

Efeito da salinidade e do esgoto orgânico sobre a comunidade zooplancônica, com ênfase nos copépodes, do estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo

Paulo Eduardo Souza-Pereira e Antonio Fernando Monteiro Camargo*

Departamento de Ecologia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Avenida 24-A, 1515, 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail afmc@rc.unesp.br

RESUMO. A partir da hipótese de que a comunidade zooplancônica é influenciada pela salinidade e pelo lançamento de esgotos orgânicos, o objetivo deste trabalho é analisar a influência desses fatores sobre essa comunidade no estuário do rio Itanhaém, Estado de São Paulo. Foram realizadas amostragens do zooplâncton e de variáveis físicas e químicas da água em quatro estações de coleta, localizadas entre a linha de costa e a parte superior do estuário, incluindo um canal secundário que recebe esgotos domésticos sem tratamento prévio. As amostragens foram realizadas em baixa-mar e preamar no inverno e verão. Os resultados mostraram que este estuário possui uma variação temporal de características físicas e químicas, especialmente salinidade, devido à variação de marés e à variação sazonal de pluviosidade. Os maiores valores de salinidade foram observados no inverno e preamar. A comunidade zooplancônica respondeu às variações de salinidade, com espécies adaptadas aos maiores valores de salinidade na parte baixa do estuário, no inverno. Embora o estuário do rio Itanhaém possua a mesma dinâmica temporal e espacial de outros estuários, os valores de salinidade são bastante reduzidos em comparação com outros estuários da costa sul paulista. Em consequência, a comunidade zooplancônica foi constituída principalmente por organismos oligoalinos e de água doce. Essas características se devem à maior área de drenagem da bacia do rio Itanhaém quando comparada com a área dos outros rios costeiros do Estado de São Paulo. O esgoto orgânico modificou as características físicas e químicas da água, que possuiu maior concentração de nutrientes, maior quantidade de material em suspensão e menor concentração de oxigênio. Foi observada uma relação positiva entre densidade de náuplios de copépodes e poluição orgânica no estuário do rio Itanhaém.

Palavras-chave: estuário, copépode, salinidade, náuplios, poluição orgânica.

ABSTRACT. Effects of salinity and organic wastes on zooplankton community, with emphasis on copepods, in the *Itanhaém* river estuary, São Paulo state. The objective of this work is to analyze the effects of salinity and wastewater on the zooplankton community of the *Itanhaém* river estuary, São Paulo state. Samples of zooplankton as well as physical and chemical variables of water were collected in four sites, located between the coastal line and the superior part of the estuary, including a secondary channel where wastewater is thrown without previous treatment. The samples were collected in low and high tide in winter and summer. Results showed that the estuary presents a temporal and spatial variation of physical and chemical characteristics, especially salinity, in function of the tide and seasonal variation of rain. The high values of salinity occurred in winter and high tide. Zooplankton community was adapted to the dynamic of salinity, and marine and estuarine species occurred in the low part of the estuary in winter. Although the *Itanhaém* river estuary has the same temporal and spatial dynamic of other estuaries, the values of salinity are low when compared with others located in the southern coast of *São Paulo*. Consequently, mainly oligohaline and fresh water species constitute the zooplankton community. These characteristics are due to the great drainage area of the *Itanhaém* river basin. The waste water modified physical and chemical characteristics of water that now presents higher concentrations of nutrients, higher values of suspended matter and lower

concentrations of oxygen. It was observed a positive relation between the density of nauplii of copepods and organic pollution in this estuary.

Key words: estuary, copepod, salinity, nauplii, organic pollution.

Introdução

A comunidade zooplanctônica, em geral, e a comunidade de copépodos, em particular, têm sido amplamente estudadas sob diferentes aspectos ecológicos em estuários. Destacam-se os trabalhos de Mallin (1991), que estudou a distribuição espacial de copépodos no estuário do rio Neuse (Carolina do Norte, EUA), e Hoffmeyer (1994), que estudou a variação sazonal da comunidade de copépodos no estuário de Bahía Blanca, província de Buenos Aires, Argentina. Outros autores têm se dedicado a estudar o efeito da eutrofização e da poluição sobre a comunidade de copépodos estuarinos, tais como Uye (1994), nas baías de Osaka e Tóquio (Japão), e Ramaiah e Nair (1997), que estudaram a abundância de copépodos em um gradiente de poluição no porto de Bombaim (Índia).

No Brasil, os estudos ecológicos dessa comunidade têm sido realizados em diversas regiões enfocando, principalmente, a distribuição espacial e temporal. Bonecker (1995) estudou a variação espacial e temporal do zooplâncton no sistema estuarino do Rio Mucuri (Bahia), Eskinazi-Santana e Tundisi (1996) descreveram a diversidade de espécies no estuário do rio Pina (Pernambuco) e Ara (1998) estudou a variação temporal da biomassa de copépodos no complexo estuarino-lagunar de Cananéia (São Paulo). Também se destacam os estudos sobre sazonalidade e distribuição espacial de copépodos realizados nos estuários dos rios Una do Prelado (Lansac-Tôha e Lima, 1993), Guaraú (Lopes, 1994) e Verde (Lopes *et al.*, 1986), situados no litoral sul do Estado de São Paulo.

Os estudos dos efeitos da poluição sobre a comunidade de copépodos no Brasil, por outro lado, são raros. Destacam-se apenas os trabalhos de Sanches e Camargo (1995), que realizaram um estudo comparativo em dois canais de mangue, um com altos níveis de poluição orgânica e outro não poluído na ilha de Cananéia (SP), e os de Attayde e Bozelli (1998), que verificaram os efeitos da salinidade e da poluição orgânica sobre a assembléia zooplanctônica na lagoa costeira de Carapebus (Macaé, Estado do Rio de Janeiro).

A bacia hidrográfica do rio Itanhaém vem sendo objeto de estudos limnológicos há vários anos e, dentre vários aspectos, tem sido avaliado o impacto da poluição orgânica nas características físicas e químicas da água do estuário desse rio (Camargo *et*

al., 1996). Não existem, no entanto, estudos sobre o impacto da poluição orgânica sobre comunidades bióticas desse estuário.

A partir da hipótese de que a comunidade zooplanctônica é influenciada pela salinidade e pelo lançamento de esgotos orgânicos, o objetivo deste trabalho é analisar a influência desses fatores sobre essa comunidade no estuário do rio Itanhaém, litoral sul paulista, com ênfase nos copépodos planctônicos.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Itanhaém está localizada no litoral sul do Estado de São Paulo (23°50', 24°15'S; 46°35', 47°00'W), e sua maior parte está dentro dos limites do município de Itanhaém. Essa bacia possui características de topografia, geomorfologia, formação vegetal e graus de degradação diferenciados ao longo de um gradiente longitudinal (da nascente à foz) (Camargo *et al.*, 1996). A parte superior da bacia hidrográfica está localizada na serra do mar, em terrenos Pré-Cambrianos, com altitudes entre 600 e 800 metros e vegetação de Mata Atlântica bem preservada por estar contida dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Mar. A parte média da bacia está localizada na planície costeira em terrenos quaternários de origem marinha e continental, em altitudes entre 5 e 20 metros e vegetação de mata de restinga. Nessa parte, os impactos antrópicos são moderados e se devem principalmente à atividade agrícola de plantio de banana e de pequenas propriedades com culturas de subsistência. A parte inferior da bacia (região estuarina) está localizada em terrenos do Holoceno, em altitudes entre 0 e 5 metros e vegetação de mangue. Essa parte da bacia está submetida a vários impactos antrópicos, dentre os quais o recebimento de esgoto orgânico sem tratamento, pois está envolvida pela área urbana do município de Itanhaém (Pereira, 2002). O rio Itanhaém é formado na planície costeira pelo encontro dos rios Preto e Branco, e possui pequenos tributários, Guaú e Campininha (canais de mangue) na parte inferior. O estuário do rio Itanhaém sofre grande influência de águas marinhas, apresentando amplas variações de salinidade, de pH, e de oxigênio dissolvido em uma escala diária devido à variação das marés, e em escala sazonal devido a distribuição anual das chuvas (Camargo *et al.*, 1996). Segundo Camargo *et al.* (1997), a precipitação média anual é de 1000 a 2000mm e a precipitação média mensal na

planície costeira é de 250,6mm no verão e de 56,1mm no inverno, sem apresentar, no entanto, uma estação seca.

Material e métodos

Foram estabelecidas quatro estações de coleta na área do estuário: Estação 1, localizada aproximadamente a 100m da linha da costa. Estação 2, localizada em um canal secundário do estuário com área urbana na margem direita, e recebe esgotos orgânicos sem tratamento prévio. Situa-se a

aproximadamente 2km da estação 1. Estação 3, situa-se a aproximadamente 1,5km da estação 1, no canal principal do rio Itanhaém. Estação 4, situada a aproximadamente 4km da estação 1, também no canal principal, sendo a estação de coleta mais distante do mar (Figura 1). As coletas foram realizadas no inverno (agosto de 1998) e no verão (fevereiro de 1999). Em cada estação de coleta foram feitas três coletas (duas nas margens e uma no centro do canal do rio) na superfície da coluna de água e nos períodos de baixa-mar e preamar.

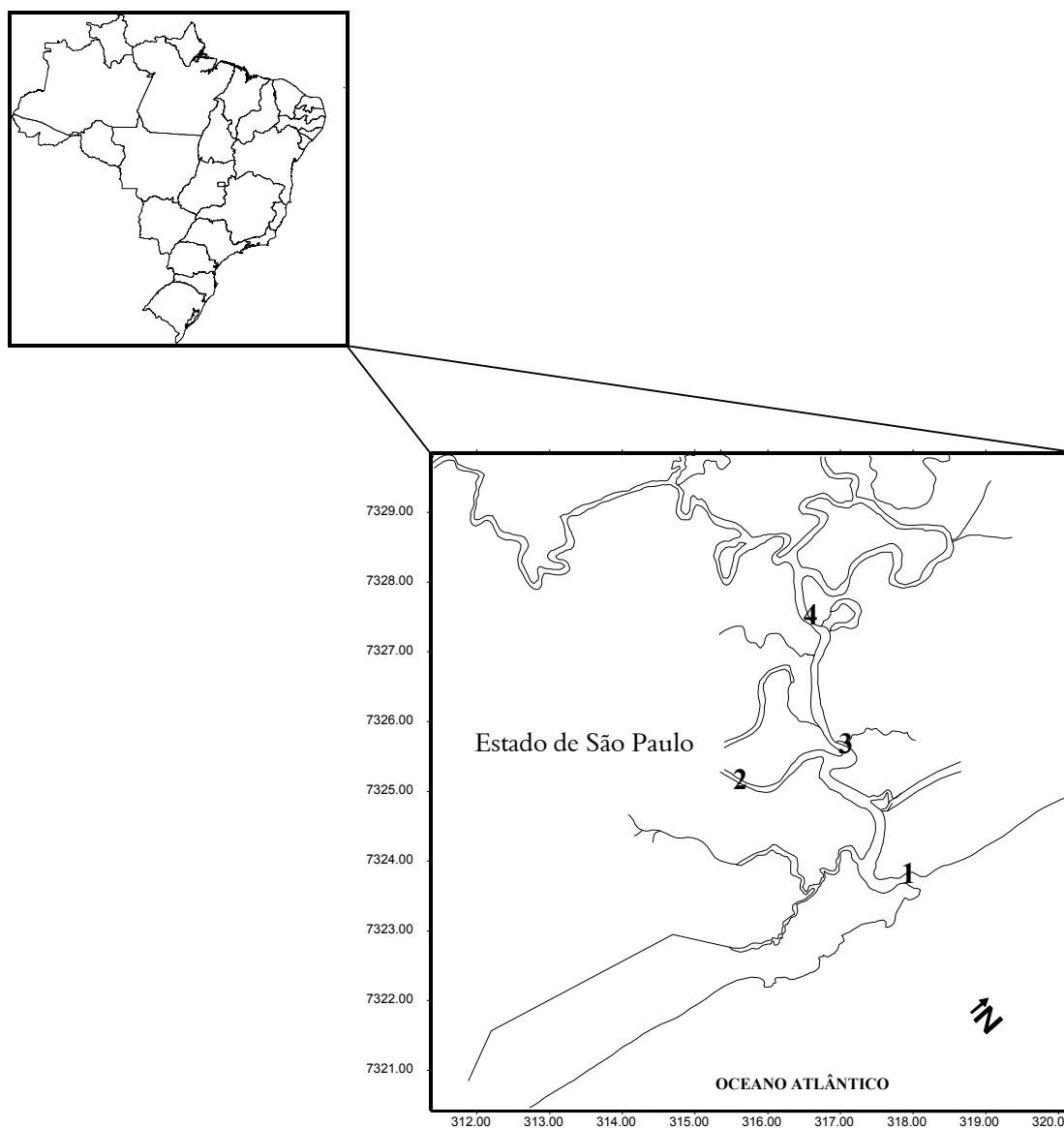


Figura 1. Mapa do estuário do rio Itanhaém com a indicação das estações de coleta.

Variáveis físicas e químicas

Os valores de temperatura, salinidade, condutividade, pH e turbidez foram medidos diretamente no campo, com aparelho Water Quality Checker marca Horiba, modelo U-10. A radiação fotossinteticamente ativa foi medida com radiômetro marca Li-cor, na superfície e a 20cm, para posterior cálculo do coeficiente de atenuação de luz (CAL), segundo Esteves (1998). A alcalinidade foi determinada segundo método descrito em Mackereth *et al.* (1978), e o oxigênio dissolvido foi determinado pelo método de Winkler, segundo Golterman *et al.* (1978). O material em suspensão de acordo com APHA (1989), o nitrogênio amoniacal (N-NH₄) segundo Koroleff (1976), o nitrito (N-NO₂), o nitrato (N-NO₃), o nitrogênio total dissolvido (NTD) e o nitrogênio total (NT) segundo Mackereth *et al.* (1978), e o ortofosfato (P-PO₄), o fósforo total dissolvido (PTD) e o fósforo total (PT) segundo Golterman *et al.* (1978).

Variáveis biológicas

Para a amostragem do zooplâncton, foi filtrado um volume de 100L de água em rede de plâncton cônica de abertura de malha de 62 μ m, concomitantemente às coletas de água. Imediatamente após a coleta, a amostra foi preservada em formol 4% neutralizado com carbonato de cálcio e corado com Rosa de Bengala. A identificação foi feita utilizando-se as pranchas de identificação de Bjönberg (1981). Copépodes adultos foram identificados até espécie. Copepoditos foram identificados até gênero. Náuplios e cladóceros límnicos foram identificados no nível de grupo. A análise quantitativa dos organismos zooplânctônicos foi feita seguindo as recomendações de APHA (1989). Para verificar a existência de diferenças significativas ($p < 0,05$) entre estações de coleta, foi aplicada a Análise de Variância (Anova) e a posteriori o teste de Tukey (Zar, 1999), para as variáveis físicas e químicas e outra para a comunidade zooplânctônica. Para relacionar as variáveis físicas e químicas com a abundância dos organismos zooplânctônicos foi aplicada uma Análise de Correspondência Canônica (ACC), com o software SAS (1990), segundo Ter Braak (1986).

Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores médios das variáveis físicas e químicas na baixa-mar e

preamar, nas quatro estações de coleta no inverno. A Anova mostrou diferenças significativas dos valores de salinidade entre baixa-mar e preamar. As estações 1 e 3 (preamar) são significativamente diferentes das estações 4 (preamar), 1 e 2 (baixa-mar) e 3 e 4 (baixa-mar). Não foram observadas diferenças significativas entre as estações e nível de maré para as concentrações de NTD, NT, P-PO₄, PTD e PT. No entanto, a estação 2 (baixa-mar) se diferencia das outras coletas por valores significativamente maiores de nitrogênio amoniacal e turbidez. A Tabela 2 apresenta os valores médios das variáveis físicas e químicas na baixa-mar e preamar, nas quatro estações de coleta no verão. A Anova mostrou diferenças significativas maiores dos valores de salinidade e condutividade entre a estação 1 (baixa-mar e preamar) em relação às outras estações, em ambos os níveis de maré. Além disso, a estação 2 (baixa-mar) se diferencia das estações 1, 3 e 4 (baixa-mar e preamar) e da estação 2 (preamar) pelos valores significativamente maiores ($p < 0,05$) de material em suspensão, CAL, turbidez, nitrogênio amoniacal, NT, PTD e PT e menores concentrações de oxigênio dissolvido.

Comparando as duas épocas do ano, observa-se que a coleta de inverno apresentou valores maiores de salinidade que a coleta de verão. O valor máximo de salinidade na coleta de inverno foi 33,5% (estação 1, preamar), enquanto que o valor máximo da coleta de verão foi 6% (estação 1, preamar). O valor mínimo na coleta de inverno foi 4% (estação 4, baixa-mar), enquanto que o valor mínimo da coleta de verão foi zero nas estações 3 e 4, tanto na baixa-mar quanto na preamar (Tabelas 1 e 2).

A Tabela 3 apresenta os valores médios da densidade de copépodes e cladóceros para as quatro estações de coleta, nas duas épocas do ano. Esta tabela mostra que na coleta de inverno, as estações 1, 2, 3 e 4 (baixa-mar) e a Estação 4 (preamar) se diferenciam das estações 1, 2 e 3 (preamar) por densidades significativamente maiores ($p < 0,05$) de *Paracalanus crassirostris*, *Acartia* sp. e *Euterpina acutifrons*. A Estação 4 (baixa-mar) se diferencia das outras por densidades significativamente maiores de *Pseudodiaptomus richardi*. Essa tabela mostra, ainda, que não houve diferenças entre as estações para as densidades de náuplios e copépodes totais no inverno.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis físicas e químicas da água na coleta de inverno na baixa-mar e preamar. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os valores das variáveis das estações de coleta e altura de maré.

Variáveis físicas e químicas	Estação de coleta							
	Baixa-mar				Preamar			
	1	2	3	4	1	2	3	4
T. água (°C)	20,5±0,0b	20,6±0,1b	20,6 ± 0,1b	20,5±0,0b	21,4±0,1a	21,0±0,2a	21,3±0,1a	21,1±0,0a
pH	7,2±0,2b	6,8±0,1b	7,2 ± 0,2b	7,1±0,2b	7,7±0,0a	7,6±0,1a	7,6±0,2a	6,9±0,4b
Sal. (‰)	18,0±1,0c	15,9±0,1c	8,0± 0,5d	4,0±0,2e	33,5±0,2a	25±3b	32,2±0,3a	15,6±1,3c
Cond. (µS/cm)	28500±1992b	25933±153b	13800 ± 755c	7507±168d	51000±100a	36500±532a	49333±378a	25533± 767b
Alc. (mcq/L)	1,29±0,08b	1,32±0,03b	0,75 ± 0,04c	0,46±0,02c	2,16±0,05a	1,53±0,15b	1,90±0,22a	1,17±0,05b
C.A.L.	2,0±0,5b	3,8±0,6b	2,7 ± 0,7b	2,0±0,1b	5,0±0,8b	6,3±3,9a	2,0 ± 0,2b	2,5±0,5b
Turb. (utm)	8±1b	38±8a	10 ± 3b	10±3b	20±1b	14±8b	23±5b	17±3b
Mat. Susp. (mg/L)	16±1a	24±4a	10±0b	6±1b	30±1a	23±5a	33±3a	27±10a
O ₂ (%)	72±1b	35±1c	73±2b	75±2b	85±3a	82±1a	88±4a	83±3a
N-NH ₄ (µg/L)	6,0±4,0b	15,0±4,0a	3,1±0,1b	4,6±1,3b	4,3±0,6b	6,1±2,3b	4,8±1,4b	6,1±0,4b
N-NO ₂ (µg/L)	9±2a	10±2a	11±2a	10±1a	5±0b	5±0b	5±0b	5±0b
N-NO ₃ (mg/L)	44±19a	37±11a	41±20a	45±23a	6±2a	19±6a	5±0a	35±28a
ND (mg/L)	0,19±0,02a	0,34±0,05a	0,17±0,02b	0,14±0,2b	0,17±0,02b	0,16±0,03b	0,16±0,04b	0,16±0,04b
NT (mg/L)	0,29±0,04a	0,46±0,06a	0,32±0,13a	0,22±0,03a	0,30±0,02a	0,29±0,01a	0,32±0,03a	0,28±0,05a
P-PO ₄ (µg/L)	15±9a	11±1a	9±2a	14±9a	10±6a	16±6a	8±2a	10±7a
PD (µg/L)	42±10a	36±7a	29±5a	30±5a	34±8a	37±5a	33±11a	45±6a
PT (µg/L)	62±20a	64±6a	58±6a	40±5a	95±12a	58±3a	86±20a	66±12a

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das variáveis físicas e químicas da água na coleta de verão na baixa-mar e preamar. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os valores das variáveis das estações de coleta e altura de maré.

Variáveis físicas e químicas	Estação de coleta							
	Baixa-mar				Preamar			
	1	2	3	4	1	2	3	4
T. água (°C)	24,7±0,1 b	24,7±0,1 b	24,0±0,1 c	23,9±0,1 c	25,9±0,3 a	24,8±0,1 b	25,0±0,0 b	24,6±0,2 b
pH	6,3±0,1 a	6,60±0,1 a	5,8±0,2 a	5,65±0,05 a	6,7±0,3 a	6,5±0,6 a	7,0±1,0 a	5,4±0,2 a
Sal. (‰)	3,7±0,2 a	0,8±0,1 b	0,0±0,0 c	0,0±0,0 c	6,0±3,0 a	0,1±0,1 c	0,0±0,0 c	0,0±0,0 c
Cond. (µS/cm)	7007±208 a	1767±119 b	103±90 b	23±9 b	9057±4637 a	322±7 b	171±39 b	21±2 b
Alc. (mcq/L)	0,41±0,04 b	0,57±0,01 a	0,08±0,01 c	0,08±0,02 c	0,50±0,10 b	0,12±0,00 c	0,09±0,01 c	0,07±0,00 c
C.A.L.	6±1 b	12±1 a	5±1 b	7±1 b	5±1 b	5±1 b	6±0 b	8±4 b
Turb. (utm)	30±8 b	178±8 a	25±5 b	27±3 b	22±1 b	34±5 b	28±3 b	27±4 b
Mat. Susp. (mg/L)	26±15 b	60±12 a	9±3 b	7±3 b	17±6 b	13±5 b	10±3 b	8±1 b
O ₂ (%)	57±1 a	26±2 b	56±1 a	55±6 a	61±4 a	48±6 a	56±1 a	54±1 a
N-NH ₄ (µg/L)	16±4 b	57±3 a	8,4±0,7 b	7±1 c	9±6 b	9±2 b	12±4 b	6±2 c
N-NO ₂ (µg/L)	5,0±0,0 a	6,9±0,5 a	6,0±1,0 a	5,0±2,0 a	5,0±0,00 a	5,4±0,6 a	7,0±2,0 a	5,4±0,5 a
N-NO ₃ (mg/L)	88±9 a	73±16 a	41±26 a	26±14 a	57±13 a	41±3 a	71±24 a	63±39 a
ND (mg/L)	0,40±0,20 a	0,41±0,05 a	0,2±0,1 b	0,15±0,05 b	0,15±0,02 b	0,18±0,08 b	0,20±0,04 b	0,17±0,04 a
NT (mg/L)	1,1±0,9 a	0,6±0,2 b	0,4±0,1 b	0,24±0,05 c	0,28±0,03 c	0,23±0,05 c	0,24±0,04 c	0,20±0,03c
P-PO ₄ (µg/L)	5±1 a	<4±0 a	<4±0 a	<4±0 a	<4±0 a	<4±0 a	<4±0 a	<4±0 a
PD (µg/L)	11±5 b	25±8 a	5±2 b	5±1 b	7±4 b	5±1 b	6±2 b	4,1±0,2 b
PT (µg/L)	17±6 b	35±5 a	9±3 b	11±7 b	18±4 b	14±6 b	16±3 b	18±1 b

Tabela 3. Densidade média e desvio padrão do zooplâncton (indivíduos/m³). Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os valores da densidade das espécies das estações de coleta e altura de maré. *Paracalanus crassirostris* (Pc), *Oithona sp* (Ot) *Hemicyclops sp* (Hc), *Acartia liljeborgi* (Al), *Acartia sp.* (Ac), náuplios (Nap), *Euterpina acutifrons* (Ea), *Pseudodiaptomus richardi* (Pr), copépodes totais (Cto), *Mesocyclops sp.* (Mec) e cladóceros límnicos (Cli). Adulto (A) e copepodito (C).

Táxon	Estação de coleta							
	Baixa-mar				Preamar			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Coleta de Inverno							
PcA	15±5b	13±23b	0±0b	0±0b	73±110a	193±76a	150±148a	30±13b
PcC	216±146b	122±123b	0±0b	0±0b	1153±320a	2233±836a	1240±280a	222±310b
OtC	227±124b	113±50b	0±0b	0±0b	1640±413b	4407±1485a	2613±460a	430±237b
HcC	0±0a	4538±3034a	3267±4469a	2507±2298a	0±0a	0±0a	100±87a	165±171a
AlA	0±0b	0±0b	0±0b	0±0b	60±20a	80±80a	13±23a	0±0b
AcC	85±2b	15±22b	0±0b	0±0b	867±220a	933±705a	210±132a	3±3b
Nap	2456±57a	15518±17203a	22667±14502a	23547±12138a	20973±2049a	25300±6389a	25323±18790a	3097±735a
EaC	17±15b	13±23b	0±0b	0±0b	393±115a	300±131a	353±81a	5±9b
PrA	27±46b	23±15b	213±46b	253±241a	0±0b	0±0b	0±0b	167±219b
PrC	12±0b	203±344b	1733±1958b	5080±3644a	0±0b	0±0b	0±0b	10±9b
Cto	3185±831a	20680±19655a	28533±11628a	31537±16748a	26507±2989a	34513±9594a	30160±19652a	4247±1404a
	Coleta de Verão							
PcC	450±46a	0±0b	8±10b	0±0b	18±20b	0±0b	2±3b	0±0b
OtC	1983±834a	40±69a	0±0a	0±0a	8155±10997a	65±100a	2±3a	2±3a
AcC	50±17a	0±0b	0±0b	35±41b	35±41a	0±0b	0±0b	0±0b
Nap	3027±1614b	32720±10809a	3700±5562b	372±115b	6060±6339b	2723±541b	1477±585b	553±373b
EaC	7±12a	0±0a	0±0a	0±0a	13±23a	0±0a	0±0a	0±0a
PrC	40±40b	2307±1260a	218±229b	7±6b	17±21b	345±210b	363±405b	0±0b
Mec	103±51b	1227±416a	358±263b	110±13b	48±28b	105±13b	303±292b	128±124b
Cto	5707±2405b	36453±9527a	4307±6060b	495±128b	14395±17445b	3295±792b	2170±1292b	695±510b
Cli	257±117a	240±69a	595±482a	320±315a	70±28a	517±425a	702±729a	1015±1360 a

Na coleta de verão, a estação 1 (baixa-mar) se diferencia significativamente das outras por possuir maiores densidades de *Paracalanus crassirostris* e *Acartia* sp. A estação 2 (baixa-mar) se diferencia das outras por densidades significativamente maiores de copépodos totais, náuplios, *Pseudodiaptomus richardi* e *Mesocyclops* sp. Os copépodos tiveram maior ocorrência e abundância, nas quatro estações de coleta, no inverno (preamar). Os táxons, *Paracalanus quasimodo*, *Oncaea* sp. e *Temora* sp. só ocorreram no inverno, enquanto que os táxons *Mesocyclops meridianus* e cladóceros límnicos só ocorreram no verão. Destaca-se, ainda, que a coleta de inverno possuiu maiores densidades médias de náuplios que a coleta de verão, com exceção da estação 2 (baixa-mar) na coleta de verão.

As ACCs que relacionam as variáveis físicas e químicas com a abundância dos organismos zooplantônicos mostram a relação entre as variáveis físicas e químicas e a densidade de copépodos e cladóceros no inverno (Figura 2) e verão (Figura 3). O eixo 1 da Figura 2 evidencia um gradiente de aumento, para a esquerda, de valores de salinidade, temperatura, pH e material em suspensão e um gradiente de diminuição de valores de nitrato e nitrito. Os copepoditos de *Hemicyclops thalassius* e de copepoditos e adultos de *Pseudodiaptomus richardi* ocorreram associados a locais com maiores valores de nitrato e nitrito e menores de salinidade. O eixo 2 da Figura 2 evidencia um gradiente de aumento, para a parte superior, de turbidez, NT, ND e N-amoniacoal e um gradiente de redução dos valores de O_2 . A Figura 3 mostra o diagrama da ACC com os resultados obtidos no verão. Observa-se que também no verão ocorre um gradiente de salinidade, temperatura, O_2 , pH e alcalinidade, com aumento para a direita, e aumento de nitrato, turbidez, PT e NT para a esquerda. Em ambas as épocas do ano, a maior parte das espécies de copépodos (*Paracalanus crassirostris*, *Oithona hebes*, *Hemicyclops thalassius*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia lilljeborgi*, *Corycaeus* sp., *Calanopia* sp. e *Oncaea* sp.) está associada às águas com maior salinidade e temperatura. Por outro lado, observa-se uma correspondência entre náuplios de copépodos com as maiores concentrações das diferentes formas de nitrogênio e fósforo, material em suspensão, turbidez e menores valores de oxigênio dissolvido (quadrante superior esquerdo da figura). A Figura 3 evidencia também que *Mesocyclops meridianus* e cladóceros límnicos estão associados a menores valores de temperatura, salinidade, formas de nitrogênio e fósforo, material em suspensão total, turbidez e maiores valores de oxigênio dissolvido.

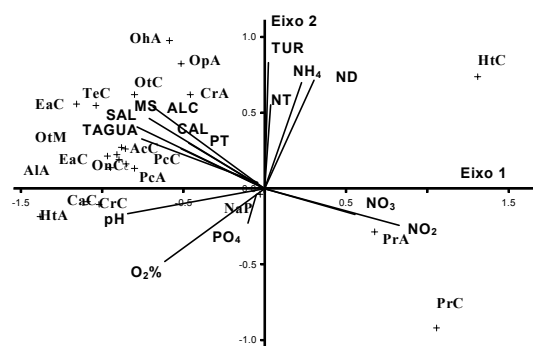


Figura 2. Análise de Correspondência Canônica entre variáveis físicas e químicas e abundância dos organismos zooplantônicos no inverno. Temperatura da água (TAGUA), salinidade (SAL), oxigênio dissolvido (O_2), alcalinidade (ALC), pH (pH), nitrogênio amoniacoal (NH_4), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), nitrogênio total dissolvido (ND), nitrogênio total (NT), ortofosfato (PO_4), fósforo total dissolvido (PD), fósforo total (PT), turbidez (TURB), material em suspensão total (MS). As variáveis biológicas são: náuplios de copépodos (Nap), *Pseudodiaptomus richardi* adultos (PrA) e copepoditos (PrC), copepoditos de *Temora* sp (TeC), *Paracalanus crassirostris* adultos (PcA) e copepoditos (PcC), fêmeas adultas de *Oithona hebes* (OhA), machos adultos de *Oithona* sp. (OtM), copepoditos de *Oithona* sp. (OtC), *Oithona plumifera* (OpA), *Hemicyclops thalassius* adultos (HtA) e copepoditos (HtC), copepoditos de *Calanopia* sp. (CaC), *Corycaeus giesbrechti* adultos (CrA) e *Corycaeus* sp. copepodito (CrC), *Euterpina acutifrons* Adulto (EaA) e copepoditos (EaC), copepoditos de *Oncaea* sp. (OnC), Adultos de *Acartia lilljeborgi* (AIA), copepoditos de *Acartia* sp. (AcC). Os autovalores do eixo 1 e do eixo 2 são respectivamente 0,474 e 0,237. A porcentagem de variância explicada dos eixos 1 e 2 são, respectivamente, 51,5% e 25,7%, resultando uma porcentagem de explicabilidade acumulada dos eixos 1 e 2 de 77,2%.

Discussão

Os resultados obtidos mostram que o estuário do rio Itanhaém tem uma dinâmica temporal, tanto sazonal como diária, semelhante a outros estuários brasileiros. Os maiores valores de salinidade, no inverno, estão relacionados à maior influência marinha devido aos menores valores de precipitação pluviométrica nesta época do ano. Embora o clima da costa sul do estado de São Paulo, em relação a outras regiões do sudeste do Brasil, tenha pequena amplitude de variação sazonal de chuvas (Pereira, 2002), essa pequena amplitude é capaz de determinar uma variação sazonal dos valores de salinidade nos estuários. O padrão de variação sazonal de salinidade define a variação sazonal da comunidade zooplantônica. De fato, no inverno, foi observada uma densidade maior de copépodos marinhos e estuarinos e ausência de organismos límnicos. Outros autores também observaram esse padrão de variação sazonal de salinidade e da

comunidade zooplancônica em estuários dessa mesma região, tais como Lopes *et al.* (1986) no estuário do rio Verde, Lansac-Tôha e Lima (1993) no estuário do rio Una do Prelado e Lopes (1994) no estuário do rio Guaraú.

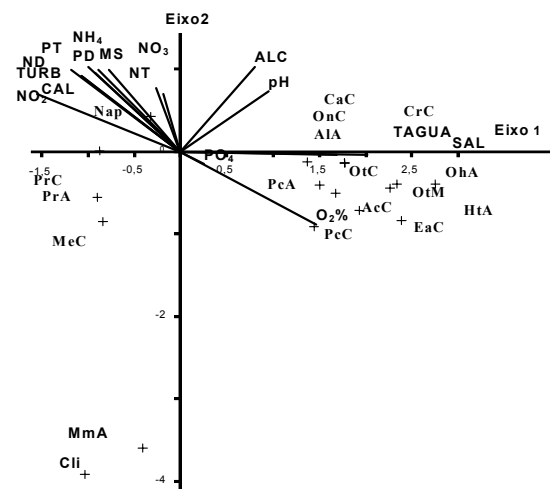


Figura 3. Análise de Correspondência Canônica entre variáveis físicas e químicas e abundância dos organismos zooplancônicos no verão. Temperatura da água (TAGUA), salinidade (SAL), oxigênio dissolvido ($O_2\%$), alcalinidade (ALC), pH (pH), nitrogênio amoniacal (NH_4), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), nitrogênio total dissolvido (ND), nitrogênio total (NT), ortofosfato (PO_4), fósforo total dissolvido (PD), fósforo total (PT), turbidez (TURB), material em suspensão total (MS). As variáveis biológicas são: nauplios de copépodes (Nap), *Pseudodiaptomus richardi* adultos (PrA) e copepoditos (PrC), *Mesocyclops meridianus* adulto (MmA), *Mesocyclops* sp. copepoditos (MeC), cladóceros límnicos (Cli), *Paracalanus crassirostris* adultos (PeA) e copepoditos (PeC), fêmeas adultas de *Oithona hebes* (OhA), machos adultos de *Oithona* sp. (OtM), copepoditos de *Oithona* sp. (OtC), adultos de *Hemicyclops thalassius* (HtA), copepoditos de *Calanopia* sp. (CaC), copepoditos de *Corycaeus* sp. (CrC), copepoditos de *Euterpina acutifrons* (EaC), copepoditos de *Oncaea* sp. (OnC), adultos de *Acartia lilljeborgi* (AlA), copepoditos de *Acartia* sp. (AcC). Os autovalores do eixo 1 e do eixo 2 são, respectivamente, 0,474 e 0,237. A porcentagem de variância explicada dos eixos 1 e 2 são, respectivamente, 51,5% e 25,7%, resultando uma porcentagem de explicabilidade acumulada dos eixos 1 e 2 de 77,2%.

Além da variação sazonal, os resultados evidenciaram um gradiente espacial de salinidade e distribuição do zooplâncton com maior salinidade e maior número de espécies adaptadas a essa condição ambiental, próximo à linha de costa, e um menor número na parte alta do estuário. Tanto no inverno quanto no verão esse gradiente foi observado, mas os valores de salinidade no verão, nas quatro estações de coleta, foram inferiores aos do inverno. Os estuários dos rios Una e Guaraú também possuem gradientes longitudinais de salinidade e de distribuição do zooplâncton. Observa-se, entretanto, que os estuários desses dois rios têm valores de salinidade

maiores. Lansac-Tôha e Lima (1993) obtiveram no verão, próximo a linha de costa, valores de salinidade maiores do que na estação 1 do rio Itanhaém (no rio Una os valores de salinidade foram de 16,5% na baixa-mar e 29,5% na preamar, enquanto que no Itanhaém foram de 3,7% na baixa-mar e 6% na preamar). Isto também é observado para o estuário do rio Guaraú (Lopes, 1994) e Verde (Lopes, 1994) (no rio Verde, os valores de salinidade foram de 5% na baixa-mar e 25% na preamar, enquanto no rio Guaraú foram de 15% na baixa-mar e de 33% na preamar). Embora os quatro estuários estejam submetidos ao mesmo regime de chuvas, os valores de salinidade no estuário do rio Itanhaém, tanto no verão como no inverno, são menores que nos outros. Provavelmente isto se deve à maior área de drenagem da bacia hidrográfica do Itanhaém (Pereira 2002), o que propicia um maior aporte de água doce na região estuarina. Os menores valores de salinidade observados no estuário do rio Itanhaém, em comparação com outros estuários da região, determinam uma menor abundância e densidade de organismos zooplancônicos.

Comparando a composição do zooplâncton dos estuários dos rios Itanhaém, Guaraú, Una do Prelado e Verde, observa-se a presença de espécies comuns de copépodes nos três estuários (*Acartia lilljeborgi*, *Pseudodiaptomus richardi*, *Paracalanus crassirostris*, *Oithona hebes* e *Euterpina acutifrons*). Entretanto, *Mesocyclops meridianus* (coleta de verão) e *Hemicyclops thalassius* (coleta de inverno) foram observadas apenas no estuário do rio Itanhaém. Por outro lado, nos outros três estuários ocorreram espécies tipicamente marinhas, tais como *Clausocalanus furcatus*, *Oithona plumifera* e *Oithona nana*, que não apareceram no rio Itanhaém. Cladóceros límnicos ocorreram no rio Itanhaém, mas não nos rios Verde, Una e Guaraú. Além disso, no estuário do rio Itanhaém, não foram observados cladóceros marinhos como *Evadne tergestina* e *Penilia avirostris*. Esse último, segundo Bonecker (1995), é um indicador de águas marinhas no estuário, e apareceu nos rios Una do Prelado, Verde e Guaraú. Os resultados da composição do zooplâncton corroboram os resultados de salinidade, mostrando que o estuário do rio Itanhaém sofre maior influência fluvial do que os estuários dos rios Verde, Una do Prelado e Guaraú.

Os resultados da análise qualitativa e quantitativa do zooplâncton do estuário do rio Itanhaém mostraram também que a poluição orgânica influencia essa comunidade. A estação 2, que é submetida a impactos por receber efluentes domésticos sem tratamento, apresentou maior

densidade de náuplios no verão, especialmente na baixa mar. Essa estação, nessa época do ano e nível de maré, possui características limnológicas que indicam poluição orgânica. As concentrações de nitrogênio e fósforo são mais elevadas, a quantidade de material em suspensão é alta e os teores de O₂ são reduzidos. De fato, a ACC evidenciou uma relação positiva entre densidade de náuplios e as variáveis indicadoras de poluição orgânica no verão. Attayde e Bozelli (1998), utilizando a mesma análise, demonstraram que a comunidade zooplanctônica de uma lagoa costeira do norte do Estado do Rio de Janeiro é influenciada pela salinidade e pela poluição orgânica. Sanches e Camargo (1995) observaram uma relação positiva entre densidade de formas jovens, especialmente náuplios, de organismos planctônicos e poluição orgânica em canais de mangue da ilha de Cananéia. Ramaiah e Nair (1997) verificaram um significativo aumento de biomassa e decréscimo de diversidade de espécies de copépodes em um local mais poluído do porto de Bombaim, na costa da Índia. Devido à poluição orgânica, as modificações na comunidade de copépodes, com aumento de biomassa e número de indivíduos especialmente jovens, se deve, provavelmente, à maior disponibilidade de alimentos. De fato, segundo Roff *et al.* (1995), náuplios de copépodes podem ser um elo intermediário entre a teia alimentar microbiológica e a “clássica” teia alimentar (“grazing”) entre fitoplâncton e zooplâncton. Assim, com a introdução de matéria orgânica dissolvida e particulada pelo lançamento de esgotos orgânicos, há um aumento da quantidade de bactérias e protozoários que, provavelmente, são uma importante fonte de alimento para as formas jovens de copépodes estuarinos.

Conclusão

A dinâmica temporal e espacial da comunidade zooplanctônica do estuário do rio Itanhaém é fortemente influenciada pela salinidade, como em estuários em geral. Entretanto, esse estuário apresenta baixos valores de salinidade e espécies zooplanctônicas típicas de ambientes oligialinos e de água doce. A poluição orgânica, em um canal secundário do estuário, modifica a estrutura da comunidade que se caracteriza pela maior abundância de formas jovens, especialmente náuplios de copépodes.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Flavignia da Rocha (Depto. de Zoologia, Instituto de Biociências, USP) pelo auxílio na identificação dos copépodes. Ao

técnico Carlos Fernando Sanches (Depto. de Ecologia, Instituto de Biociências, Unesp/Rio Claro) pelo auxílio nas coletas e nas análises físicas e químicas. À Fapesp pela concessão de bolsa de mestrado para o primeiro autor (processo 98/00478-6). Ao CNPq pelo apoio financeiro (proc. 520592/97-2). Aos dois consultores anônimos pela importante contribuição ao manuscrito.

Referências

- APHA, American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17. ed., Washington, D.C., 1989.
- ARA, K. *Variabilidade temporal e produção dos copépodos no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil*. 1998. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- ATTAYDE, J. L.; BOZELLI, R. L. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradient by canonical correspondence analysis. *Can. J. Fish. Aquat.*, Ottawa, v.55, p.1789-1797, 1998.
- BJÖRNBERG, T. K. S. Copepoda. in Boltovskoy, D. Atlas del Zooplâncton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con zooplâncton marino. Demetrio, editor. Publicación del Instituto Nacional de Investigacion y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Ministerio de Comercio e Intereses Marítimos, Subsecretaria de Intereses Marítimos, República Argentina; páginas I-XXX + 1 -936, figuras-1 270, 1981.
- BONECKER, S. L. C. *Dinâmica do zooplâncton no sistema Estuarino do Rio Mucuri (BA)*. 1995. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- CAMARGO, A. F. M. *et al.* Influence of physiography and human activity on limnological characteristics of lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, São Paulo, v.8, p.231-243, 1996.
- CAMARGO, A. F. M. *et al.* The influence of geology on limnological characteristics of some lotic ecosystems of the Itanhaém River Basin, SP-Brazil. *Verh. Int. Verein Limnol.*, Stuttgart, v.26, p.860-864, 1997.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; TUNDISI, J. G. Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal. *Rev. Bras. Oceanogr.*, São Paulo, v.44, n.1, p.23-33, 1996.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- GOLTERMAN, H. C. *et al.* Methods for physical and chemical analysis of fresh water 2. ed. Oxford: IBP, 1978.
- HOFFMEYER, M. S. Seasonal succession of copepoda in the Bahía Blanca Estuary. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.292/293, 1994, p.303-308.
- KOROLEFF, F., Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.), *Methods of seawater analysis*. New York: Verlag Chemie, p.289-303, 1976.

- LANSAC-TÓHA, F. A.; LIMA A. F. Ecologia do zooplâncton do estuário do Rio Una do Prelado (São Paulo, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, São Paulo, v.6, p.82-96, 1993.
- LOPES, R. M. Zooplankton distribution in the Guaraú River estuary (South - eastern Brazil). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, London, v.39, p.287-302, 1994.
- LOPES, R. M. *et al.* Zooplankton seasonality in Rio Verde estuary (Juréia, São Paulo, Brazil). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, Bondy, v.19, n.3-4, p.207-214, 1986.
- MACKERETH, F. J. H. *et al.* *Water analysis: some revised methods for limnologist*. Freshwater Biological Association, Scientific Publication, 36, 1978.
- MALLIN, M. A. zooplankton abundance and community structure in a mesohaline North Carolina Estuary. *Estuaries*, Lawrence. v.14 n.4, p.481-488, 1991
- PEREIRA, L. A. *Análise ambiental da bacia do Rio Itanhaém baseada na relação entre os aspectos limnológicos com fisiografia, uso da terra e sistema hidrológico –SP*. 2002. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.
- RAMAIAH, N.; NAIR, V. R. Distribution and abundance of copepod in the pollution gradient zones of Bombay Harbour-Thana creek-bassein creek, West Coast of India. *Indian J. Mar. Sci.*, New Delhi, v.26, p.20-25, 1997.
- ROFF, J. C. *et al.* Bacterivory by tropical copepod nauplii: extent and possible significance. *Aquat. Microb. Ecol.*, v.9, p.165-175, 1995.
- SANCHES, A. K.; CAMARGO, A. F. M. Efeitos da poluição orgânica em um ambiente de mangue da ilha de Cananéia: Evidências a partir de variáveis físico-químicas e composição do zooplâncton. *Naturalia*, São Paulo, v.20, p.125-133, 1995.
- SAS. User's Guide, Version 6 (4th edition), Cary: SAS Institute Incorporated, NC, 1990.
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, New York, v.67, p.1167-1179, 1986.
- UYE, S. Replacement of large copepods by small ones with eutrophication of embayments: cause and consequence. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.292/293, p.513-519, 1994.
- ZAR, J. H. *Bioestatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

Received on August 14, 2003.

Accepted on February 10, 2004.