n. 1-2, p. 155-178, 2001.
- KEMP, W. M.; SAMPOU, P.; CAFFREY, J.; MAYER, M. Ammonium recycling versus denitrification in Chesapeake Bay sediments. **Limnology and Oceanography**, v. 35, n. 7, p. 1545-1563, 1990.
- LANA, P. C. Organismos bênticos e atividades de monitoramento. In: IKEDA, I. (Org.). **Oceanografia biológica, bentos, diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil.** Convênio Petrobrás-Fundespa. São Paulo: Fundespa, 1994.
- LOCH, D. D.; WEST, J. L.; PERMUTTER, D. G. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. **Aquaculture**, v. 147, n. 1-2, p. 37-55, 1996.
- MAZZOLA, A.; MIRTO, S.; DANOVARO, R. Initial fish-farm impact on meiofaunal assemblages in coastal sediments of the Western Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 12, p. 1126-1133, 1999.
- MAZZOLA, A.; MIRTO, S.; LA ROSA, T.; FABIANO, M.; DANOVARO, R. Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, n. 5, p. 1454-1461, 2000.
- MICHAEL, J. H. J. Nutrients in salmon hatchery wastewater and its removal through the use of a wetland constructed to treat off-line settling pond effluent. **Aquaculture**, v. 226, n. 1-4, p. 213-225, 2003.
- NIENCHESKI, L. F. H.; WINDOM, H. L. Nutrient flux and budget in Patos Lagoon estuary. **The Science of the Total Environment**, v. 149, n. 1-2, p. 53-60, 1994.
- NIXON, S. W.; AMMERMAN, J. W.; ATKINSON, L. P.; BEROUNSKY, V. M.; BILLEN, G.; BOICOURT, W. C.; BOYNTON, W. R.; CHURCH, T. M.; DITORO, D. M.; ELMgren, R.; GARBER, J. H.; GIBLIN, A. E.; JAHNKE, R. A.; OWENS, N. J. P.; PILSON, M. E. Q.; SEITZINGER, S. P. The fate of nitrogen and phosphorus at the land-sea margin of the North Atlantic Ocean. **Biogeochemistry**, v. 35, n. 1, p. 141-180, 1996.
- PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S. R.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 1, p. 65-75, 1998.
- PÁEZ-OSUNA, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. **Environmental Management**, v. 28, n. 1, p. 131-140, 2001.
- PAGLIOSA, P. R. **Variação espacial nas características das águas, dos sedimentos e da macrofauna bêntica em áreas urbanas e em unidades de conservação na Baía da Ilha de Santa Catarina.** 2004. 107f. Tese (Doutorado em Ecologia e

- Recursos Naturais)—Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- PEARSON, T. R.; ROSENBERG, R. Macrofauna succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**, v. 16, p. 229-311, 1978.
- PILLAY, T. V. **Aquaculture and the environment: fishing news books**. Oxford: Halsted Press, 1992.
- POHLE, G.; FROST, B.; FINDLAY, R. Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. **ICES Journal of Marine Science**, v. 58, n. 2, p. 417-426, 2001.
- STEPHENS, W. W.; FARRIS, J. L. Instream community assessment of aquaculture effluents. **Aquaculture**, v. 231, n. 1-4, p. 149-162, 2004.
- STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. 2nd ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. (Bulletin, 167).
- STRUCK, S. D.; CRAFT, C. B. Effects of bridge shading on estuarine marsh benthic invertebrate community structure and function. **Environmental Management**, v. 34, n. 1, p. 99-111, 2004.
- TOMASSETTI, P.; PORRELLO, S. Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. **Aquaculture International**, v. 13, n. 1-2, p. 109-128, 2005.
- TOVAR, A.; MORENO, C.; MÁNUEL-VEZ, M. P.; GARCÍA-VARGAS, M. Environmental implications of intensive marine aquaculture in earthen ponds. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 11, p. 981-988, 2000.
- TUCKER, C. S.; BOYD, C. E.; HARGREAVES, J. A. Characterization and management of effluents from warmwater aquaculture ponds. In: TOMASSO, J. R. (Ed.). **Aquaculture and the environment in the United States**. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2002, p. 35-76.
- VIADERO, R. C.; CUNNINGHAM, J. H.; SEMMENS, K. J.; TIERNY, A. E. Effluent and production impacts of flows-through aquaculture operations in West Virginia. **Aquacultural Engineering**, v. 33, n. 4, p. 258-270, 2005.
- VITA, R.; MARIN, A. Environmental impact of capture-based bluefin tuna aquaculture on benthic communities in the western Mediterranean. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 4, p. 331-339, 2007.
- VON BODUNGEN, B.; WUNSCH, M.; FÜRDERER, H. Sampling and analysis of suspended and sinking particles in the northern North Atlantic. Marine particles: analyses and characterization. **Geophysical Monograph**, v. 63, n. 1, p. 46-56, 1991.
- WARWICK, R. M. Environmental impact studies on marine communities: pragmatical considerations. **Austral Ecology**, v. 18, n. 1, p. 63-80, 1993.

Received on May 27, 2008.

Accepted on September 1, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.