

A MEIOFAUNA COMO INDICADORA DE IMPACTOS DA CARCINICULTURA NO ESTUÁRIO DE CURUÇÁ (PA)

José Henrique Cardoso de Paula¹
José Souto Rosa Filho¹
André Luiz Braga de Souza¹
Daiane Aviz¹

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar e avaliar os impactos causados por uma fazenda de cultivo de camarão no estuário de Curuçá (PA), utilizando como indicador a estrutura das associações meiobentônicas. As amostragens foram realizadas durante os períodos seco (agosto/2004) e chuvoso (janeiro/2005) em quatro locais situados à distâncias crescentes do principal ponto de despejo dos efluentes da fazenda, D1 (0 m), D2 (30 m), D3 (200 m) e D4 (500 m). Em cada local foram retiradas quatro amostras utilizando um amostrador circular (0,00 cm²) enterrado 10 cm no sedimento. Depois de coletadas as amostras foram fixadas em formalina salina a 4%. Em laboratório, organismos foram identificados ao nível de grupos taxonômicos e contados. Foram calculadas para cada amostra riqueza, densidade, diversidade e equitatividade, que foram comparados usando ANOVA entre locais e período de amostragem. A meiofauna esteve composta pelos táxons Cnidaria, Turbellaria, Nematoda, Rotifera, Kinorhyncha, Sipuncula, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, Acari, Ostracoda, Copepoda e Nauplius. Nematoda foi o táxon mais abundante. Riqueza e densidade foram significativamente mais altas durante a estação chuvosa (15 táxons e 3193±325 ind. 10 cm⁻²). A diversidade e equitatividade não variaram significativamente entre estações, mas apresentaram variação significativa entre locais de amostragem. O local D1 apresentou maior riqueza, diversidade e equitatividade. Os resultados mostraram que em Curuçá, o despejo dos efluentes ricos em matéria orgânica nas águas estuarinas está causando um impacto ainda positivo sobre a meiofauna, sendo as mudanças observadas na estrutura associações meiobentônicas devidas principalmente a mudanças climáticas, relacionadas às variações da salinidade da água entre os períodos seco e chuvoso.

Palavras chaves: manguezal, bentos, cultivo de camarão, impacto ambiental.

ABSTRACT

THE MEIOFAUNA AS INDICATOR OF IMPACTS OF A SHRIMP FARM ON CURUÇÁ ESTUARY (PA)

This work aimed to identify and to evaluate impacts of a shrimp farm on the estuary of Curuçá-PA, using the meiofauna community structure as biological indicator. Samplings were carried out during dry (august/2004) and rainy (january/2005) months. Samples were taken at four sites located at crescent distances from the effluent source point, D1 (0 m), D2 (30 m), D3 (200 m) and D4 (500 m). At each site four samples. After collection, samples were fixed in 4% formaldehyde stained with Bengal Rose. In laboratory, organisms were identified at the level of high taxonomic groups and counted. Based on the counts, it was calculated richness, density, diversity and evenness, which were compared among sampling sites and sampling occasions using ANOVA one-way. Meiofauna was composed of Cnidaria, Turbellaria, Nematoda, Rotifera, Kinorhyncha, Sipuncula, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, Acari, Ostracoda, Copepoda, nauplius, Isopoda e Tanaidacea. Nematoda was the most abundant taxa. Richness and abundance were significantly higher during the rainy season (15 taxa and 3193±325 ind. 10 cm⁻²). Diversity and evenness did not significantly varied among seasons but were significantly higher at sites close to the effluent source. Results showed that in Curuçá the disposal of effluent rich in organic matter in the estuarine waters is causing a positive impact on meiofauna, and the changes observed in the meiofauna community structure are mainly due to climatic changes, related to variations in water salinity.

Key words: mangrove, benthos, shrimp farm, environmental impact.

¹Laboratório de Oceanografia Biológica
Centro de Geociência – Universidade Federal do Pará
Av. Augusto Correa, 01 - CEP. 66075-110 – Belém – PA
E-mail: jhpc73@hotmail.com; jsouto@ufpa.br; andrebraga_pa@yahoo.com.br; daiane.aviz@gmail.com

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve uma elevação mundial dos cultivos de camarão em regiões tropicais, especialmente no sul do continente asiático e na América Latina (Paquotte *et al.*, 1998). A expansão da carcinicultura em zonas tropicais e sub-tropicais deve-se ao clima favorável às espécies cultivadas e à disponibilidade de espaço para a construção dos tanques. Em contrapartida, a falta de planejamento e de regulamentação apropriada tem causado o declínio da produção destes cultivos e o aumento dos impactos ambientais em alguns países (Páez-Osuna, 2001).

No Brasil, a carcinicultura teve início na década de 70, mas somente na década de 80 se tornou uma atividade economicamente viável. No Norte do Brasil, a carcinicultura é pouco desenvolvida, caracterizada por empreendimentos de pequeno e médio porte, com produção quase toda voltada para o consumo local. Nesta região as principais espécies cultivadas são *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium amazonicum*, espécies de água doce, e o *Litopenaeus vannamei*, característico de águas marinhas e estuarinas (Governo do Estado do Pará, 2005).

De uma forma geral, a carcinicultura vem se desenvolvendo principalmente em áreas de manguezais, ocasionando a perda e degradação desses ecossistemas. Dado sua importância como principais fornecedores de nutrientes para as regiões adjacentes, a conservação dos sistemas estuarinos, mais especificamente os margeados por manguezais, é uma ação prioritária a ser tomada, visto que, o declínio dessas áreas pode reduzir a produção de pescado em toda região costeira (Páez-Osuna; Guerrero-Galván; Ruiz-Fernández, 1998).

Os resíduos orgânicos como fezes e restos de animais e inorgânicos, como fertilizantes, lançados diretamente nos estuários pelos efluentes dos tanques resultam no acúmulo de nutrientes e matéria orgânica. Esta descarga estimula o crescimento excessivo de algas e causa redução de oxigênio dissolvido na água de superfície e intersticial, contribuindo para a redução e o desaparecimento da fauna (Hogarth, 1999).

Alguns estudos já foram realizados para se avaliar os possíveis impactos da poluição orgânica causada pela implantação de fazendas de camarão em manguezais, com a utilização de organismos

bentônicos como indicadores de estresse ambiental. Dentre os grupos bentônicos, a meiofauna, compreendida por pequenos animais com dimensões variando entre 0,044 mm e 0,5 mm (Mare, 1942) apresenta diversas vantagens para tal tipo de estudo, quais sejam: 1. íntima associação e dependência com o fundo, servindo como monitores contínuos da qualidade do sedimento; 2. alta abundância; 3. curto tempo de vida; 4. presença de larvas de outros grupos bentônicos na meiofauna; 5. baixo custo e esforço de amostragem; 6. baixa mobilidade, sendo bastante úteis para estudar efeitos locais de poluição; e 7. distribuição agregada em micro-escala (Coull & Chandler, 1992; Souza *et al.*, 2004).

Dado a iminente expansão da carcinicultura na costa paraense este trabalho teve como objetivo identificar e avaliar os impactos causados pelos lançamentos dos efluentes da carcinicultura sobre o estuário de Curuçá-PA, utilizando como indicador as variações espaço-temporais das meiofauna.

MATERIALE MÉTODOS

Área de estudos

O estuário de Curuçá está localizado no município de Curuçá, litoral norte do Estado do Pará, distante cerca de 150 km de Belém (Figura 1), sendo formado por três corpos de água, o rio Curuçá (local receptor de lançamento dos efluentes do cultivo de camarão), o rio Baunilha e o furo Muriá.

A região apresenta clima equatorial Amazônico tipo Am, na classificação de Köppen. Caracteriza-se por temperaturas elevadas, com média de 27°C, pequena amplitude, precipitações abundantes que ultrapassam os 2.000 mm anuais, sendo os períodos mais chuvosos, de dezembro a junho e menos chuvosos, de julho a novembro. A salinidade apresenta valores que variam de 7 (período chuvoso) a mais de 22 (período seco) (Governo do Para, 2005).

A fazenda de carcinicultura onde foi realizado este estudo está localizada na margem esquerda do canal principal do rio Curuçá/PA e tem aproximadamente 55 ha de área total, dos quais 13 são alagados. A espécie cultivada é a *Litopenaeus vannamei*, com produção média em torno de 20 a 60 toneladas em cada ciclo, com duração de 90 dias, sendo realizados três ciclos ao ano. Essa produção é inteiramente exportada para o mercado europeu. As pós-larvas e a ração (Purina) são providas da região nordeste do

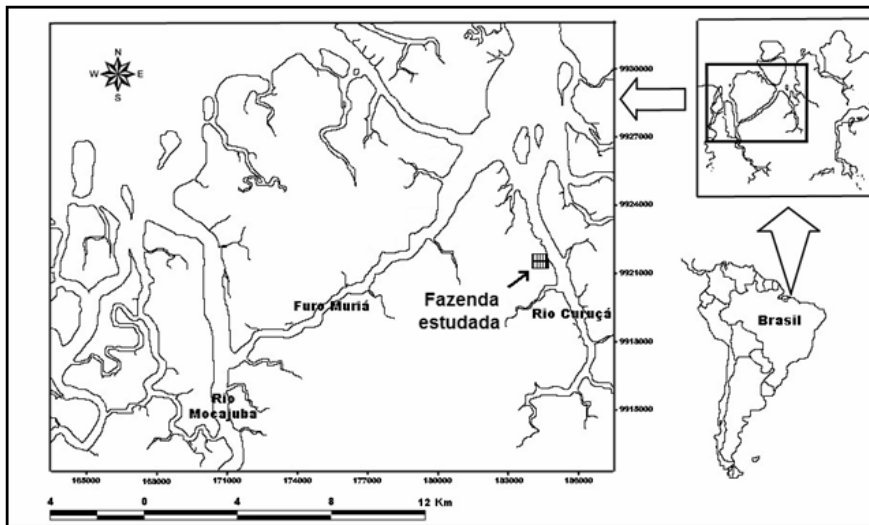


Figura 1. Mapa da área de estudos (estuário de Curuçá-Pará), com esquema do desenho amostral utilizado. Fonte: Carvalho (2006).

Brasil, sendo a ração o item mais oneroso na produção do camarão marinho (Freitas Júnior, 2005).

Procedimentos de campo

As amostragens foram realizadas em duas ocasiões, agosto de 2004 (período seco) e janeiro de 2005 (período chuvoso). Foram coletadas amostras a distâncias crescentes do principal ponto de descarga dos efluentes da fazenda. As estações foram denominadas de distância D1, no principal ponto de lançamento dos efluentes; D2, D3 e D4, distando respectivamente 30, 200 e 500 m do ponto D1.

Para a coleta das amostras biológicas foi utilizada uma seringa de 2 cm de diâmetro enterrado 5 cm no sedimento. Depois de coletadas, as amostras foram fixadas com formalina a 4% corada com rosa de bengala.

Em cada local de amostragem foi coletada uma amostra de sedimento, utilizando um tubo de PVC de 5 cm de diâmetro interno até a profundidade de 10 cm, para determinação da textura dos sedimentos e das concentrações de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo totais, estas amostras foram resfriadas ainda em campo e congeladas posteriormente em laboratório.

Procedimentos em laboratório

Em laboratório, os organismos da meiofauna foram separados do sedimento por elutriação manu-

al, sendo o sobrenadante passado em peneiras de malha de 0,5 mm, para a retenção da macrofauna, e de 0,063 mm, onde ficam retidos os grupos da meiofauna. Os organismos retidos foram triados sob microscópio estereoscópico e, quando necessário, levados ao microscópio óptico. Todos os organismos foram identificados ao nível de grandes grupos zoológicos, contados e conservados em álcool etílico a 70%.

As análises granulométricas seguiram o método proposto por Suguio (1973), o qual inclui a análise das frações finas (silte e argila) por pipetagem e grosseiras (areia) por peneiramento. No laboratório o teor de matéria orgânica nos sedimentos foi determinado através do método de perda de peso após calcinação (Walkley & Black, 1934). Para as análises de fósforo e nitrogênio totais foram utilizados os métodos propostos por Riley (1958).

Análise de dados

Para cada amostra foram calculados densidade (A), expressa em número de indivíduos por 10 cm²; riqueza (S), pela simples contagem do número de táxons; equitatividade (índice J' de Pielou) e diversidade (índice H' de Shannon – log e).

Os valores médios dos descritores foram comparados entre locais e períodos de coleta utilizando análise de variância (ANOVA). Quando necessário, foi aplicado o teste de contraste de médias de Sheffé. Anterior às análises de variância, testou-se a norma-

lidade da distribuição dos dados (teste de Kolmogorov-Smirinov) e a homocedasticidade das variâncias (teste de Shapiro-Wilk), e quando necessário estes foram transformados por $\log_{(x+1)}$.

Para representação e comparação da estrutura das associações meiobentônicas entre locais e períodos de coleta foram empregadas análises de ordenação (MDS) e similaridade (ANOSIM), com base em matrizes de similaridade, calculadas a partir dos valores de densidade por táxon transformados por raiz quarta, utilizando o índice de Bray Curtis.

Análises de correlação de Spearman foram realizadas entre os descritores das associações (S, A, J, H') e as características dos sedimentos. Anterior a análise de ordenação testou-se a normalidade da distribuição dos dados (teste de Kolmogorov-Smirinov) e quando necessário estes foram transformados por $\log_{(x+1)}$. Para todas as análises foi utilizado o nível de significância de 0,05.

RESULTADOS

Dados abióticos

A proporção matéria orgânica nos sedimentos durante o período seco variou de 0,32% (D2) a 0,79% (D2 e D4), enquanto no período chuvoso a variação foi de 0,52% (D1) a 0,29% (D4). A proporção média para as ocasiões de coleta foi de 0,48% no seco e 0,35% no chuvoso (Tabela 1). Para o nitrogênio as maiores e menores proporções foram observadas no local D1, 0,19% no período seco e 0,14% no chuvoso (Tabela 1). A proporção média desse nutriente foi de 0,16% nos dois períodos.

A concentração de fósforo nos sedimentos variou de 36,5 mg/dm³ (D2), no período seco a 21 mg/dm³ (D1) no chuvoso. No período seco a maior

concentração foi de 36,5 mg/dm³ (D2), enquanto que no chuvoso foi de 30,5 mg/dm³ (D2 e D4) (Tabela 1). A concentração média de fósforo nos sedimentos foi de 32,85 mg/dm³ no período seco e 28,71 mg/dm³ no chuvoso.

Os sedimentos do estuário de Curuçá foram compostos principalmente por frações finas (silte e argila), com percentuais de areia sempre baixos. A concentração máxima de areia nos sedimentos foi de 10,87% (D2), no período seco, e mínima de 2,17% (D1), também no período seco (Tabela 1).

O maior percentual de silte no sedimento foi observado em D1 no período seco, com 49,52%, e o mínimo em D2 no chuvoso, com 41,9%. No mês seco o percentual de silte variou de 45,16% (D4) a 49,52% (D1), enquanto que no chuvoso houve uma variação de 41,9% (D2) a 47,33% (D1) (Tabela 1). A proporção média de silte foi de 47,23% no período seco e 44,15% no chuvoso. Já para argila a proporção máxima foi encontrada em D3, no período chuvoso, com 52,7%, e a mínima no mês seco, com 41% em D2 (Tabela 1). O percentual médio de argila nos sedimentos foi de 44,66% no período seco e 49,29% no chuvoso.

Dados bióticos

A meiofauna esteve representada por 16 táxons: Cnidaria, Turbellaria, Nematoda, Rotifera, Kinorhyncha, Sipuncula, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, Acari, Ostracoda, Copepoda, nauplius, Isopoda e Tanaidacea (Tabela 2).

Em ambas ocasiões de coleta Nematoda foi o táxon dominante, representando 84,79% (seco) e 88,88% (chuvoso) do total de organismos, seguido

Tabela 1. Características dos sedimentos nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA). D1 = 0 m; D2 = 30 m; D3 = 200 m e D4 = 500 m. ¹ % MO=porcentagem de matéria orgânica no sedimento; % Areia=porcentagem de areia no sedimento; % Silte=porcentagem de silte no sedimento; % Argila=porcentagem de argila no sedimento; % N_{total}=proporção de nitrogênio total no sedimento; P_{total}=concentração de fósforo total no sedimento; = valor médio.

Parâmetros ¹	Período seco					Período chuvoso				
	D1	D2	D3	D4	\bar{x}	D1	D2	D3	D4	\bar{x}
% MO (%)	0,40	0,32	0,39	0,79	0,48	0,52	0,33	0,34	0,29	0,37
% N _{total}	0,19	0,17	0,15	0,17	0,16	0,14	0,17	0,17	0,17	0,16
P _{total} (mg/dm ³)	32,00	36,50	32,50	30,00	32,75	21,00	30,50	29,00	30,50	28,71
% Areia	2,17	10,87	8,83	10,56	8,11	2,62	10,82	4,99	7,84	6,57
% Silte	49,52	48,13	46,12	45,16	47,23	47,33	41,90	42,31	45,05	44,15
% Argila	48,31	41,00	45,05	44,28	44,66	50,05	47,28	52,70	47,11	49,29

Tabela 2. Densidade média (ind. 10m⁻²) dos táxons da meiofauna nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA). D1 = 0 m; D2 = 30 m; D3 = 200 m e D4 = 500 m.

Grupos ¹	Período seco				Período chuvoso			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Cnidaria	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59	0,00	0,00	0,40
DP	0,00	0,00	0,00	0,00	3,18	0,00	0,00	1,13
Turbellaria	14,33	0,80	1,19	9,55	21,50	12,34	5,97	19,11
DP	12,00	1,47	2,37	5,20	13,35	9,70	4,94	35,30
Nematoda	1365,45	1029,46	851,11	1562,90	2778,66	1944,67	3171,97	3458,20
DP	1210,50	649,17	792,29	375,62	1858,37	643,82	1712,90	1746,89
Rotifera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40
DP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	1,13
Kinorhyncha	4,78	1,19	0,40	0,00	8,76	5,97	5,97	2,79
DP	3,18	3,38	1,13	0,00	7,96	6,90	6,69	3,16
Sipuncula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00
DP	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00
Gastropoda	0,80	0,00	0,00	0,80	0,80	0,00	0,00	0,40
DP	1,59	0,00	0,00	1,59	1,59	0,00	0,00	1,13
Bivalvia	4,78	0,80	0,00	0,80	1,59	3,98	3,98	2,39
DP	5,52	1,47	0,00	1,59	1,84	5,04	1,47	3,59
Polychaeta	42,99	7,96	5,18	17,52	16,72	10,35	21,50	0,80
DP	11,77	7,02	9,31	13,39	17,52	9,44	7,17	8,50
Oligochaeta	18,31	3,98	1,99	3,18	0,00	11,54	1,59	0,00
DP	7,06	5,58	3,78	4,50	0,00	14,44	2,95	9,13
Acaria	0,00	1,19	3,58	0,80	1,59	3,18	3,98	1,59
DP	0,00	1,65	7,88	1,59	1,84	5,65	3,30	1,70
Ostracoda	5,57	11,94	6,37	27,87	0,80	12,74	0,80	4,78
DP	9,15	10,73	5,65	20,37	1,59	15,69	1,47	3,59
Copepoda	155,25	50,96	14,73	164,01	234,08	128,98	224,92	68,47
DP	41,96	32,57	15,41	77,94	154,90	127,17	142,51	49,60
Nauplius	164,81	25,48	9,95	55,73	264,33	105,49	107,09	42,99
DP	64,30	18,96	15,73	28,66	226,14	83,04	48,57	43,86
Isopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
DP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00
Tanaidacea	16,72	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DP	12,84	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

¹DP = desvio padrão

de Copepoda com 8,89% e 2,38%, respectivamente. Nauplius (3,02% e 1,77%) foi o terceiro grupo dominante nos dois meses de coleta, seguido de Polychaeta (0,2%), no chuvoso, e Ostracoda (1,51%), no seco (Figura 2).

Os nematódeos também foram dominantes em todos os locais de amostragem. O maior valor de participação relativa do grupo ocorreu em D3 do período seco, com 95,14%, e o menor no ponto de lançamento dos efluentes, com 76,12%. No período chuvoso, a participação relativa entre pontos de coleta manteve o mesmo padrão do seco, havendo apenas um acréscimo do número de Nematoda (Figura 2).

A maior riqueza foi observada no período chuvoso, com 15 táxons, sendo registrados 12 táxons no seco. A riqueza variou significativamente entre locais no período seco (F= 5,92; p=0,024), com máximo de 9,25±0,75 táxons em D1 e mínimo de 4,37±0,73 táxons em D3. No período chuvoso a riqueza não apresentou variação significativa (F=0,53; p=0,471), com máximo de 8±0,73 grupos no ponto D3 e mínimo

de 7,1±0,41, no ponto D2. Entre os períodos, a riqueza foi significativamente diferente (F=6,40; p=0,014), com média de 6,3 grupos no período seco e 7,53 no chuvoso (Figura 3a).

A densidade média variou significativamente entre ocasiões de amostragem (F=23,65; p=0,000), variando de 1416±237 ind.10cm⁻² no mês seco para 3193±325 ind.10cm⁻² no chuvoso, com tendência em ambas as ocasiões de crescimento em direção aos pontos distantes da ação dos efluentes. As maiores densidades foram sempre registradas em D4, 1843±194 ind.10cm⁻², período seco, e 3655±328 ind.10cm⁻², período chuvoso. Em D3, no período seco foi registrada a menor abundância, com apenas 894±74 ind.10 cm⁻² (Figura 3b). Entre locais de amostragem a densidade não apresentou variação significativa tanto no período seco (F=0,65; p=0,43) quanto no chuvoso (F=1,68; p=0,206).

A diversidade foi significativamente diferente entre locais de coleta no período chuvoso (F=4,27; p=0,037), com valores máximos 0,56 em D1, e mínimo de 0,31 em D4 (Figura 3c). Este descritor, no entanto,

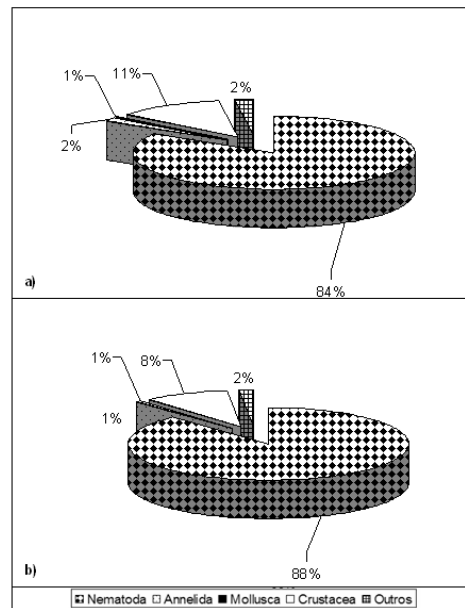


Figura 2. Participação relativa dos principais filos da meiofauna nos períodos seco (a) e chuvoso (b) nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA).

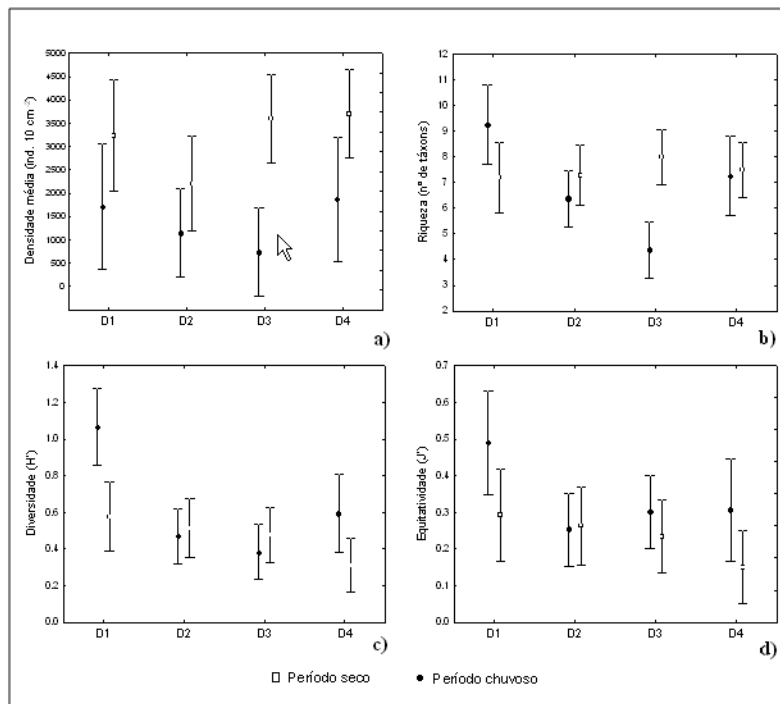


Figura 3. Valores de riqueza (a), densidade (b), diversidade (c) e equitatividade (d) registrados para a meiofauna nos períodos seco e chuvoso nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA). D1 = 0 m; D2 = 30 m; D3 = 200 m e D4 = 500 m. As barras verticais indicam 95% do intervalo de confiança.

não diferiu significativamente entre locais no período seco ($F=2,53$; $p=0,126$) e entre períodos ($F=1,2$; $p=0,164$).

Os valores de equitatividade (J') variaram significativamente entre locais de coleta no período chuvoso ($F=6,26$; $p=0,019$), com máximo no local D1 (0,28) e mínimo em D4 (0,15) e entre períodos ($F=4,8$; $p=0,033$), com máximo no período seco (0,31) e mínimo no chuvoso (0,22). No mês seco, esse descritor não variou significativamente entre locais de amostragem ($F=0,13$; $p=0,722$), sendo os valores muito semelhantes em todos os locais, variando de 0,25 a 0,49, em D2 e D1, respectivamente (Figura 3d).

As curvas de k-dominância permitem observar que em ambos os períodos o ponto D1 apresentou menor dominância, e que houve um aumento no valor deste descritor do ponto de lançamento dos efluentes para locais afastados da influência da fazenda. No período seco a maior dominância foi observada em D3 (Figura 4a), enquanto que no chuvoso o máximo foi registrado em D4 (Figura 4b).

As análises de ordenação (MDS) permitiram a identificação clara de grupos formados pelas amostras coletadas nos diferentes períodos de amostragem (Figura 5a), não sendo possível distinguir grupos formados de acordo com o local de amostragem. Tais configurações foram confirmadas pela análise de ANOSIM, que mostrou que a estrutura das comunidades variou significativamente ($R=0,67$; $p=0,001$) entre os meses de amostragem, mas não entre distâncias de coleta ($R=0,02$; $p=0,4$).

Os valores de densidade, participação relativa de Polychaeta e Oligochaeta estiveram significativa e negativamente correlacionados com a quantidade de areia no sedimento. A abundância de Ostracoda apresentou correlação significativa com as proporções de areia (correlação positiva) e de argila (correlação negativa). A abundância de Copepoda esteve positiva e significativamente correlacionada ao teor de fósforo total no sedimento, e os Polychaeta e Oligochaeta responderam positivamente ao teor de nitrogênio no sedimento (Tabela 3).

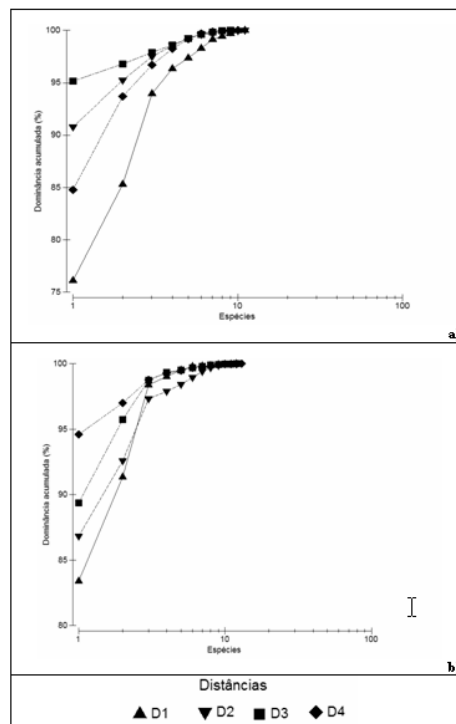


Figura 4. Curvas de K dominância para os períodos seco (a) e chuvoso (b) nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA). D1 = 0 m; D2 = 30 m; D3 = 200 m e D4 = 500 m.

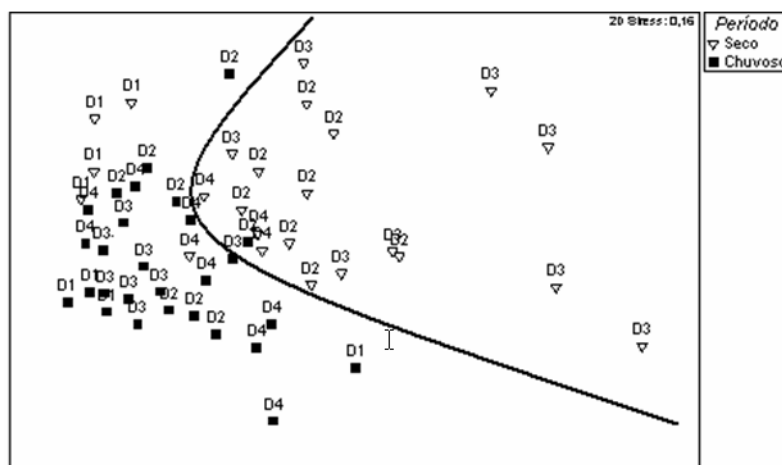


Figura 5. Resultado das análises de ordenação para as amostras de meiofauna nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA).

Tabela 3. Correlações entre os descritores das comunidades de meiofauna e as características dos sedimentos nas proximidades da fazenda de carcinocultura no estuário de Curuçá (PA). Os asteriscos indicam correlação significativa. ¹ % Areia=porcentagem de areia; % Silte=porcentagem de silte; % Argila=porcentagem de argila; Ntotal=concentração de nitrogênio total; Ptotal=concentração de fósforo total. ² % Nematoda=participação relativa de Nematoda; % Copepoda=participação relativa de Copepoda; % Polychaeta=participação relativa de Polychaeta; % Oligochaeta=participação relativa de Oligochaeta; % Ostracoda=participação relativa de Ostracoda.

Descritores ²	Características ambientais ¹					
	% Areia ³	% Silte	% Argila	P _{total}	N _{total}	% MO
Riqueza	-0,57*	0,20	0,37	-0,23	0,54	0,04
Densidade média	-0,34	0,20	0,23	-0,41	0,10	0,10
Diversidade	-0,24	0,05	0,14	-0,21	0,23	0,11
Equitatividade	0,01	-0,14	0,09	-0,17	-0,02	0,04
% Nematoda	-0,32	0,20	0,22	-0,38	0,09	0,07
% Copepoda	-0,17	0,02	0,21	-0,59*	-0,02	0,19
% Polychaeta	-0,60*	0,23	0,23	-0,29	0,51*	0,24
% Oligochaeta	-0,64*	0,45	0,05	0,30	0,91*	0,10

DISCUSSÃO

A concentração de matéria orgânica nos sedimentos do estuário de Curuçá é relativamente baixa quando comparada a outras áreas estuarinas, sejam elas sob impacto da aquíicultura (Tomassetti & Porrello, 2005; Mirto *et al.*, 2000; Mazzola *et al.*, 2000) ou áreas consideradas incólumes (Vasconcelos, 2004). Nestes estudos a concentração de matéria orgânica esteve sempre acima de 1%. A baixa concentração de matéria orgânica no estuário de Curuçá (entre 0,29 a 0,79%) pode estar associada ao grande

fluxo de água e as fortes correntes, característicos de região dominada por regime de macro-marés, como observado em outros estuários da região Norte. Esses fatores podem estar contribuindo para a ressuspensão da matéria orgânica e demais nutrientes para a coluna d'água reduzindo sua concentração no sedimento.

A concentração de nitrogênio (entre 0,14 e 0,19%) registrada neste estudo foi baixa quando comparada aos resultados de Murollo (2005), que avaliou o impacto da carcinicultura sobre a meiofauna nos rios Siri e Botafogo, em Pernambuco,

onde foram registradas médias de 0,29% e 0,41%. A baixa concentração de nitrogênio nos sedimentos, assim como a de matéria orgânica, também deve estar associada a forte hidrodinâmica da região.

Embora, de um modo geral, as concentrações de nutrientes tenham sido relativamente baixas nos sedimentos, os efluentes da carcinicultura parecem estar aumentando, embora de maneira sutil, a concentração de MO e P no estuário, principalmente durante o período seco. Locais mais próximos ao lançamento de efluentes (D1 e D2) apresentaram as maiores proporções tanto de MO quanto de P. Vale ressaltar que efluentes de cultivo de camarão são ricos em nutrientes, principalmente fósforo (Páez-Osuma, 2001).

A composição da meiofauna registra no presente estudo é semelhante aquela citada por outros estudos para manguezal (Hodda & Nicholas, 1985; Gomes *et al.*, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2004). Por sua vez, a dominância de Nematoda concorda com Knox (1986), Coull (1988) e Giere (1993) que citam o grupo como dominante em ambientes estuarinos, não contaminados.

Também em ambientes organicamente enriquecidos, Mirto *et al.* (2000) e Mazzola *et al.* (2000) registraram elevada dominância de Nematoda, sugerindo que isto ocorre nestes ambientes devido a sua resistência aos efeitos da descarga orgânica, como a anóxia (Moodley *et al.*, 2000), uma vez que, em locais de descarga de resíduos orgânicos, a concentração de oxigênio diminui (Essink, 2003). Entretanto, devido ao enriquecimento orgânico podem ser observados casos de decréscimo do percentual de Nematoda, como conseqüência da redução da quantidade de diatomáceas bentônicas, que fazem parte da sua dieta alimentar (Austen & Warwick, 1995), o que não foi observado no presente estudo.

No período seco, foi encontrada maior riqueza, diversidade e equitatividade no ponto de lançamento dos efluentes provindos da fazenda de carcinicultura. Segundo Frid & Mercer (1989) e Weston (1990), distúrbios provocados por enriquecimento orgânico, podem determinar uma forte redução da biomassa e riqueza da meiofauna estuarina. Em geral espera-se que a diversidade, riqueza e equitatividade diminuam em áreas impactadas, conseqüentemente havendo um aumento da dominância (Clarke & Warwick, 2001; Lorenzen *et al.* 1987; Weston, 1990). Esse acréscimo de dominância se dá pela presença de espécies oportunistas, associado

ao desaparecimento de espécies menos tolerantes e sensíveis a impactos (Pearce *et al.*, 1981).

No presente estudo, discordando dos autores citados, observou-se aumento da riqueza, diversidade e densidade na área mais impactada, o que pode indicar que os efluentes da carcinicultura em Curuçá podem estar causando bioestimulação da meiofauna. Esta estimulação estaria se devendo ao aumento da quantidade de alimento nos locais organicamente enriquecidos, propiciando acréscimo de organismos nos locais do despejo dos resíduos. Tal aumento é considerado por Reish (1980) como um impacto benéfico, já que permite um incremento da produtividade.

Segundo o modelo conceitual de Pearson & Rosemberg (1978), no início do processo de enriquecimento orgânico, quando o aporte orgânico é moderado e não compromete a disponibilidade de oxigênio para a biota, pode se observar incremento da abundância e do número de organismos bentônicos, como observado em Curuçá, onde a carcinicultura está causando ainda contaminação moderada, capaz de estimular as comunidades meiobentônicas.

Os valores de densidade observados neste trabalho foram maiores que os encontrados por Netto & Gallucci (2003) em Santa Catarina, e menores que os de Vasconcelos *et al.* (2004) no estuário do Rio Formoso (PE). Espera-se que em ambientes lamosos estuarinos a meiofauna apresente densidades em torno de 3000 ind. 10 cm⁻² (Knox, 1986), o que foi observado neste estudo, principalmente no mês chuvoso.

Em áreas enriquecidas organicamente a densidade da meiofauna tende a diminuir (La Rosa *et al.*, 2001). Em Curuçá este descritor esteve de acordo com o que foi citado pelos autores supracitados, onde os valores de densidade foram maiores em pontos distantes do principal ponto de despejo dos efluentes. No entanto, ainda que a densidade tenha sido menor no ponto de lançamento de efluente, estes valores não são tão reduzidos e mostram-se semelhantes aos que foram registrados em outros estuários tropicais não poluídos (Vasconcelos *et al.*, 2004).

A significativa variação na estrutura das associações meiobentônicas entre os períodos seco e chuvoso está associada às variações da salinidade. Tal hipótese encontra suporte na medida em que, como citado pelo Governo do Pará (2005), a salinidade em Curuçá pode variar de 7 (período chuvoso) a

mais de 22 (período seco).

Durante o período chuvoso, a costa paraense sofre a influência da Zona de Convergência Intertropical, provocando chuva intensa (Coehn *et al.*, 1989), podendo ser registradas taxas de precipitação pluviométrica da ordem 1000 mm/mês (Moraes *et al.*, 2005). Tal fato provoca bruscas quedas da salinidade, acarretando a restrição ou exclusão de grupos faunísticos exclusivamente marinhos, ou pouco adaptados à baixa salinidade e inclusão de espécies dulcícolas (Kinne, 1971). Por sua vez, o aumento da riqueza, diversidade e equitatividade observada no período chuvoso pode estar associado à inclusão de táxons de água doce e sua distribuição de maneira mais homogênea no estuário.

A correlação negativa entre a riqueza, densidade e diversidade da meiofauna e a proporção de areia nos sedimentos concorda com os resultados de diversos autores (Rosa Filho & Bemvenuti, 1998; Cerrano *et al.*, 1999; Rosa Filho, 2001). É importante ressaltar, no entanto que, como citado por Snelglove & Buttman (1994), esta correlação negativa pode estar mais relacionada a condições ambientais dominantes nas áreas com sedimentos arenosos, como a elevada hidrodinâmica, do que ao tipo de sedimento em si. Cerrano *et al.* (1999) observaram que o meiobentos e o macrobentos estiveram forte e inversamente relacionados com a porcentagem de areias quartzosas no sedimento. Estes autores citam que o efeito do quartzo sobre as populações se faz sentir desde o início da colonização, dados os reconhecidos efeitos negativos deste mineral sobre as primeiras fases de desenvolvimento dos organismos, como a propriedade oxidante da superfície dos cristais e a formação de radicais hidroxila (OH⁻) no ambiente aquático ao redor dos grãos.

Polychaeta e Oligochaeta apresentaram correlação significativa e negativa com a concentração de areia nos sedimentos e positiva e significativa com a quantidade de nitrogênio no substrato. Tal tipo de correlação é muito citada em estudos realizados em ambientes estuarinos, dado a preferência destes organismos por sedimentos finos, que em geral são ricos em matéria orgânica, diatomáceas e microalgas aderidas aos grãos (Pearson & Rosenberg, 1978; Bemvenuti, 1988; Rosa Filho, 2001). Por sua vez, a preferência destes grupos por sedimentos ricos em compostos nitrogenados deve-se ao fato de que elevadas concentrações de nitrogênio estimulam o aumento da abundância de

diatomáceas e microalgas (Jones *et al.*, 2001; Murolo, 2005), que muitas vezes representam sua principal fonte de alimento.

Vê-se então, que o efeito provocado pelos efluentes da carcinicultura sobre a meiofauna do estuário de Curuçá pode ser considerado positivo, não provocando ainda mudanças severas na estrutura das associações meiobentônicas. No entanto, dado que modificações na estrutura das comunidades já se fazem sentir, é importante que antes da expansão desta atividade na costa paraense, sejam realizados estudos mais aprofundados em maior número de estuários e situações climáticas.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC-CNPq e ao PIBIC-UFPA, pela concessão de bolsa de estudo para o primeiro autor e ao Projeto Milênio – Uso e Apropriações de Recursos Costeiros/RECOs (CNPq/ PADT/ MCT), Grupo Temático Maricultura Sustentável, que forneceu os recursos para as atividades de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTEM, M.C. & WARWICK, R.M. 1995. Effects of manipulation of food supply on estuarine meiobenthos. **In:** HEIP, C.H.R.; HERMAN, P.M.J. Major biological processes in European tidal estuaries. *Hydrobiologia*, 311: 175-184.
- BEMVENUTI, C.E. 1988. Impacto da predação sobre *Heteromastus similis* Southern, 1921 e *Nephtys fluviatilis* Monro, 1937 (Annelida, Polychaeta), em fundos moles estuarinos. *Atlântica*, 10: 85-102.
- CERRANO, C.; ARILLO, A.; BAVESTRELLO, G.; BENATTI, U.; CALCINAI, B.; CATTANEO-VIETTI, R.; CORTESOGNO, L.; GAGGERO, L.; GIOVINE, M.; PUCE, S.; SARÀ, M. 1999. Organism-quartzito interactions in structuring benthic communities: toward a marine bio-mineralogy? *Ecology Letters*, 2: 1-3.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth: PRIMER-E. 216 p.
- COEHN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F. & NOBRE, C.A. 1989. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise*, 4: 4-40.

- COULL, B.C. 1988. Ecology of the marine meiofauna. **In:** HIGGINS, R.P. & THIEL, H (Eds). *Introduction to the study of meiofauna*. Washington: Smithsonian Inst. Press. pp. 18-38.
- COULL, B.C. & CHANDLER, T. 1992. Pollution and meiofauna: field, laboratory, and mesocosm studies. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 30: 191-271.
- ESSINK, K. 2003. Response of an estuarine ecosystem to reduced organic waste discharge. *Aquat. Ecol.*, 37: 65-76.
- FREITAS JÚNIOR, J.R.C. 2005. *Diagnóstico da carcinicultura de camarão marinho no estado do Pará: Estudo de caso nos municípios de Curuçá e Salinópolis*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Estadual do Pará. 66 p.
- FRID, C.L.J. & MERCER, M. 1989. Environmental monitoring of caged fish farming in macrotidal environments. *Mar. Pollut. Bull.*, 20: 379-383.
- GIERE, O. 1993. *Meiobenthology: The microscopic fauna in aquatic sediments*. Berlin. Springer. 327 p.
- GOMES, C.A.A.; SANTOS, P.J.P.; ALVES, T.N.C.; ROSA FILHO, J.S.; SOUZA-SANTOS, L.P. 2002. Variação temporal da meiofauna em área de manguezal em Itamaracá-PE. *Atlântica*, 24: 89-96.
- HODDA, M.; NICHOLAS, W.L. 1985. Meiofauna associated with mangroves in the Hunter River estuary and Fullerton Cove, South-eastern Austrália. *Aust. J. Mar. Fresh. Res.*, 36: 41-50.
- HOGARTH, P.J. 1999. *The biology of mangroves*. Oxford: Oxford University Press. 288 p.
- JONES, A.B.; O'DONOHUE, M.J.; UDY, J. & DENNISON, W.C. 2001. Assessing Ecological Impacts of Shrimp and Sewage Effluent: Biological Indicators with Standard Water Quality Analyses. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, 52: 91-109.
- KINNE, O. 1971. Salinity. **In:** KINNE, O. *Marine ecology. A comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters*. Londo: John Wilwy & Sonsn Ltd. V. 1, n. II). pp. 821-995.
- KNOX, G.A. 1986. *Estuarine Ecosystems: A systems approach*. Boca Raton: CRC Press. 287 p.
- LA ROSA, T.; MIRTO, S.; MAZZOLA, A. & DANOVARO, R. 2001. Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments. *Environmental Pollution*, 112: 427-434.
- LORENZEN, S.; PREIN, M. & VALENTIN, C. 1987. Mass aggregations of the free-living marine nematode *Pontonema vulgare* (Oncholaimidae) in organically polluted fjords. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37: 27-34.
- MARE, M. F. 1942. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Bio. Assoc. UK.*, 25: 517-554.
- MAZZOLA, A.; MIRTO, S.; LA ROSA, T.; DANOVARO, R. & FABIANO, M. 2000. Fish farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of the meiofaunal resilience. *ICES Jour.Mar. Sci.*, 57: 1454-1461.
- MIRTO, S.; LA ROSA, T.; DANOVARO, R. & MAZZOLA, A. 2000. Microbial and meiofaunal response to intensive mussel-farm biodeposition in coastal sediments of the Western Mediterranean. *Environmental Pollution*, 40: 244-252.
- MOODLEY, L.; CHEN, G.; HEIP, C. & VINCX, M. 2000. Vertical distribution of meiofauna in sediments from contrasting sites in the Adriatic Sea: clues to the role of abiotic versus biotic control. *Ophelia*, 53: 203-212.
- MORAES, B.C.; COSTA, J.M.N.; COSTA, A.C.L. & COSTA, M.H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*, 35: 207-214.
- MUROLO, P.R.A. 2005. *Utilização da meiofauna bentônica no monitoramento do cultivo do camarão *Litopeneus vannamei**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Biologia Animal). Universidade Federal de Pernambuco. 72 p.
- NETTO, S.A. & GALLUCCI, F. 2003. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. *Hydrobiologia*, 505: 159-170.
- PÁEZ-OSUNA, F. 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture a global perspective. *Environmental pollution*, 112: 229-231.
- PÁEZ-OSUNA, F. & GUERRERO-GALVÁN, S.R. & RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C. 1998. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Mar. Pollut. Bull.*, 36: 65-75.

- PAQUOTTE, P.; CHIM, L.; MARTIN, J.L.M.; LEMOS, E.; STERN, M. & TOSTA, G. 1998. Intensive culture of shrimp *Penaeus vannamei* in floating cages: zootechnical, economic and environmental aspects. *Aquaculture*, 164: 151-166.
- PEARCE, J.B.; RADOSH, D.J.; CARACCILO, J.V. & STEIMLE, F.W. 1981. *Benthic Fauna*. MESA New York Bigh Atlas Monograph. 14: 79 pp.
- PEARSON, T.H. & ROSENBERG, R. 1978. Macrobenthic succession in the relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.
- REISH, D.J. 1980. Effect of domestic wastes on the benthic marine communities of Southern California. *Helgol. Meeresunt.*, 33: 377-383.
- RILEY, J.P. 1958. The rapid analysis of silicate rocks and minerals. *Anal. Chim. Acta*, 19: 325-334.
- ROSA FILHO, J.S. 2001. *Variações espaço-temporais das associações de macroinvertebrados bentônicos de fundos moles dos estuários do Rio Grande do Sul (Brasil). Influência de fatores naturais e introduzidos, e modelos para sua predição*. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica). Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 201 p.
- ROSA-FILHO, J.S. & BEMVENUTI, C.E. 1998. Caracterización de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos en regiones estuarinas de Rio Grande do Sul (Brasil). *Thalassas*, 14: 45-56.
- SNELGROVE, P.V.R. & C.A. BUTTMAN. 1994. Animal-sediment relationship revisited: cause versus effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 32: 111-177.
- SOUZA, L.P.; SANTOS, P.J.P. & FONSÊCA-GENEVOIS, V.G. 2004. Meiofauna. In: ESKINAZILEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M.F. (Eds). *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife: Bargaço. pp. 72-85.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher. 262 p.
- TOMASSETI, P. & PORRELLO, S. 2005. Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. *Aquaculture International*, 13: 109-128.
- VASCONCELOS, D.M.; SANTOS, P.J.P. & TRINDADE, R.L. 2004. Distribuição espacial da meiofauna no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. *Atlântica*, 26: 45-54.
- WALKLEY, A. & BLACK, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic and titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.