

**14. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E ZOOPLANCTÔNICA ..... 1**

14.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
14.1.1. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	1
14.1.2. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	2
14.2. METODOLOGIA.....	3
14.2.1. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	5
14.2.2. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	6
14.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ANO DE 2010 E NO 1º SEMESTRE DE 2011:.....	8
14.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
14.4.1. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	11
14.4.2. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA.....	23
14.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
14.6. CRONOGRAMA .....	52
14.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
14.8. EQUIPE TÉCNICA.....	56
14.9. ANEXOS .....	56

## **14. Programa de Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica e Zooplanctônica**

### **14.1. Introdução e Objetivos**

#### **14.1.1. Comunidade Fitoplanctônica**

Os organismos do fitoplâncton constituem fonte vital de energia como produtores primários e alimento para o ecossistema aquático. Através do processo de fotossíntese, são responsáveis pela fixação de cerca de 50% da fixação do carbono do planeta. Devido à sua importância ecológica e rápido ciclo de vida, são considerados bons indicadores de estresse ambiental.

A composição físico-química do meio é um fator de grande influência sobre a distribuição, reprodução e crescimento do fitoplâncton, podendo promover indesejáveis florações ou limitar certas espécies (Vidotti & Rollemberg, 2004). Estas florações são caracterizadas por um aumento repentino do número de células de uma espécie ou um grupo de espécies.

Os ecossistemas estuarinos são caracterizados por seu ambiente dinâmico, onde a entrada de nutrientes oriundos da descarga de água doce da parte interna dos estuários favorece um ambiente de alta produtividade (Miranda *et al.* 2002).

Dependendo da época do ano, regimes de marés e pluviométricos, os gradientes salinos gerados vão determinar a composição da flora e a produção primária local, pela substituição das espécies, uma vez que seu crescimento é controlado por fatores como fluxo de correntes, tolerância à salinidade, intensidade de luz, concentração de nutrientes e predação (Ferreira *et al.*, 2005).

Moser, *et al.* (2012) concluíram que as mudanças do microfitoplâncton na Baía de Santos não obedecem a padrões sazonais, e sim eventos episódicos relacionados principalmente com a direção e velocidade dos ventos, marés e regime pluviométrico. Assim a ocorrência de ventos fortes de Sudeste, como nos casos de entrada de frente fria, aumentaria a energia da baía, e da zona de surf, condições propícias para o florescimento de *Asterionellopsis glacialis*; enquanto

que ventos fortes de N-NE aumentariam a densidade de *Skeletonema costatum*. Os dinoflagelados, como a exemplo de *Dinophysis acuminata*, seriam favorecidos quando houvesse forte descarga fluvial eutrofizada pela ação antrópica para a baía.

As atividades de dragagem, mesmo que necessárias, causam impacto direto no fitoplâncton, primeiramente pela mudança na circulação hidrodinâmica do estuário, por ressuspensão de sedimentos, cistos e nutrientes do fundo para a coluna de água.

O objetivo deste estudo é comparar as mudanças ocorridas na comunidade fitoplanctônica do estuário de Santos, no período de estudo, e tentar avaliar quais foram os fatores responsáveis.

#### **14.1.2. Comunidade Zooplanctônica**

Os organismos zooplanctônicos possuem um papel central na trama trófica de ecossistemas costeiros e estuarinos, como consumidores, presas e competidores, e sua atividade metabólica tem importantes implicações para a ciclagem de compostos orgânicos e inorgânicos na coluna de água. Várias espécies de crustáceos e de peixes utilizam os estuários como zonas de berçário e crescimento e em muitos casos ocorrem no zooplâncton sob a forma de ovos e larvas. Além disto, o recrutamento de muitas espécies de importância econômica depende da disponibilidade adequada de alimento planctônico. Muitas forçantes físicas e químicas atuam sobre o zooplâncton, com reflexos diretos (retenção, advecção, mortalidade) e indiretos (disponibilidade de alimento, predação, competição por espaço ou recursos) sobre a produtividade e a variabilidade espacial e temporal do ecossistema.

Alterações na qualidade ambiental dos sistemas estuarinos podem afetar os organismos zooplanctônicos. Entre os impactos mais importantes estão as mudanças na circulação da água nas áreas de influência de empreendimentos portuários. Alterações na magnitude e nos padrões espaciais e temporais das correntes estuarinas podem afetar o deslocamento passivo e ativo (por migração vertical) do zooplâncton. Estas mudanças na circulação podem gerar impactos

sobre parâmetros físicos e químicos da água, como a salinidade e a turbidez. Caso estes impactos sejam significativos, causam a desestruturação de associações de espécies nas áreas de influência direta e indireta do complexo do porto e, em alguns casos, sua substituição por outras. A atividade portuária pode ainda contribuir para a introdução de contaminantes orgânicos e inorgânicos no ecossistema aquático, com consequências para os processos biogeoquímicos envolvendo o zooplâncton. Não menos relevante é a possibilidade de introdução de espécies exóticas pelo vetor do transporte marítimo, incluindo a água de lastro e a bioincrustação, neste caso de organismos bentônicos que produzem larvas meroplanctônicas.

O objetivo deste estudo é comparar as mudanças ocorridas na comunidade zooplanctônica do estuário de Santos, no período de estudo, e tentar avaliar quais foram os fatores responsáveis.

## **14.2. Metodologia**

Para a avaliação da Comunidade de fitoplâncton e de zooplâncton, foram realizadas coletas em janeiro (Campanha Prévia - verão) e julho de 2010 (1ª Campanha - inverno), janeiro de 2011 (2ª Campanha – verão) e novembro de 2011 (3ª Campanha - primavera). A rede amostral do programa em questão é composta por um total de 50 pontos de coleta, sendo 40 pontos coincidentes ao estudo do meio biótico do EIA/RIMA (FRF, 2008) e 10 pontos adicionais na área dragada (meio do canal), conforme a Figura 14.2-1. Assim, o monitoramento deve ocorrer em toda a área diretamente afetada (ADA) e área de influência direta (AID) da obra de dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, em pontos amostrados coincidentes aos do diagnóstico do meio biótico apresentado no EIA/RIMA (FRF, 2008).

Neste relatório são descritos os resultados da Campanha III e integrados os resultados das quatro campanhas (Campanha Prévia, I, II e III) executadas até o momento.

Figura 14.2-1. Indicação dos 50 pontos amostrais das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Em amarelo os pontos indicados pelo EIA/RIMA (FRF, 2008) e em azul os pontos adicionais na área dragada.

### 14.2.1. Comunidade Fitoplanctônica

As amostras foram coletadas e imediatamente fixadas com solução de formalina neutralizada com hexametileno tetramina (0,4% concentração final). Para a contagem e identificação dos organismos do fitoplâncton, foram utilizadas câmaras de sedimentação com volume de 10 ml, com 24 horas de sedimentação. Após esse tempo, a cubeta foi levada ao microscópio invertido (Zeiss - axiovert), segundo o método de Uthermöhl (1931 a, b). Para as frações do nanoplâncton (< que 20µm), a contagem foi feita em transectos com aumento final de 400X e do microfitoplâncton (> que 20µm) em toda a câmara com aumento final de 200X. Os resultados apresentaram a densidade celular total expressa em cel.l<sup>-1</sup>. A identificação de dinoflagelados atecados (sem placas de celulose), como exemplo dos Gymnodiniales, foi feita após contagem em lâmina com imersão (1.600X de magnitude) para observar detalhes da estrutura. Para os dinoflagelados com placas de celulose, os indivíduos foram corados e as placas observadas também em 1.600X de magnitude. A identificação foi em nível de espécie quando possível seguindo as literaturas: Bicudo & Menezes (2006); Thomas (1997); Balech, *et al.* (1984); Caljon (1983); Elster & Ohle (1983); Dodge (1982). A ordem hierárquica seguiu a classificação no *algaebase* ([www.algaebase.org/](http://www.algaebase.org/)).

A estrutura da comunidade e a comparação entre os pontos de coleta foram dadas por meio dos cálculos de riqueza, índice de diversidade específica segundo Shannon-Wiener (H') (1948) e equitabilidade (J).

**Riqueza (S):** A riqueza foi estimada a partir do número de táxons encontrados em cada amostra.

**Índice de Diversidade de Shanon (H'):**

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i, \text{ sendo } p_i = N_i/N \text{ total}$$

Onde:

p<sub>i</sub>- Abundância relativa de gêneros/espécies;

N<sub>i</sub>- densidade de indivíduos de um dado gênero ou espécie (fitoplâncton);

N total- densidade total de organismos fitoplanctônicos.

**Equitabilidade (J):** calculada a partir do H' através da seguinte equação:

$$J = H' / \log_2 S$$

J- Equitabilidade

H'- índice de diversidade de Shannon-Weaver;

S- Riqueza específica

Para avaliar a similaridade entre os pontos e os quatro períodos de coleta, foram aplicados os testes ANOSIM e SIMPER com a utilização do PRIMER na matriz de dados (Espécies X Ponto de Coleta), utilizando a matriz de dados de todos os períodos amostrados (verão e inverno de 2010; verão e primavera de 2011).

#### **14.2.2. Comunidade Zooplanctônica**

Durante a coleta foi utilizada uma rede cônico-cilíndrica, com 40 cm de diâmetro interno, 1,76 m de comprimento e malha de 200 µm. Na boca da rede, foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics), devidamente calibrado, para a estimativa do volume filtrado pela rede durante os arrastos horizontais com duração de 3 minutos cada.

As amostras foram transferidas para frascos apropriados e preservadas em solução salina de formaldeído a 4%, tamponada.

O cálculo do volume de água filtrado nos arrastos foi feito de acordo com a seguinte expressão:

$$V = a * n * c$$

Onde:

V = volume de água filtrada pela rede (m<sup>3</sup>);

a = área da boca da rede (m<sup>2</sup>);

n = número de rotações do fluxômetro durante o arrasto;

c = taxa de calibração do fluxômetro (rotações por metro).

No laboratório, as amostras de zooplâncton foram fracionadas utilizando um quarteador do tipo Motoda (Motoda, 1959). As alíquotas, com no mínimo 300 organismos (Omori & Ikeda, 1984), foram analisadas sob estereomicroscópio binocular até o nível de gênero ou espécie para os organismos do holoplâncton e em grandes grupos para o meroplâncton. A identificação dos organismos do zooplâncton foi baseada nas seguintes referências: Todd *et al.* (1996), Boltovskoy (1981) e Boltovskoy (1999).

O cálculo do número de indivíduos por metro cúbico de água foi feito dividindo-se o número total de organismos encontrados para cada táxon identificado, pelo volume de água filtrado pela rede em cada ponto de coleta.

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson foram calculados para cada ponto de coleta e separadamente para os organismos do holoplâncton e do meroplâncton/ticoplâncton.

O índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) mede o grau de incerteza em se prever a qual espécie pertencerá um indivíduo escolhido ao acaso. Portanto, quanto maior o valor, maior o grau de incerteza e em uma comunidade com somente uma espécie não há dúvidas quanto à qual espécie pertence um indivíduo retirado ao acaso, sendo então  $H' = 0$ . Em outras palavras, quanto maior o valor deste índice, maior a diversidade. O valor do índice de Shannon aumenta com o aumento do número de espécies e teoricamente pode atingir qualquer valor máximo, mas, na prática, valores maiores do que 5 são raros. A base logarítmica proposta inicialmente é  $\log_2$  por sua relação com a Teoria da Informação (Krebs, 1999).

A obtenção deste índice para os pontos de coleta do presente estudo se deu a partir da seguinte fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i) * (\log_2 p_i)$$

Onde:

$H'$  = índice de diversidade (bits/indivíduo)

$s$  = número de espécies

$p_i$  = proporção da espécie  $i$  na amostra

O índice de Simpson indica o grau de dominância existente em uma comunidade. Reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie. Varia de 0 a 1 e quanto mais alto for, maior a probabilidade dos dois indivíduos sorteados serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade. É calculado da seguinte maneira:

$$SI = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Onde:

s = número de espécies

$p_i$  = proporção da espécie  $i$  na amostra

Para a análise de ordenação não-métrica multidimensional (N-MDS) as matrizes de dados de densidade do zooplâncton para cada campanha foi reduzida para 60 taxa, retirando da análise aqueles que ocorreram em 8% ou menos dos 50 pontos de coleta. Os dados de densidade foram transformados pela raiz quadrada e o índice de similaridade utilizado foi o de Bray-Curtis.

### **14.3. Atividades desenvolvidas no ano de 2010 e no 1º semestre de 2011:**

#### **14.3.1. Comunidade Fitoplanctônica**

Foram realizadas coletas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia – verão), julho de 2010 (1ª Campanha - inverno) e janeiro de 2011 (2ª Campanha – verão).

Nas três campanhas realizadas, o fitoplâncton no sistema estuarino de Santos-Bertioga foi composto por espécies marinhas, estuarinas e de água doce, dominadas pelas frações do nanoplâncton (células entre 2µm e 20µm). A distribuição destas espécies foi condicionada pelo regime hidrográfico e sua influência sobre a variação da salinidade. Gêneros característicos de ambientes de água doce foram registrados, como *Desmosdemium*, *Scenesdesmus*,

*Ankistrodesmus* e *Pediastrum*, em diferentes abundâncias e frequências para cada período. Espécies bentônicas e meroplânctônicas (ticopelágicas) de fitoplâncton foram encontradas na coluna de água, indicando processos de ressuspensão de fundo. Estas observações podem ser resultado da entrada de frentes, provocando maior cisalhamento do vento, ou da maior influência de ventos em áreas mais rasas do canal. Espécies tóxicas ou potencialmente tóxicas de fitoplâncton, como as cianobactérias *Synechocystis*, *Anabaena*, *Cylindropermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardii*, os dinoflagelados *Karenia mikimotoi* e *Alexandrium tamarense* e as diatomáceas do complexo *Pseudonitzschia* foram registradas em todos os períodos.

A estrutura da comunidade do fitoplâncton foi variável em relação aos dois períodos de verão. Os índices ecológicos, em conjunto com as análises estatísticas, indicaram que no verão de 2011 o ambiente estava submetido a um estresse maior que no verão de 2010. A equitatividade da maioria das amostras esteve abaixo de 0,5 e a similaridade entre as amostras foi muito baixa.

As informações e resultados detalhados das campanhas de janeiro e julho de 2010 e de janeiro de 2011 podem ser encontrados, respectivamente, em Fundespa (2010 a, b) e Fundespa (2011).

Os dados comparativos de biomassa, número de táxons, índices de riqueza, diversidade e equitabilidade para as 4 coletas são apresentados na Tabela 14.3.1-1.

Tabela 14.3.1-1. Dados comparativos de biomassa, número de táxons, índices de riqueza, diversidade e equitabilidade do fitoplâncton para as coletas de verão e inverno de 2010 e verão e primavera de 2011.

	Verão 2010	Inverno 2010	Verão 2011	Primavera 2011
Biomassa (cel/l)	1,55 x 10 <sup>6</sup> a 22,2 x 10 <sup>6</sup>	6,29 x 10 <sup>5</sup> a 7,94 x 10 <sup>6</sup>	2,1 x 10 <sup>6</sup> a 4,3 x 10 <sup>7</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup> a 6,2 x 10 <sup>7</sup>
Táxons	281	244	171	186
Riqueza	16 a 62	9,0 a 42,0	9,0 a 41,0	7 a 44
Diversidade (bits/ind)	0,6 a 2,0	0,7 a 2,7	0,2 a 2,3	0,01 a 0,86
Equitabilidade	0,14 a 0,70	0,2 a 0,8	0,07 a 0,60	0,004 a 0,240

### 14.3.2. Comunidade Zooplanctônica

Foram realizadas coletas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia – verão), julho de 2010 (1ª Campanha - inverno) e janeiro de 2011 (2ª Campanha – verão).

Os resultados das campanhas indicaram uma comunidade zooplanctônica típica de ambientes estuarinos, dominada por espécies de copépodes marinho-eurihalinas e, secundariamente, por espécies oligohalinas. Estas últimas tiveram importância para a composição e a densidade do zooplâncton durante os dois períodos de verão, de maior pluviosidade, ou seja, quando o aporte de água continental no estuário é mais intenso, coincidindo com as observações do fitoplâncton. Várias espécies de copépodes e de cladóceros oligohalinas e de água doce foram detectadas pela primeira vez neste complexo estuarino, com maiores abundâncias na fase de pré-dragagem. As larvas meroplanctônicas, representadas principalmente por náuplios de cirripédios e zoeas de braquiúros, foram mais abundantes no inverno. Estas diferenças sazonais foram representadas quantitativamente nas análises estatísticas executadas com os dados de densidade dos táxons mais frequentes.

Os dados obtidos foram comparáveis com os resultados do EIA-RIMA em relação à abundância total do zooplâncton e à dominância de *Copepoda*, mas houve diferenças em alguns aspectos mais específicos. Entre estes, se destacam as baixas proporções de grupos holo- e meroplanctônicos (exceto *Copepoda*) nas coletas de verão e a presença das espécies de água doce no mesmo período.

As informações e resultados detalhados das campanhas de janeiro e julho de 2010 e de janeiro de 2011 podem ser encontrados, respectivamente, nos relatórios Fundespa (2010 a, b) e Fundespa (2011).

## 14.4. Resultados e Discussão

### 14.4.1. Comunidade Fitoplanctônica

#### 3ª Campanha - Novembro de 2011

Foi registrado durante a 3ª campanha (primavera de 2011) um total de 186 táxons pertencentes aos filos *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Heterokontophyta* (*Diatomaceas*), *Myzozoa* (*Dinoflagellata*), *Euglenozoa*, *Sarcomastigophora*, *Charophyta*, *Chlorophyta*. O total geral das contagens e identificação do fitoplâncton nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011, estão apresentados no Anexo 14.9-1. As espécies encontradas durante esta campanha foram avaliadas com base na lista de espécies ameaçadas em âmbito estadual e federal, e não foi identificada nenhuma espécie com status ameaçado.

*Bacillariophyceae* foi a maior classe, representada por 119 espécies, seguida por *Dinophyceae* 20 espécies, *Chlorophyceae* 14 espécies e *Cianophyceae* com 12 espécies (Anexo 14.9-1).

A densidade do fitoplâncton para a maioria das amostras apresentou ordem de grandeza de  $10^7$  organismos por litro (org/l), uma ordem de grandeza maior que as registradas para as coletas nos períodos anteriores. O interior do estuário foi o mais abundante com  $6,2 \times 10^7$  org/l (P 35) e  $5,3 \times 10^7$  org/l (P 23). Os menores valores foram registrados para todas as amostras no Canal de Bertiooga variando de  $1,4 \times 10^6$  org/l (P 32) e  $1,9 \times 10^6$  org/l (P 34) (Figura 14.4.1-1).

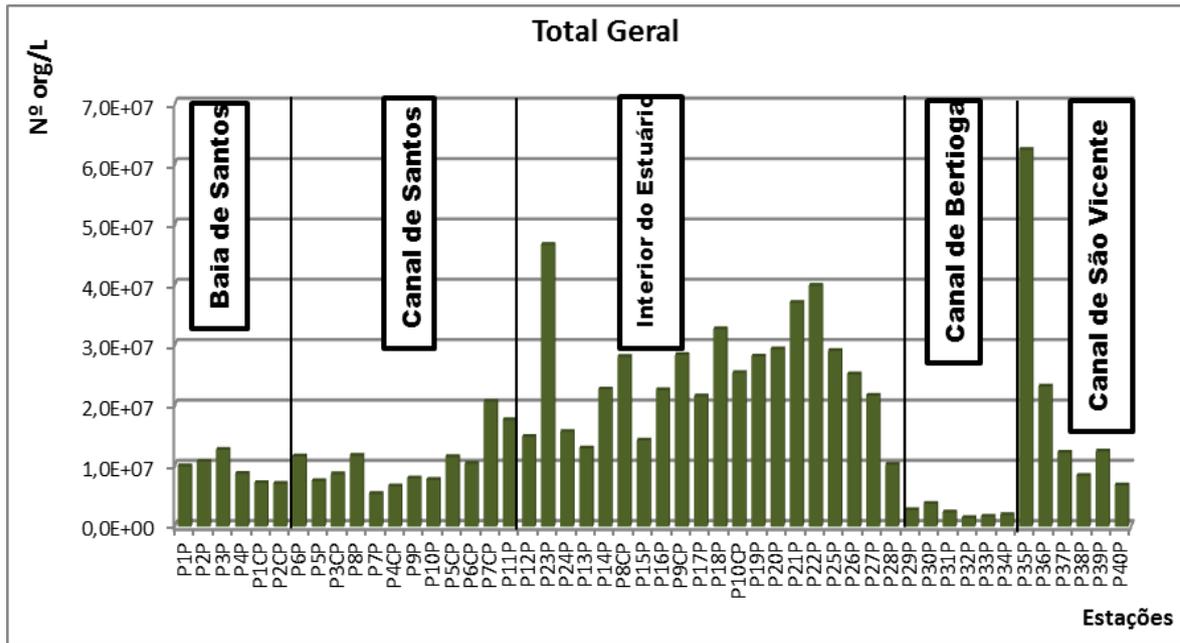


Figura 14.4.1-1. Abundância, em número de células por litro, do fitoplâncton total nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011, de acordo com região amostrada.

Em termos de tamanho, os organismos do nanoplâncton (células entre 2  $\mu\text{m}$  e 20  $\mu\text{m}$ ) foram os mais abundantes. Juntamente com os fitoflagelados, representaram quase a totalidade do fitoplâncton nas amostras no Canal de Bertioga e Canal de São Vicente (Figura 14.4.1-2).

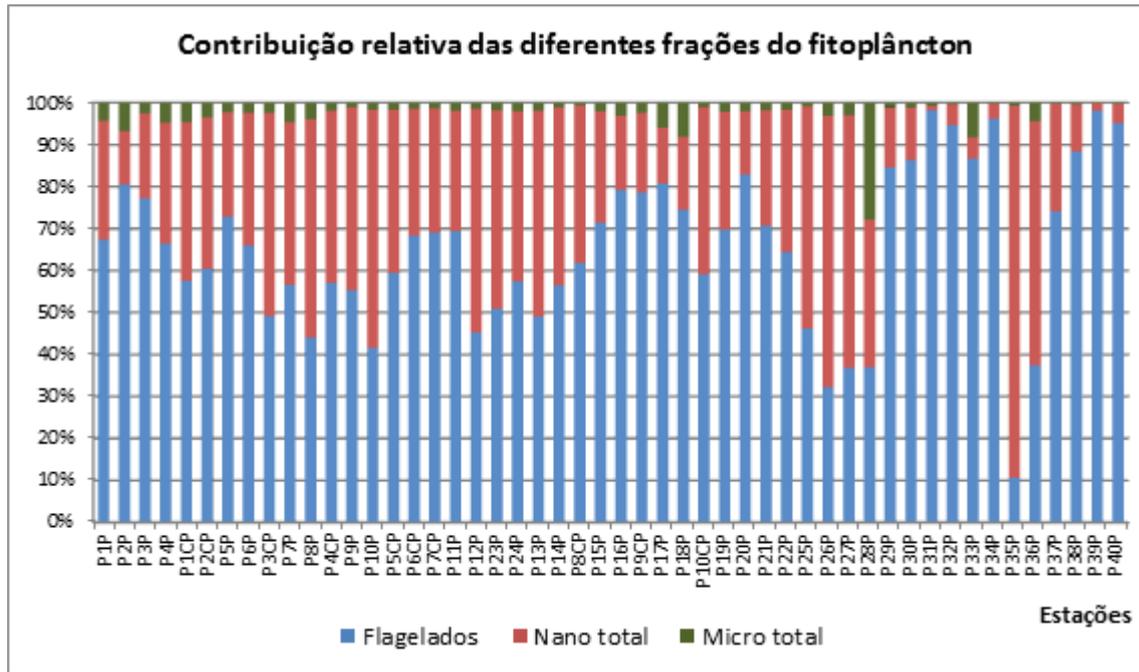


Figura 14.4.1-2. Contribuição relativa, das diferentes frações do fitoplâncton total, coletadas em novembro de 2011 nas 50 pontos de coleta, de acordo com a região amostrada.

No nanoplâncton, *Bacillariophyceae* foi a classe mais importante graças aos gêneros de *Chaetoceros*, *Skeletonema* e *Thalassiosira*, constituindo mais de 95% da população na maioria das estações. Esta representatividade diminui somente nos pontos de coleta dentro do Canal de Bertioga, com 82% (P 32) e 69% (P 33), onde *Dictyochophyceae*, *Cianophyceae* e *Sarcomastigophora* aumentaram sua contribuição (Figura 14.4.1-3).

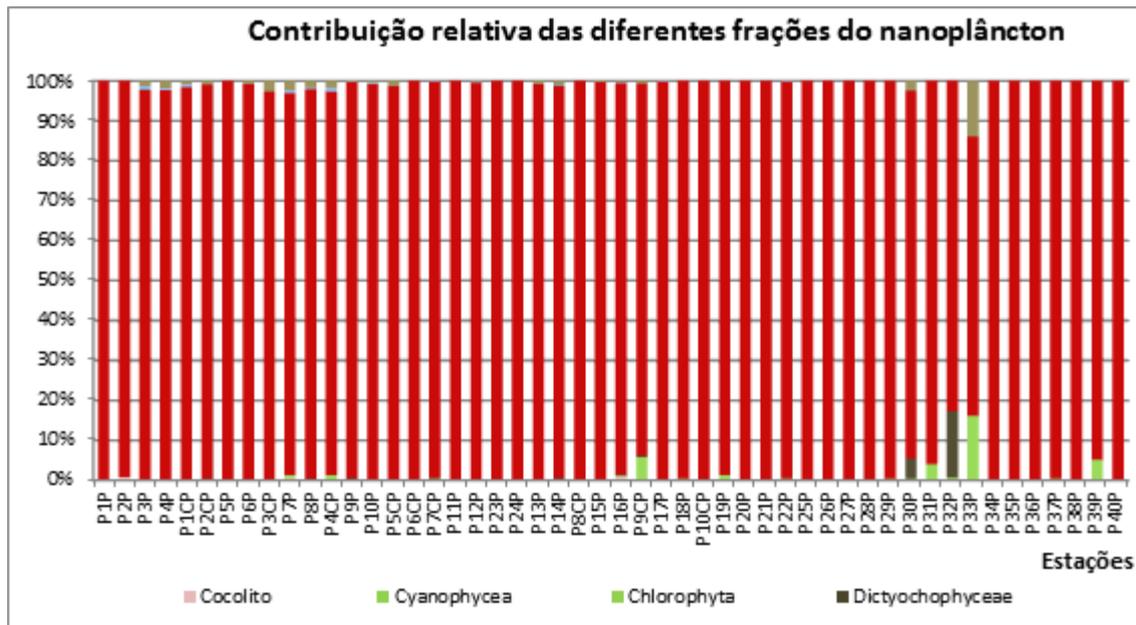


Figura 14.4.1-3. Contribuição relativa dos diferentes filos do nanoplâncton (tamanho entre 2 µm e 20µm) nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011.

*Chaetoceros socialis*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira pseudonana* e *Thalassiosira spp*, foram mais frequentes e representativas dentre as células de pequeno tamanho (entre 2 µm e 20 µm). No ponto de coleta P 35 (interior do estuário) a biomassa de *C. socialis* foi de  $5 \times 10^7$  org/l, número considerado como um florescimento em fase inicial. *S. costatum* foi frequente e abundante, com valor máximo de  $7 \times 10^6$  org/l, próximo ao Largo do Canéu (P 10C). *T. pseudonana* e as espécies incluídas dentro de *Thalassiosira spp*, foram também abundantes nos pontos de coleta no interior do estuário com  $4,5 \times 10^6$  org/l (P 23) e  $1,4 \times 10^6$  org/l (P 25). Os mínimos valores para *C. socialis* e *S. costatum* foram para o ponto de coleta no Canal de Bertioga (P 33), enquanto que para o gênero *Thalassiosira*, os menores valores foram no Canal de São Vicente.

As diatomáceas no microfitoplâncton foram representativas em todo o sistema estuarino, compondo 100% da fração maior (células entre 20 µm e 200 µm), no Canal de São Vicente (P 37). Menor importância para o grupo foi registrada no Canal de Bertioga (20% no P 32), devido à presença do ciliado autótrofo *Mesodinium rubrum* (30%), *dinoflagelados* (30%) e *euglenofíceas* 20% (Figura 14.4.1-4).

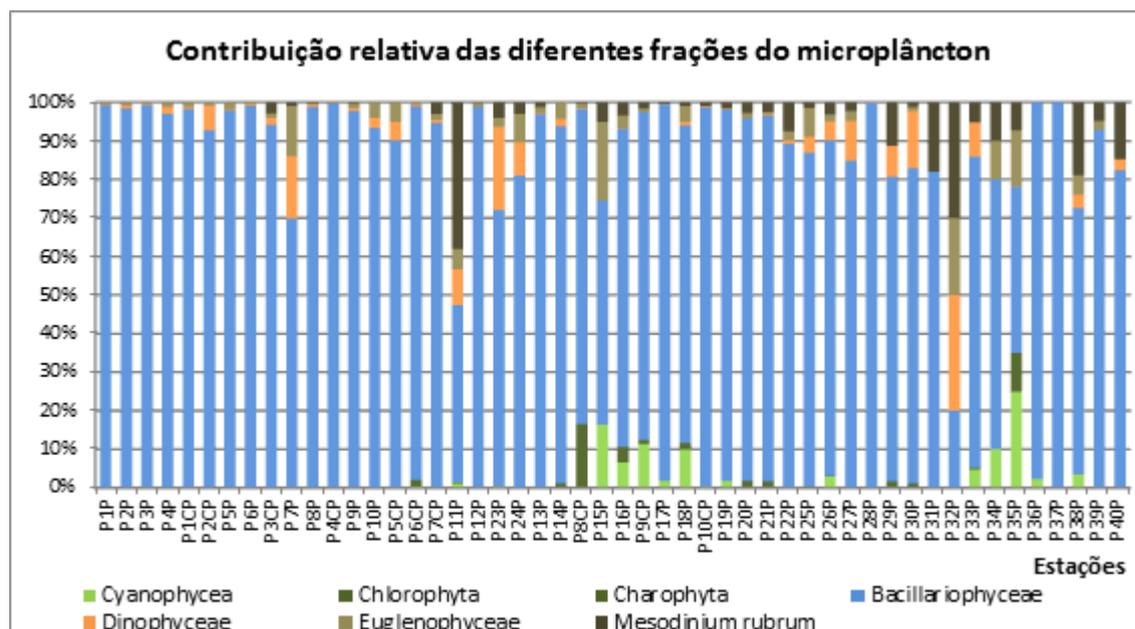


Figura 14.4.1-4. Contribuição relativa dos diferentes filós do microplâncton (tamanho entre 20µm e 200µm) nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011.

No microfítolplâncton as diatomáceas mais frequentes e abundantes foram *Cylindrotheca closterium* ( $2,8 \times 10^6$  org/l, P 28), *Asterionellopsis glacialis* ( $1,9 \times 10^5$  org/l, P 1), espécies incluídas dentro do Grupo das *Pseudonitzschia* ( $1,6 \times 10^5$  org/l), *Hemiaulus sinensis* ( $3,3 \times 10^4$  org/l, P 13) e *Thalassiosionema nitzschioide* com 2 picos, um no interior do estuário ( $2,5 \times 10^4$  org/l, P 25) e outro na Baía de Santos ( $2,3 \times 10^4$  org/l, P 1).

As espécies registradas dentro do grupo dinoflagelado foram pouco frequentes neste período. Vale ressaltar a presença de *Alexandrium fraterculus* ( $1,2 \times 10^4$  org/l, P 11), e *Gymnodinium breve* ( $1,2 \times 10^4$  org/l, P 23).

*Mesodinium rubrum*, esteve presente nas amostras do interior do estuário e interior dos canais de Bertioga e São Vicente com máxima abundância no P 11 ( $1,1 \times 10^5$  org/l).

Gêneros indicadores de águas menos salinas como *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* e *Aulacoseira*, entre outros, estiveram presentes, em estações bem interiores com salinidade abaixo de 26,8.

A riqueza específica apresentou valores mais elevados nas amostras da Baía de Santos e interior do estuário (44 espécies, P 2 e P 11) diminuindo em

direção ao interior do Canal de Bertioga com o menor índice no ponto de coleta P 31 (7 espécies) (Figura 14.4.1-5).

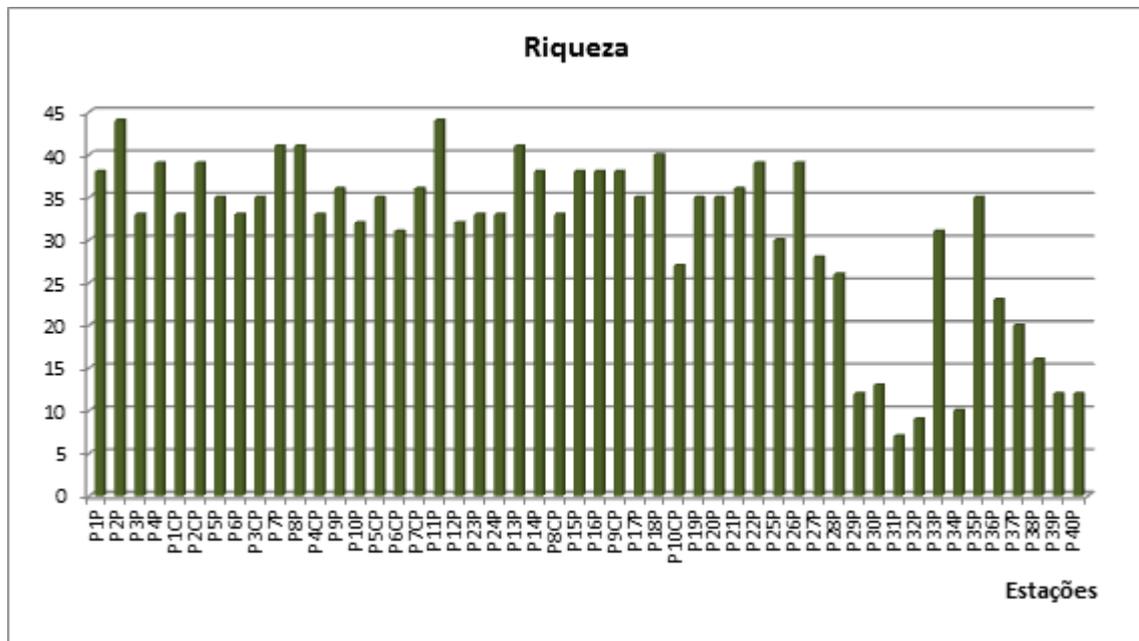


Figura 14.4.1-5. Riqueza específica (táxons) do fitoplâncton registrada para as 50 amostras coletadas em novembro de 2011 de acordo com o local de coleta.

Os valores de diversidade ( $H'$ ) nas amostras da primavera estiveram todos abaixo de 1, a maior diversidade foi de 0,86 bits/ind no ponto de coleta P 35, valores  $< 1$  bit/ind são considerados baixos. Mais uma vez os menores valores foram registrados para as amostras no Canal de Bertioga e no início do Canal de São Vicente (0,01 nos pontos de coleta P 31 e P 39 e 0,03 na P 40) (Figura 14.4.1-6)

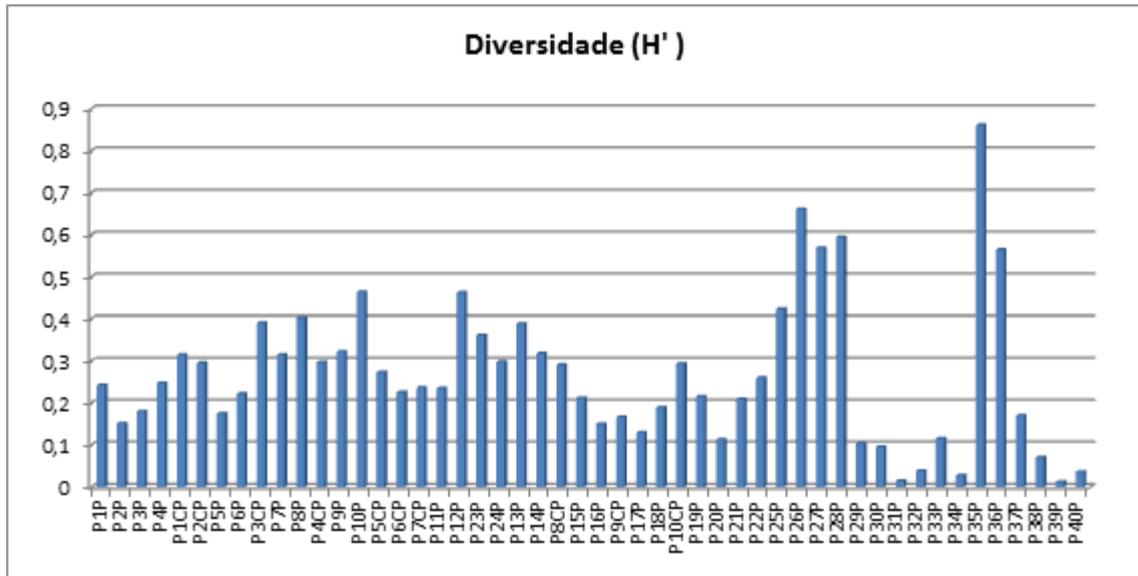


Figura 14.4.1-6. Diversidade específica do fitoplâncton nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011, de acordo com o local de coleta.

A equitabilidade ( $J'$ ), assim como a diversidade, apresentou valores muito baixos. Em todo o estuário a variação foi de 0,004 (P 39) a 0,24 (P 35), o que indica baixa diversidade em todas as amostras, quando comparada a diversidade total (Figura 14.4.1-7).

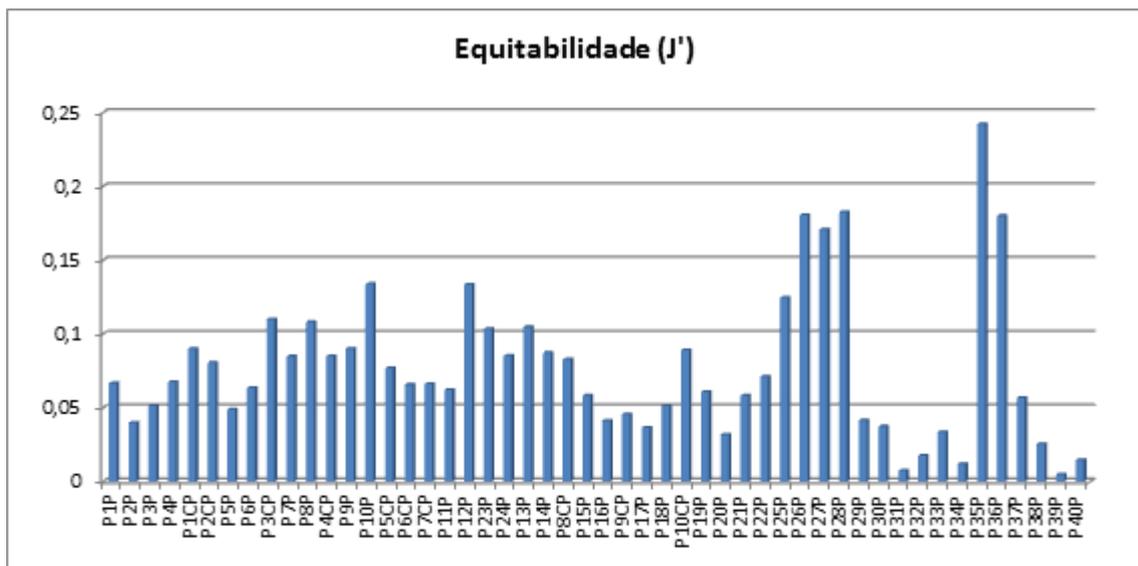


Figura 14.4.1-7. Equitabilidade nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011, de acordo com o local de coleta.

A variação da temperatura de superfície para este período foi de 22°C a 24,7°C, bem mais amenas que as encontradas nos períodos anteriores. A salinidade também foi mais constante na entrada da baía e dentro do Canal de Santos (variando de 31,6 a 28,9), no interior do estuário, a salinidade diminui somente nas estações bem próximas à desembocadura dos rios. No Canal de Bertioga e de São Vicente as salinidades ficaram abaixo de 26,2 (Figura 14.4.1-8).

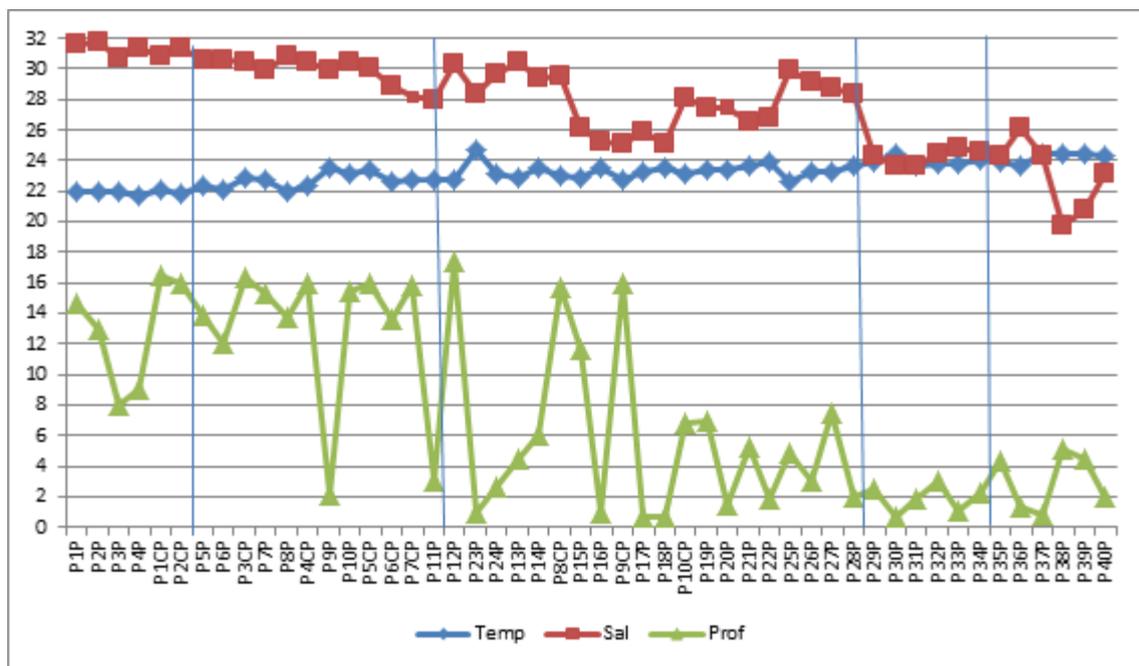


Figura 14.4.1-8. Variação da temperatura, salinidade e profundidade nas 50 amostras coletadas em novembro de 2011, de acordo com o local de coleta.

A campanha de novembro de 2011 apresentou um maior número de táxons se comparado com os dados obtidos no EIA-RIMA e de maneira geral a densidade de organismos registrada nesta campanha apresentou uma ordem de grandeza a mais que a observada no EIA.

## Considerações sobre o período da primavera

A comunidade fitoplanctônica neste período foi composta principalmente, por espécies características de águas marinhas costeiras e estuarinas. A representação de espécies lacustres ficou restrita aos pontos de coleta rasos e de salinidades abaixo de 26.

Segundo Margalef (1978), a combinação entre nutrientes e turbulências determina a composição do fitoplâncton. Diatomáceas (K estrategistas) necessitam de locais com alto nível de nutrientes e turbulência e os dinoflagelados (R-estrategista) são tolerantes a estresse. Os cocolitoforídeos se desenvolvem em águas estáveis e com pouco nutriente.

A alta dominância das diatomáceas do nanoplâncton em quase todo o estuário, poucos registros de dinoflagelados e a quase ausência de cocolitoforídeos nos leva a sugerir um ambiente com turbulência em quase todo o estuário com concentrações de nutrientes capazes de manter uma alta biomassa.

A distribuição espacial das espécies dentro do sistema estuarino foi determinada pela interação entre a salinidade, circulação e profundidade local. Da entrada do canal até o interior do estuário, exceto para as estações nas desembocaduras dos rios, a salinidade se manteve praticamente a mesma, sugerindo uma mesma massa de água. Outro fator que contribuiu como indicador do aporte de águas marinhas ao interior do estuário foi a presença das espécies de diatomáceas *Coscinodiscus centralis*, *Chaetoceros lorenzianus* e *Hemiaulus sinensis*.

A diversidade específica em regiões tropicais é diretamente relacionada aos mecanismos que reagem a uma contínua interação entre comunidades de diferentes corpos d'água, e também entre aqueles limitados por nutrientes. Quando os nutrientes estão disponíveis para o desenvolvimento, células de pequeno tamanho são as primeiras a responder (Lacerda *et al.* 2004).

Nas coletas de primavera, embora o índice de riqueza tenha sido semelhante aos períodos anteriores, a alta densidade das diatomáceas do nanoplâncton como *Chaetoceros socialis*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira*

*pseudonana* e *Thalassiosira spp.*, juntamente com os fitoflagelados foram os responsáveis pelos baixos índices de diversidade e equitatividade.

## Florescimento

Embora eventos de florescimento sejam comuns em estuários, vale ressaltar, nas amostras de primavera, a presença das espécies *Alexandrium fraterculus* e *Gymnodinium breve*.

O gênero *Alexandrium* é conhecido por ser um produtor de saxitoxina, uma toxina responsável pela Síndrome paralisante pelo consumo de moluscos (PSP- *Paralytic Shellfish Poisoning*) (Harlegraeff, 2003).

O primeiro *bloom* de *A. fraterculus* no Brasil, com concentrações acima de  $10^3$  cels/l, foi registrado em Itajaí no ano de 2004, por meio de um programa de monitoramento semanal para identificação do fitoplâncton tóxico ou potencialmente tóxico da UNIVALE (Omachi *et al.*, 2007).

No presente trabalho a espécie *A. fraterculus* se distribuiu entre temperaturas mínimas de 21,7 °C e máximas de 23,4 °C e salinidades entre 28 e 31. As menores temperaturas apresentadas neste período poderiam explicar a presença de *A. fraterculus* ao invés de *A. tamarense*. Segundo o trabalho de Miotto (2011), *Alexandrium fraterculus* é muito comum nas amostras de Santa Catarina, ocorrendo principalmente no período de outono e inverno, quando as temperaturas estão mais baixas, a presença da espécie esteve associada às temperaturas entre 16 °C e 28,2 °C e salinidades entre 23 e 34,8.

*G. breve* embora tenha apresentado biomassa elevada no interior do estuário ( $10^4$ ), dados encontrados na literatura, consideram florescimento valores acima de  $10^5$  cel/l.

## Estatística

O teste ANOSIM aplicado para o estudo, considerando os quatro períodos de coleta, apontou diferença estatística entre os períodos de coleta com valores de R superiores a 0,86 para  $p=0,001$  (Tabela 14.4.1-1).

Este teste possui valores entre (-1) (0) (+1). Quando o resultado é zero significa que as amostras são iguais; (1) que as amostras são totalmente diferentes e (-1) que a diferença encontrada entre as estações do mesmo período são maiores que a diferença entre os períodos.

Tabela 14.4.1-1. Resultado teste ANOSIM, com valores de R para as quatro coletas.

<b>TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN Campanha GROUPS</b>		
(across all Area groups)		
Global Test		
<b>Sample statistic (Global R): 0,909</b>		
<b>Significance level of sample statistic: 0,1%</b>		
Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)		
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0		
<b>Pairwise Tests</b>		
<b>Groups</b>	<b>R Statistic</b>	<b>Significance Level %</b>
1, 2	0,916	0,1
1, 3	0,877	0,1
1, 4	0,988	0,1
2, 3	0,861	0,1
2, 4	0,966	0,1
3, 4	0,881	0,1

O resultado mostrou claramente a diferença sazonal, bem definida, entre o verão de 2010 (azul), inverno de 2010 (verde) e a primavera de 2011 (rosa), principalmente para as amostras coletadas na Baía, no Canal de Santos e Meio do Canal. As amostras do interior do estuário (à esquerda) e interna (à direita do estuário), não mostraram similaridades com as citadas anteriormente exceto para a primavera, o que nos leva a hipótese de que, neste período, a mesma massa de água que entra no Canal de Santos chega até o interior do estuário, o que não ocorreu em outros períodos, devido à menor pluviosidade ou pelo aumento do fluxo dentro do canal, como consequência do aumento da profundidade pela dragagem de aprofundamento (Figura 14.4.1-9).

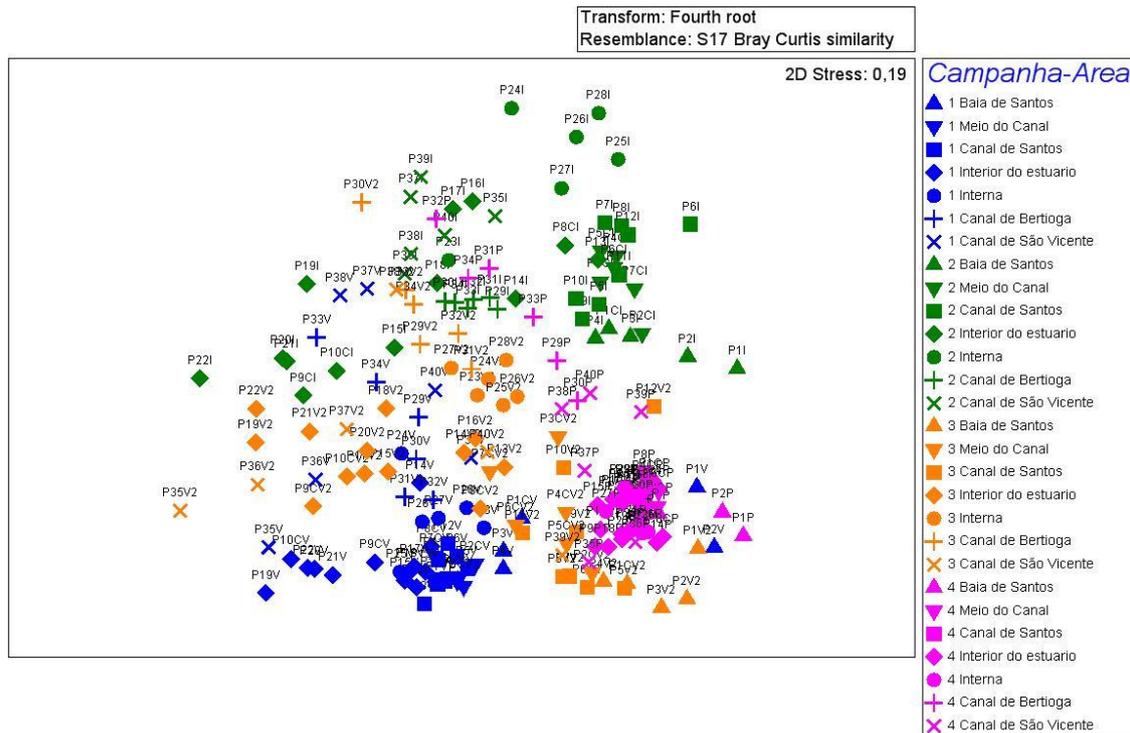


Figura 14.4.1-9. Resultado MDS. Similaridade Bray Curtis. Amostras coletadas no verão de 2010 (azul, 1); inverno de 2010 (verde, 2); Verão de 2011 (laranja, 3) e primavera (rosa, 4) de 2011 de acordo com a área coletada.

Além dos flagelados, as abundâncias de *Skeletonema costatum*, *Thalassionema pseudonana*, *Chaetoceros socialis*, *Lithodesmium undulatum*, *Cylindrotheca closterium*, *Cylindropermopsis raciborskii*, *Microcystis*, *Calycomonas* e *Euglenophyceae* foram os responsáveis por mais de 52% de similaridade dentro de cada grupo.

Não houve uma distribuição definida entre as amostras no verão de 2011. A presença de muitas espécies bentônicas e ticopelágicas, trazidas à coluna d'água pelo processo de ressuspensão, provocado pela dragagem de aprofundamento, passagem de navios ou entradas de frentes, resultaram em uma diminuição entre as similaridades com os demais pontos de coleta, tanto no mesmo quanto nos diferentes períodos amostrados.

## 14.4.2. Comunidade Zooplanctônica

### 3ª Campanha - Novembro de 2011

As identificações, realizadas até o nível de espécie para a maioria dos grupos holoplanctônicos, como Copepoda, Cladocera, Appendicularia e Chaetognatha (Tabela 14.4.2-1), confirmam os resultados das campanhas anteriores, de que a composição taxonômica do zooplâncton na região é similar a outros estuários do sudeste-sul do Brasil. A composição zooplanctônica pouco diferiu das campanhas anteriores. As espécies encontradas durante esta campanha foram avaliadas com base na lista de espécies ameaçadas em âmbito estadual e federal, e não foi identificada nenhuma espécie com status ameaçado.

A área de estudo foi caracterizada por espécies tipicamente estuarinas e marinho-eurihalinas, seguidas por espécies indicadoras de intrusão marinha, como os copépodes *Clausocalanus furcatus*, e *Subeucalanus pileatus* e algumas espécies de *Oikopleura* (Larvacea). Na campanha de novembro de 2011 não foi observada uma contribuição significativa de espécies indicadoras de águas continentais, como verificado nos mesmos na campanha de verão de 2010. Nesta campanha foi novamente identificado o copépode *Bestiolina* sp., da família Paracalanidae. Outro resultado importante para esta campanha foi a presença de espécimes de salpas (*Thalia democratica*), como indicadores adicionais da influência marinha no interior do estuário, somando-se a observação de valores de salinidade mais elevados no interior do estuário (Tabela 14.4.2-2).

Tabela 14.4.2-1. Lista de táxons zooplanctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de novembro de 2011.

---

<b>Filo Foraminifera</b>	<b>Subordem Cladocera</b>
<b>Filo Tintinnida</b>	<b>Família Podonidae</b>
	<i>Pseudevadne tergestina</i>
<b>Reino Animalia</b>	<i>Pleopsis</i> sp.
<b>Filo Cnidaria</b>	<b>Família Sididae</b>
<b>Classe Hydrozoa</b>	<i>Penilia avirostris</i>
Hidromedusas	<b>Classe Maxillopoda</b>
<b>Família Geryoniidae</b>	<b>Subclasse Copepoda</b>
<i>Liriope tetraphylla</i>	<b>Ordem Calanoida</b>
<b>Ordem Siphonophorae</b>	<b>não identificados</b>
<b>Ordem Leptothecata</b>	<b>Família Paracalanidae</b>
<b>Família Campanulariidae</b>	Copepoditos
<i>Clytia</i> sp.	<i>Parvocalanus crassirostris</i>
<i>Obelia</i> sp.	<i>Paracalanus indicus</i>
<b>Família Loveneliidae</b>	<i>Paracalanus parvus</i>
<i>Eucheilota</i> sp.	<i>Paracalanus quasimodo</i>
<b>Filo Annelida</b>	<i>Paracalanus aculeatus</i>
<b>Classe Polychaeta</b> (larvas)	<i>Paracalanus</i> spp.
<b>Filo Mollusca</b>	<i>Bestiolina</i> spp.
<b>Classe Gastropoda</b> (larvas)	<b>Família Clausocalanidae</b>
<b>Ordem Thecosomata</b>	<i>Clausocalanus furcatus</i>
<b>Família Cavoliniidae</b>	<b>Família Eucalanidae</b>
<b>Classe Bivalvia</b> (larvas)	<i>Subeucalanus pileatus</i>
<b>Filo Arthropoda</b>	<b>Família Calocalanidae</b>
<b>Subfilo Crustacea</b>	<i>Calocalanus</i> sp.
<b>Classe Malacostraca</b>	<i>Calocalanus pavoninus</i>
<b>Ordem Mysida</b>	<b>Família Centropagidae</b>
<b>Ordem Amphipoda</b>	<i>Centropages furcatus</i>
<b>Subordem Gammaridea</b>	<b>Família Pseudodiaptomidae</b>
<b>Subordem Hyperiidea</b>	<i>Pseudodiaptomus</i> spp.
<b>Ordem Decapoda</b> (larvas)	<i>Pseudodiaptomus acutus</i>
<b>Superfamília Sergestoidea</b>	<b>Família Temoridae</b>
<i>Lucifer</i> sp.	<i>Temora stylifera</i>
<b>Infraordem Brachyura</b> (larvas e megalopas)	<i>Temora turbinata</i>
<b>Infraordem Anomura</b>	<b>Família Pontellidae</b>
<b>Família Porcellanidae</b> (larvas)	<i>Labidocera</i> spp.
<b>Subclasse Hoplocarida</b>	<i>Labidocera fluviatilis</i>
<b>Ordem Stomatopoda</b> (larvas)	<b>Família Acartiidae</b>
<b>Classe Branchiopoda</b>	<i>Acartia</i> spp.
<b>Ordem Diplostraca</b>	<i>Acartia tonsa</i>

---

Tabela 14.4.2-1 (continuação). Lista de táxons zooplanctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de novembro de 2011.

---

Copepoda (cont.)	
<i>Acartia lilljeborgi</i>	
<b>Ordem Harpacticoida</b>	<b>Subclasse Thecostraca</b>
<b>Família Miraciidae</b>	<b>Infraclasse Cirripedia (larvas)</b>
<i>Macrosetella gracilis</i>	<b>Filo Chaetognata</b>
<i>Microsetella rosea</i>	<b>Classe Sagittoiidea</b>
<i>Microsetella norvegica</i>	<b>Ordem Aphragmophora</b>
<b>Família Euterpinidae</b>	<b>Família Sagittidae</b>
<i>Euterpina acutifrons</i>	<i>Flaccisagitta enflata</i>
<b>Família Metidae</b>	<i>Parasagitta tenuis</i>
<i>Metis</i> spp.	<i>Parasagitta friderici</i>
<b>Ordem Cyclopoida</b>	<b>Filo Echinodermata</b>
<b>Família Oithonidae</b>	Ophiuroidea (larvas Ophiopluteus)
<i>Oithona</i> spp.	Echinoidea (larvas Pluteus)
<i>Oithona plumifera</i>	<b>Subfilo Tunicata</b>
<i>Oithona hebes</i>	<b>Classe Larvacea</b>
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	<b>Ordem Copelata</b>
<b>Ordem Poecilostomatoida</b>	<b>Família Oikopleuridae</b>
<b>Família Corycaeidae</b>	<i>Oikopleura</i> spp.
<i>Corycaeus</i> spp.	<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i>
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>
<i>Farranula gracilis</i>	<i>Oikopleura (Vexillaria) rufescens</i>
<b>Família Oncaeidae</b>	<b>Classe Ascidiacea (larvas)</b>
<i>Oncaea</i> spp.	<b>Filo Chordata</b>
<i>Oncaea venusta</i>	<b>Ordem Salpidae</b>
<i>Oncaea curta</i>	<i>Thalia democratica</i>
<b>Família Clausidiidae</b>	<b>Ordem Doliolida</b>
<i>Hemicyclops thalassius</i>	<b>Subfilo Vertebrata</b>
<b>Família Ergasilidae</b>	<b>Superclasse Pisces (larvas e ovos)</b>
<i>Ergasilus</i> spp.	
<b>Ordem Monstrilloida</b>	

---

Tabela 14.4.2-2. Localização georreferenciada em UTM, salinidade e temperatura por ponto amostral da campanha realizada em novembro de 2011.

Ponto	Fuso	Leste (E)	Norte (N)	Salinidade		Temperatura	
				Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
P1	23J	364.243	7.342.570	31,6	33,3	22,0	18,8
P2	23J	364.587	7.343.656	31,7	33,3	21,9	18,7
P3	23K	365.514	7.345.615	30,7	32,5	22,0	21,0
P4	23K	365.053	7.346.057	31,4	33,2	21,7	19,6
P5	23K	368.881	7.346.654	30,6	32,0	22,3	21,3
P6	23K	368.576	7.346.812	30,6	32,3	22,1	20,1
P7	23K	368.827	7.348.443	29,9	32,6	22,7	20,6
P8	23K	368.427	7.348.255	30,9	31,5	22,0	21,9
P9	23K	367.688	7.349.946	29,9		23,5	
P10	23K	367.306	7.349.713	30,5	32,6	23,1	20,7
P11	23K	366.992	7.352.522	28,0		22,8	
P12	23K	366.399	7.352.544	30,3	31,5	22,8	22,0
P13	23K	366.405	7.353.183	30,4	31,6	22,9	21,7
P14	23K	365.322	7.353.365	29,4	31,1	23,5	21,2
P15	23K	363.729	7.353.503	26,1	30,6	22,9	22,4
P16	23K	364.385	7.354.524	25,2		23,5	
P17	23K	363.438	7.354.500	25,9		23,3	
P18	23K	363.654	7.354.616	25,1		23,5	
P19	23K	360.677	7.354.199	27,4	30,5	23,4	22,2
P20	23K	361.146	7.354.776	27,5		23,4	
P21	23K	360.068	7.354.666	26,6	30,7	23,7	22,3
P22	23K	359.927	7.355.545	26,8		23,9	
P23	23K	366.849	7.355.538	28,3		24,7	
P24	23K	366.623	7.354.591	29,7		23,2	
P25	23K	367.152	7.353.981	29,9	30,5	22,6	22,3
P26	23K	368.343	7.354.110	29,1		23,3	
P27	23K	368.574	7.353.681	28,7	29,1	23,3	23,1
P28	23K	369.992	7.354.387	28,4		23,6	
P29	23K	373.731	7.343.648	24,3		23,9	
P30	23K	374.462	7.353.003	23,7		24,4	
P31	23K	374.374	7.354.463	23,7		23,7	
P32	23K	375.100	7.354.975	24,4		23,8	
P33	23K	375.316	7.355.513	24,9		23,8	
P34	23K	376.040	7.355.110	24,6		24,0	

Tabela 14.4.2-2 (continuação). Localização georreferenciada em UTM, salinidade e temperatura por ponto amostral da campanha realizada em novembro de 2011.

Ponto	Fuso	Leste (E)	Norte (N)	Salinidade		Temperatura	
				Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
P35	23K	357.327	7.353.578	24,3	27,5	23,9	23,3
P36	23K	358.885	7.352.584	26,2		23,6	
P37	23K	356.412	7.352.200	24,3		24,4	
P38	23K	354.018	7.352.037	19,8	20,0	24,4	24,4
P39	23K	353.447	7.350.594	20,8	23,6	24,5	24,6
P40	23K	355.805	7.349.602	23,2		24,3	
P1C	23K	366.125	7.345.900	30,8	33,3	22,1	19,9
P2C	23K	367.885	7.345.998	31,4	32,1	21,8	21,3
P3C	23K	368.802	7.347.911	30,4	33,0	22,9	20,4
P4C	23K	368.171	7.348.891	30,5	32,4	22,4	20,9
P5C	23K	367.234	7.349.939	30,1	32,2	23,4	21,1
P6C	23K	366.810	7.350.953	28,9	30,7	22,6	22,2
P7C	23K	366.468	7.352.242	28,2	30,9	22,7	22,1
P8C	23K	364.919	7.353.075	29,5	31,1	23,0	21,9
P9C	23K	363.317	7.353.943	25,1	30,6	22,8	22,3
P10C	23K	361.032	7.354.484	28,1	30,2	23,2	22,3

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson variaram de forma similar a campanhas anteriores, com maiores valores de diversidade nos setores externos e de dominância nos setores internos (Tabela 14.4.2-3). A variabilidade espacial da diversidade e da dominância nos períodos de amostragem não apontam impactos que possam ser inequivocamente atribuídos às atividades do porto e à dragagem em particular. Houve uma série de flutuações nestas variáveis dentro de um mesmo setor, como no caso da diversidade nos pontos P1, P2, P7, P15 e P18, porém essas mudanças podem ter sido causadas por influências naturais.

Tabela 14.4.2-3. Valores de diversidade de Shannon e dominância de Simpson no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de novembro de 2011. Os pontos de coleta estão indicados pela inicial "P".

	Shannon H'	Simpson SI		Shannon H'	Simpson SI
P1C	1,11	0,18	P16	0,66	0,26
P2C	1,03	0,17	P17	0,65	0,36
P3C	0,74	0,23	P18	0,46	0,55
P4C	0,99	0,17	P19	0,64	0,42
P5C	0,93	0,19	P20	0,58	0,36
P6C	0,80	0,22	P21	0,71	0,34
P7C	0,82	0,16	P22	0,67	0,19
P8C	0,91	0,19	P23	0,80	0,26
P9C	0,69	0,23	P24	0,82	0,23
P10C	0,64	0,22	P25	0,81	0,24
P1	0,88	0,39	P26	0,75	0,35
P2	0,66	0,50	P27	0,86	0,25
P3	1,10	0,30	P28	0,97	0,18
P4	1,18	0,14	P29	0,57	0,31
P5	1,05	0,14	P30	0,86	0,29
P6	1,04	0,15	P31	0,40	0,42
P7	0,66	0,59	P32	0,36	0,42
P8	0,90	0,28	P33	0,31	0,39
P9	0,88	0,23	P34	0,44	0,40
P10	0,87	0,24	P35	0,34	0,74
P11	0,92	0,17	P36	0,45	0,58
P12	0,92	0,24	P37	0,39	0,30
P13	0,79	0,25	P38	0,54	0,42
P14	0,80	0,23	P39	0,41	0,48
P15	0,46	0,50	P40	0,40	0,42

Conforme tem sido observado desde as campanhas iniciais do programa de monitoramento e foi observado no EIA, os máximos de abundância do zooplâncton na campanha de novembro de 2011 foram geralmente relacionados aos Copepoda, especialmente na área do canal de navegação e de Piaçaguera, no setor portuário. Outros grupos holoplanctônicos foram representativos somente nas áreas mais externas da Baía de Santos e do sistema estuarino. Em algumas áreas internas os organismos meroplanctônicos foram subdominantes, como no canal de Bertioga nos pontos P23 a P28 (Figuras 14.4.2-1 a 14.4.2-4).

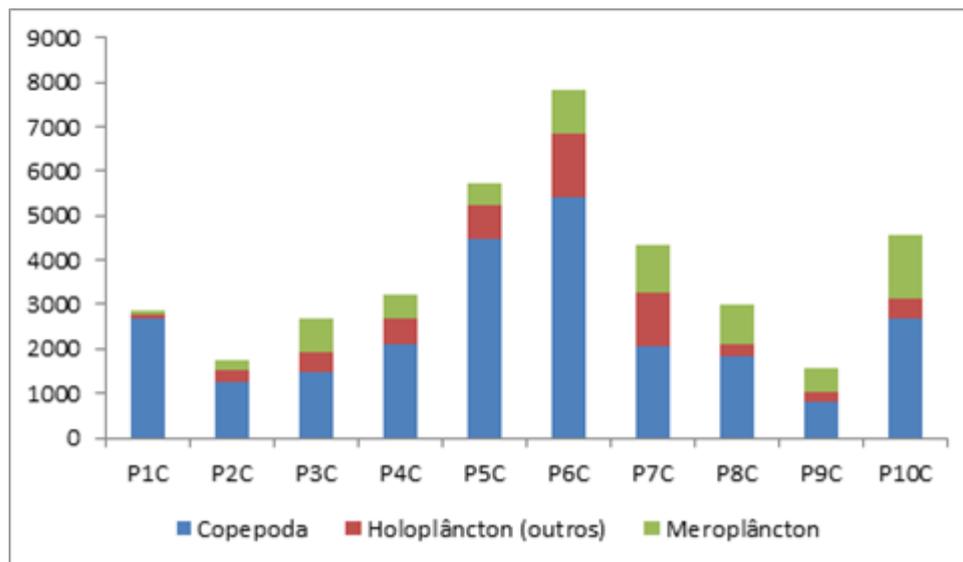


Figura 14.4.2-1. Abundância do zooplâncton nos pontos de coleta no canal de navegação do estuário de Santos em novembro de 2011.

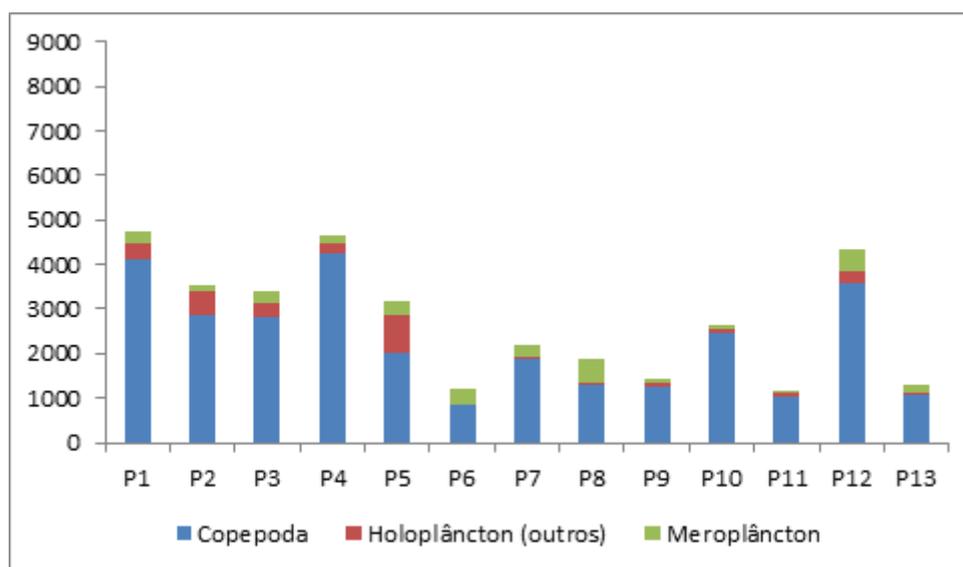


Figura 14.4.2-2. Abundância do zooplâncton nos pontos de coleta na Baía de Santos (pontos P1 a P4) e canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011.

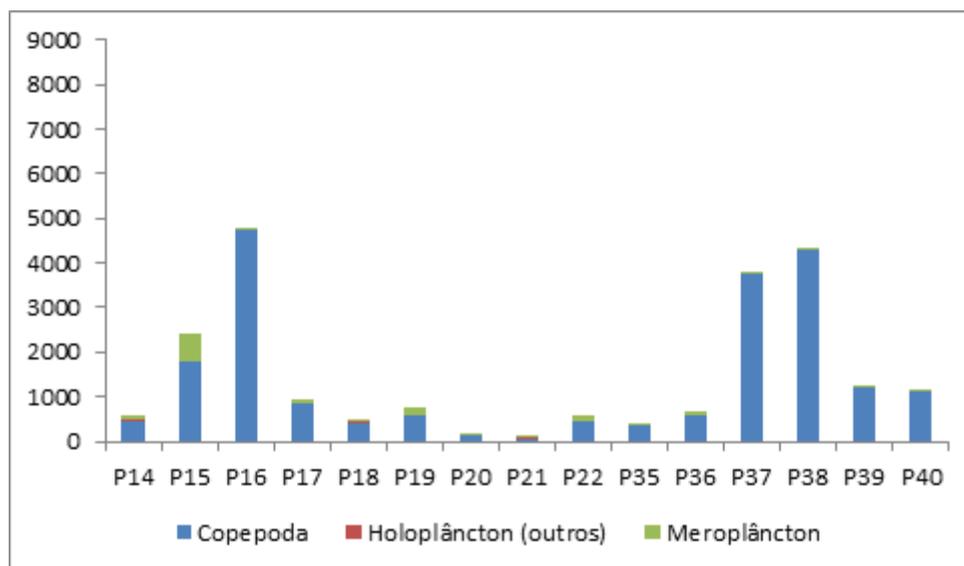


Figura 14.4.2-3. Abundância do zooplâncton nos pontos de coleta no canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011.

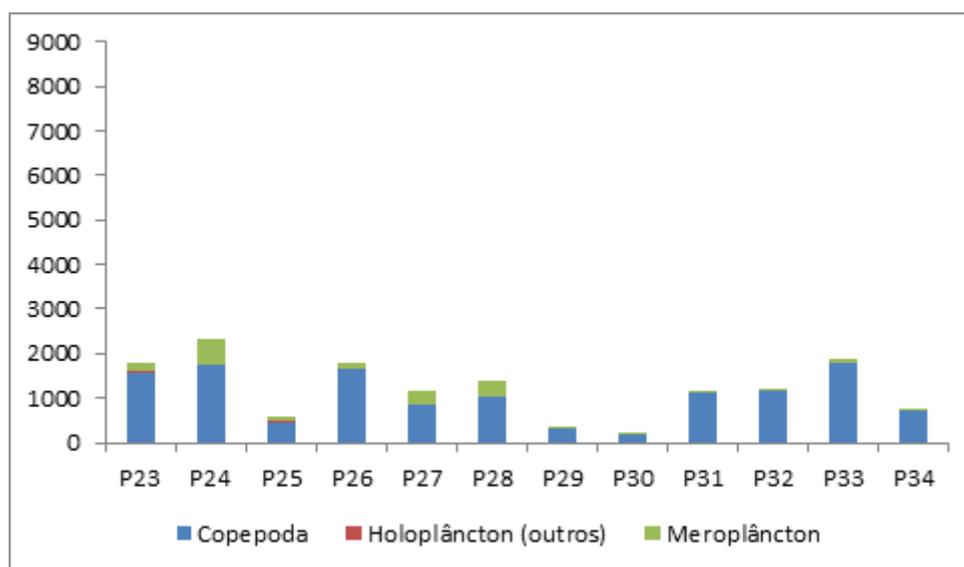


Figura 14.4.2-4. Abundância do zooplâncton nos pontos de coleta no canal de Bertioiga, estuário de Santos, em novembro de 2011.

Entre os Copepoda, a dominância foi da ordem Calanoida, repetindo o observado nas campanhas anteriores de verão e de inverno. Os Cyclopoida e os Poecilostomatoida foram numericamente importantes apenas nos pontos mais externos do sistema estuarino, enquanto a ordem Harpacticoida esteve praticamente ausente nessa campanha (Figura 14.4.2-5 a 14.4.2-8).

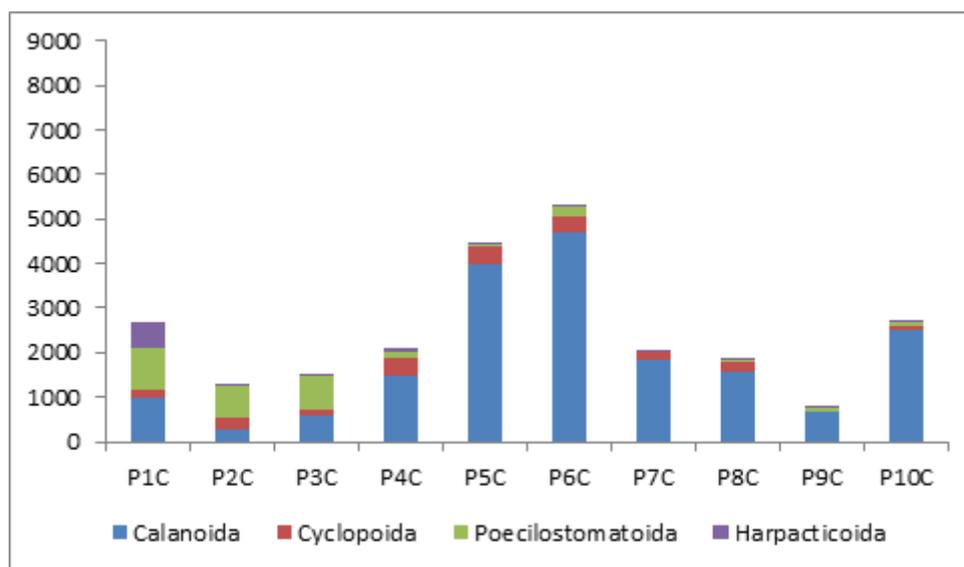


Figura 14.4.2-5. Abundância das ordens de Copepoda nos pontos de coleta no canal de navegação do estuário de Santos em novembro de 2011.

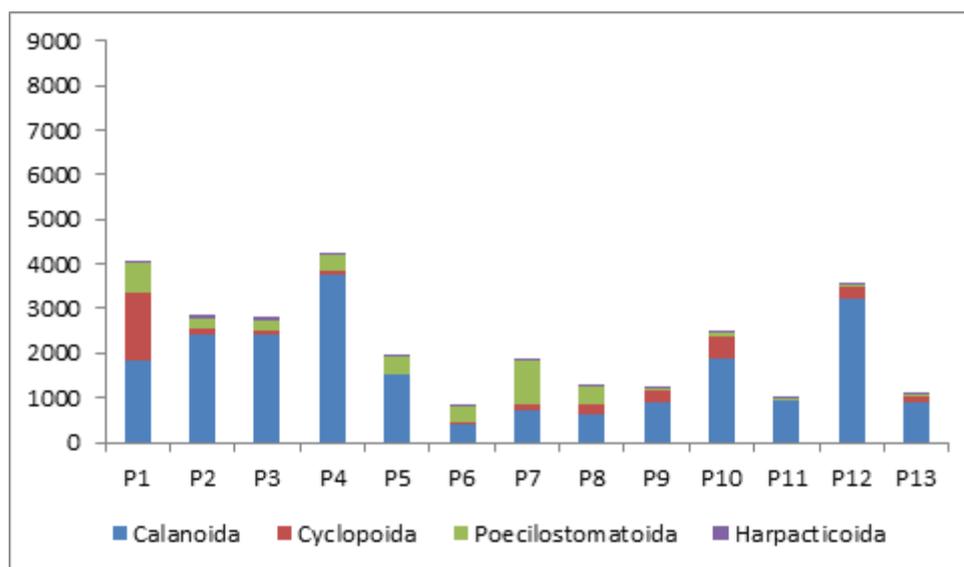


Figura 14.4.2-6. Abundância das ordens de Copepoda nos pontos de coleta na Baía de Santos (pontos P1 a P4) e canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011.

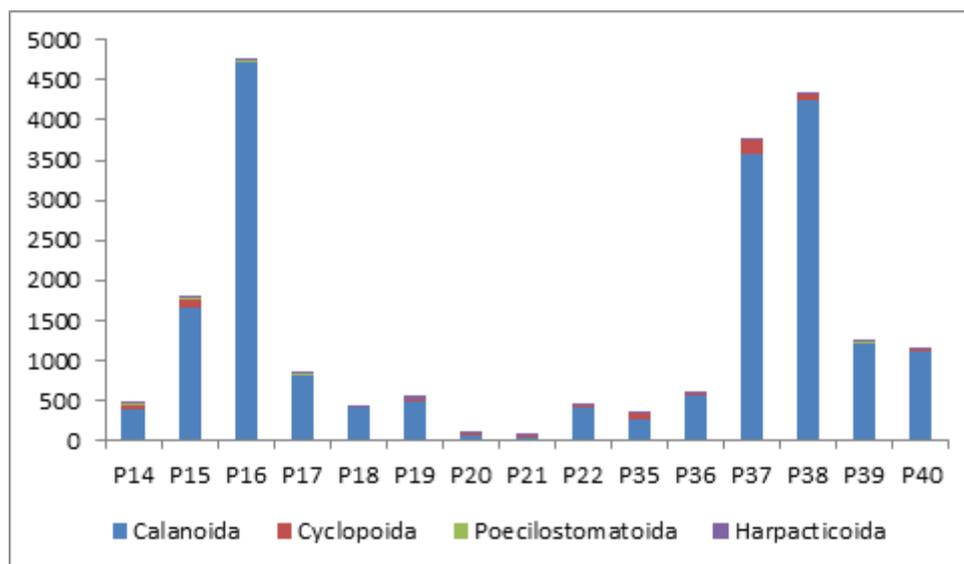


Figura 14.4.2-7. Abundância das ordens de Copepoda nos pontos de coleta no canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados, principalmente nos pontos P20 e P 21.

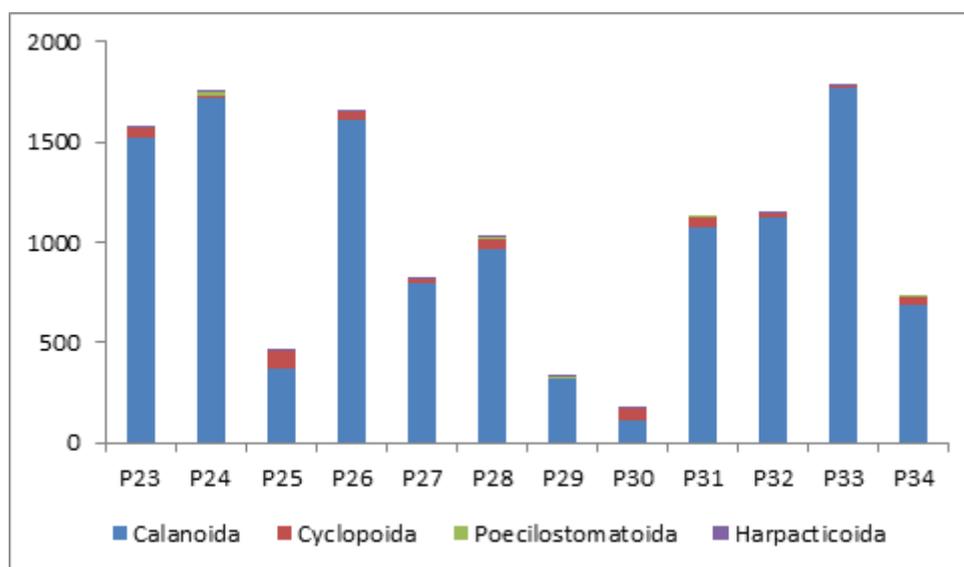


Figura 14.4.2-8. Abundância das ordens de Copepoda nos pontos de coleta no canal de Bertioega, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados, principalmente nos pontos P29 e P 30.

Estes resultados para os Copepoda refletem uma tendência natural dos sistemas costeiros e estuarinos, já que as ordens Poecilostomatoida e Harpacticoida possuem representantes planctônicos de hábito principalmente

eurihalino e estenohalino, ou seja, de ocorrência rara nos setores internos dos estuários.

Na campanha de novembro de 2011 ocorreram altas abundâncias da família Acartiidae, já observada no EIA, e Paracalanidae, seguidas por Pseudodiaptomidae e (Figuras 14.4.2-9 a 14.4.2-12). Os gêneros *Acartia*, *Bestiolina* e *Pseudodiaptomus* foram dominantes. Os valores mais elevados do gênero *Pseudodiaptomus* foram observados nos pontos mais internos do canal de navegação, sendo atribuídos à espécie *P. acutus*.

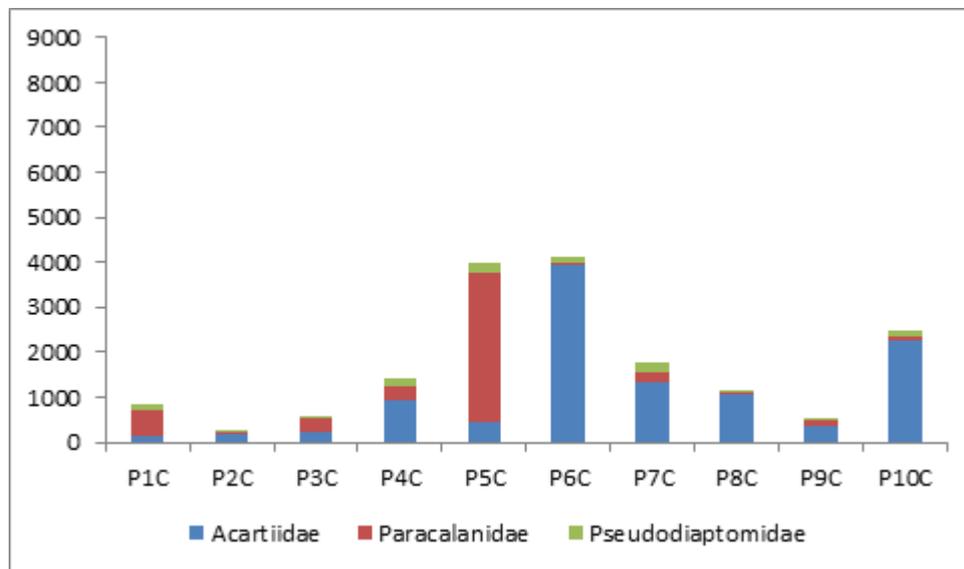


Figura 14.4.2-9. Abundância das principais famílias de Calanoida (Copepoda) nos pontos de coleta no canal de navegação do estuário de Santos em novembro de 2011.

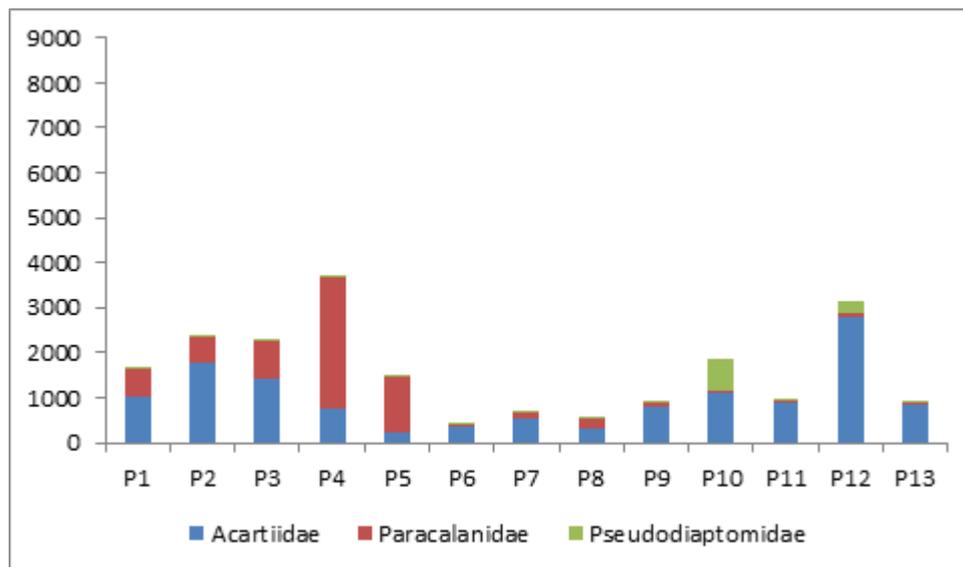


Figura 14.4.2-10. Abundância das principais famílias de Calanoida (Copepoda) nos pontos de coleta na Baía de Santos (pontos P1 a P4) e canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011.

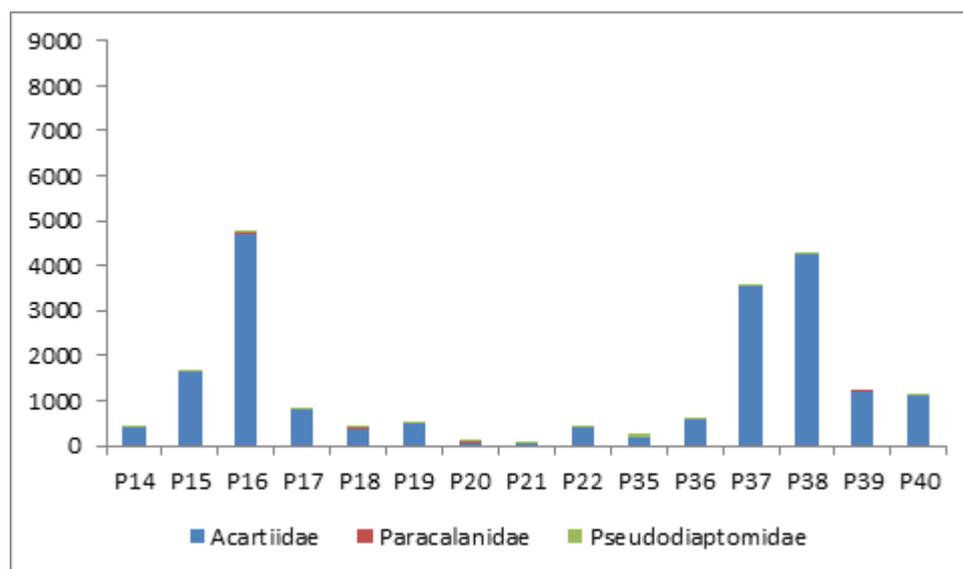


Figura 14.4.2-11. Abundância das principais famílias de Calanoida (Copepoda) nos pontos de coleta no canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011.

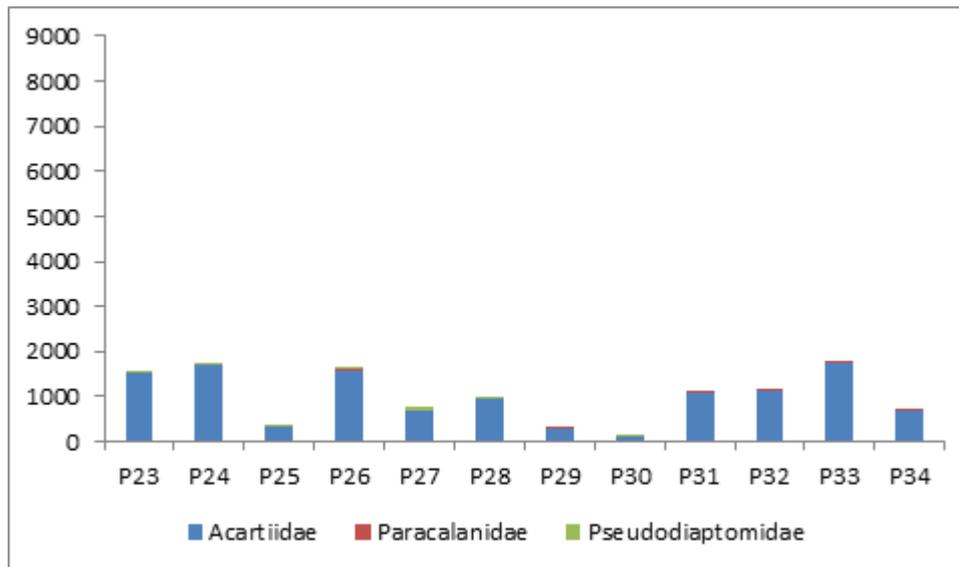


Figura 14.4.2-12. Abundância das principais famílias de Calanoida (Copepoda) nos pontos de coleta no canal de Bertioga, estuário de Santos, em novembro de 2011.

Na ordem Cyclopoida, duas espécies foram dominantes, *Oithona hebes* e *O. oswaldocruzi*, com o predomínio da primeira nas áreas externas e da segunda nas áreas internas do estuário (Figuras 14.4.2-13 a 14.4.2-16). O mesmo padrão foi observado na campanha de verão de 2011.

As espécies de copépodes citadas são comuns em ambientes costeiros e estuarinos da costa sul-sudeste do Brasil, sendo *Acartia lilljeborgi*, *Bestiolina* sp. e *Oithona plumifera* indicadoras de intrusão marinha e *Acartia tonsa* e *Oithona oswaldocruzi* indicadoras de ambientes meso- a oligohalinos. Considerando estas espécies, *A. lilljeborgi*, *Bestiolina* sp. e *O. hebes* foram as mais abundantes, assim como observado na campanha de verão, confirmando o predomínio da influência marinha nos diferentes setores estudados. Esta tendência também foi observada durante o estudo do EIA (FRF, 2008).

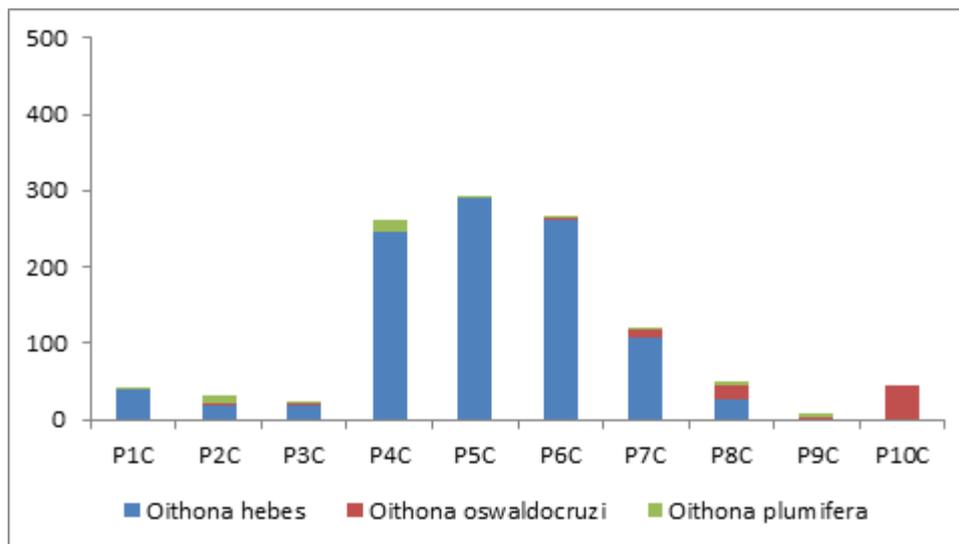


Figura 14.4.2-13. Abundância das principais espécies de *Oithona* (Copepoda, Cyclopoida) nos pontos de coleta no canal de navegação do estuário de Santos em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados, principalmente nos pontos P3C e P9C.

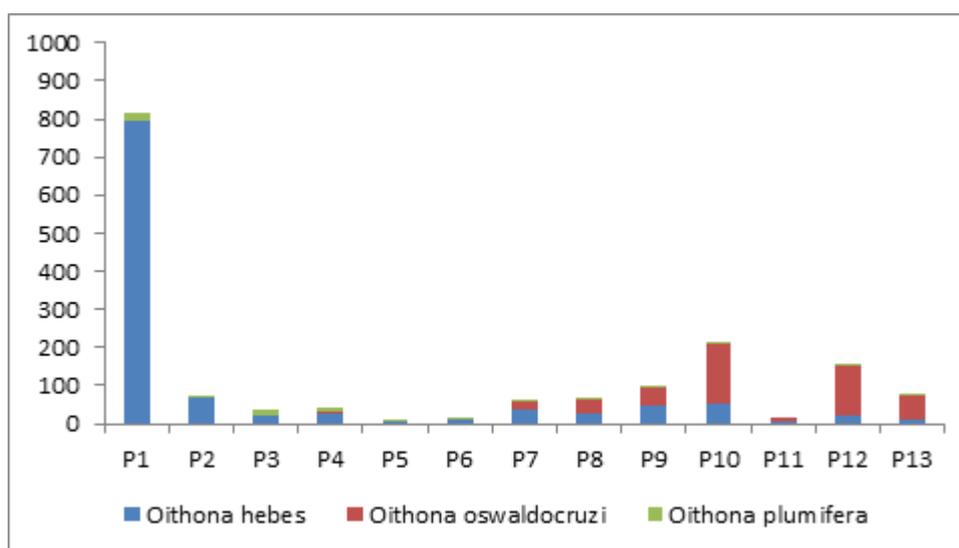


Figura 14.4.2-14. Abundância das principais espécies de *Oithona* (Copepoda, Cyclopoida) nos pontos de coleta na Baía de Santos (pontos P1 a P4) e canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

Em novembro de 2011 não foram observadas espécies tipicamente de água doce em parte do canal de Piaçaguera e do Rio Casqueiro.

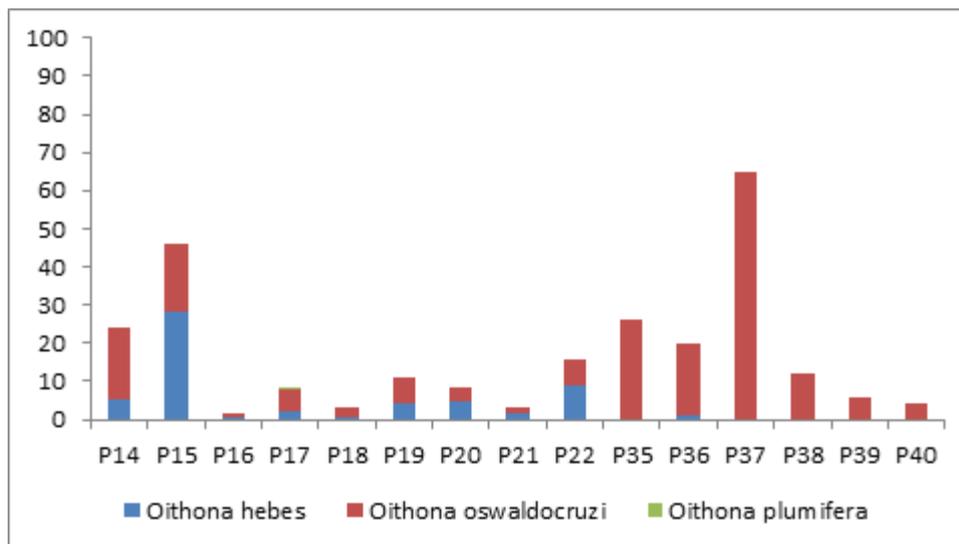


Figura 14.4.2-15. Abundância das principais espécies de *Oithona* (Copepoda, Cyclopoida) nos pontos de coleta no canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

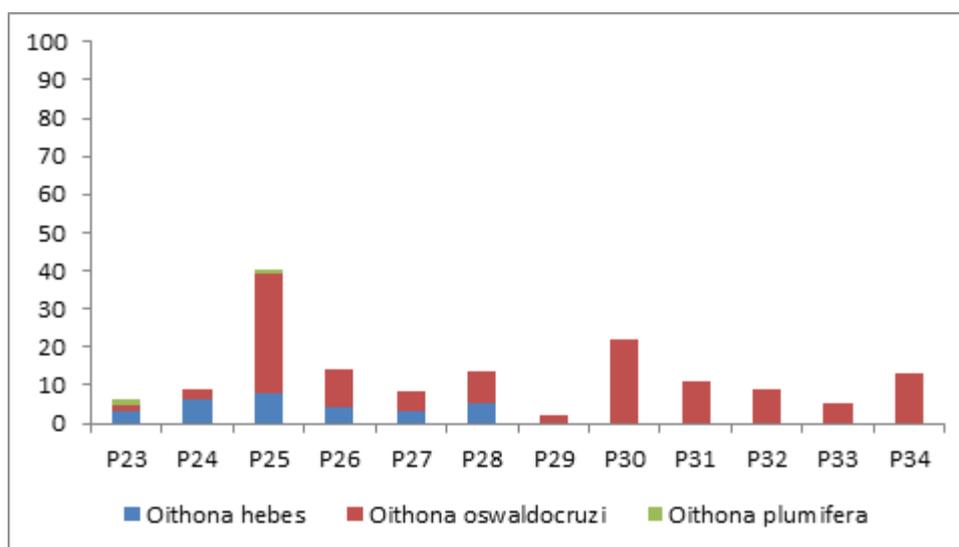


Figura 14.4.2-16. Abundância das principais espécies de *Oithona* (Copepoda, Cyclopoida) nos pontos de coleta no canal de Bertioga, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

O grupo subdominante do holoplâncton (após Copepoda) nas áreas externas do sistema estuarino foi o dos Larvacea, família Oikopleuridae (Figuras 14.2-17 a 14.2-21).

Espécies de Oikopleura são frequentes em ambientes estuarinos tropicais e subtropicais (Neumann-Leitão, 1994/95), inclusive na costa sul-sudeste do Brasil (Brandini *et al.*, 1997). As espécies de Larvacea estão normalmente associadas à influência da intrusão marinha, por isso foram pouco detectadas nos pontos mais internos do sistema. Hydromedusae e Chaetognatha, seguidos por Cladocera, foram os grupos mais abundantes após Larvacea (Figuras 14.4.2-17 a 14.4.2-20).

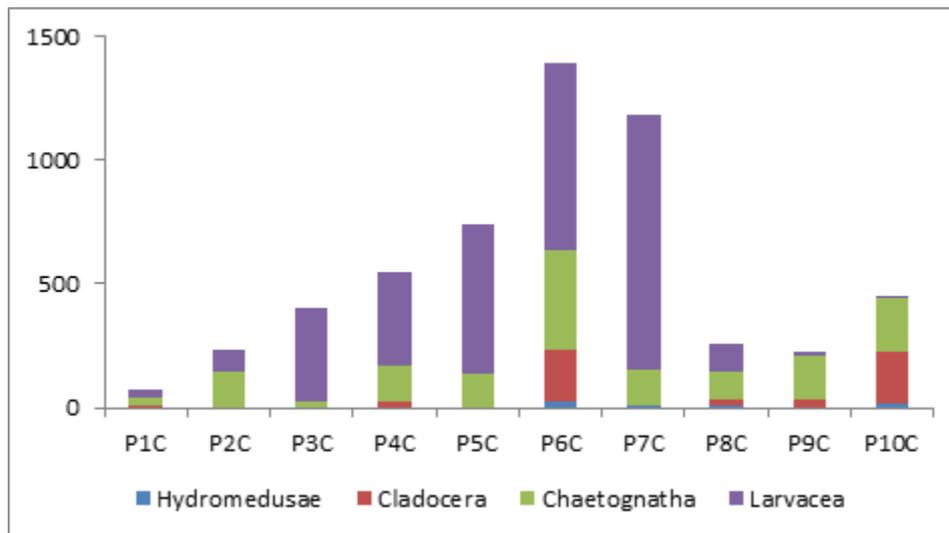


Figura 14.4.2-17. Abundância dos principais grupos do holoplâncton (exceto Copepoda) nos pontos de coleta no canal de navegação do estuário de Santos em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

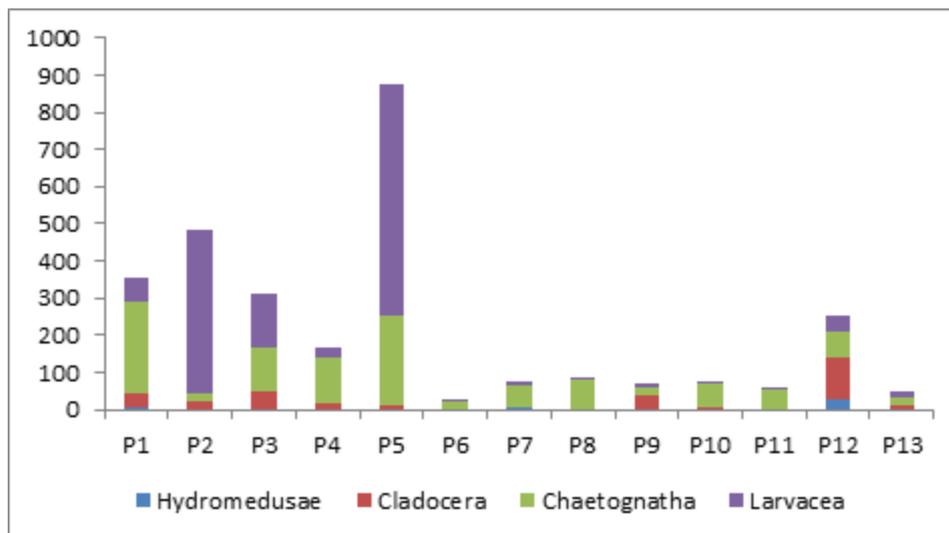


Figura 14.4.2-18. Abundância dos principais grupos do holoplâncton (exceto Copepoda) nos pontos de coleta na Baía de Santos (pontos P1 a P4) e canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

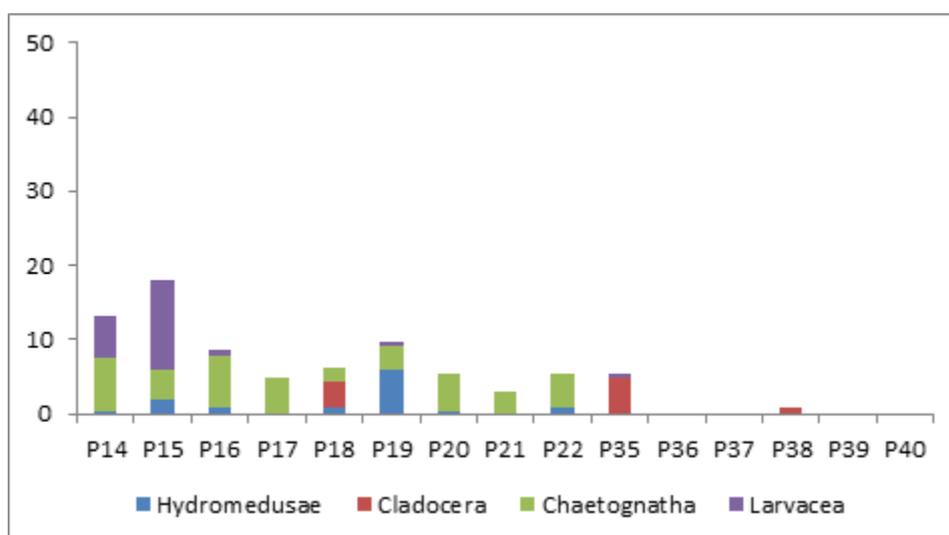


Figura 14.4.2-19. Abundância dos principais grupos do holoplâncton (exceto Copepoda) nos pontos de coleta no canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

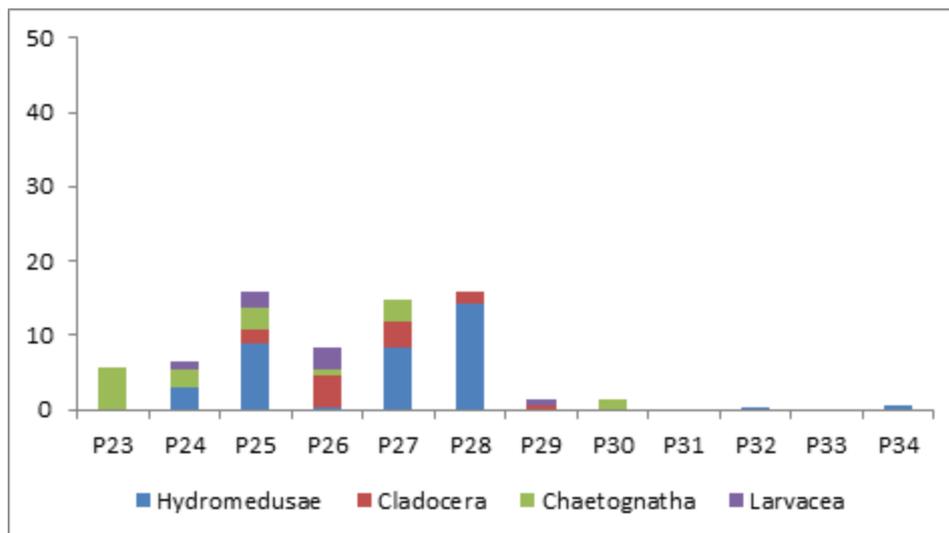


Figura 14.4.2-20. Abundância dos principais grupos do holoplâncton (exceto Copepoda) nos pontos de coleta no canal de Bertioga, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

O grupo dominante foi o dos Cirripedia entre os táxons do meroplâncton (Figura 14.4.2-21 a 14.4.2-24), com poucas exceções em pontos de maior salinidade do canal de navegação. Foram seguidos em abundância por Bivalvia e Larvas de Brachyura. Estas foram observadas em alguns pontos localizados na Baía de Santos e pontos dos canais de navegação e Piaçaguera. As larvas de gastrópodes e poliquetos tiveram densidades pouco expressivas em todos os locais.

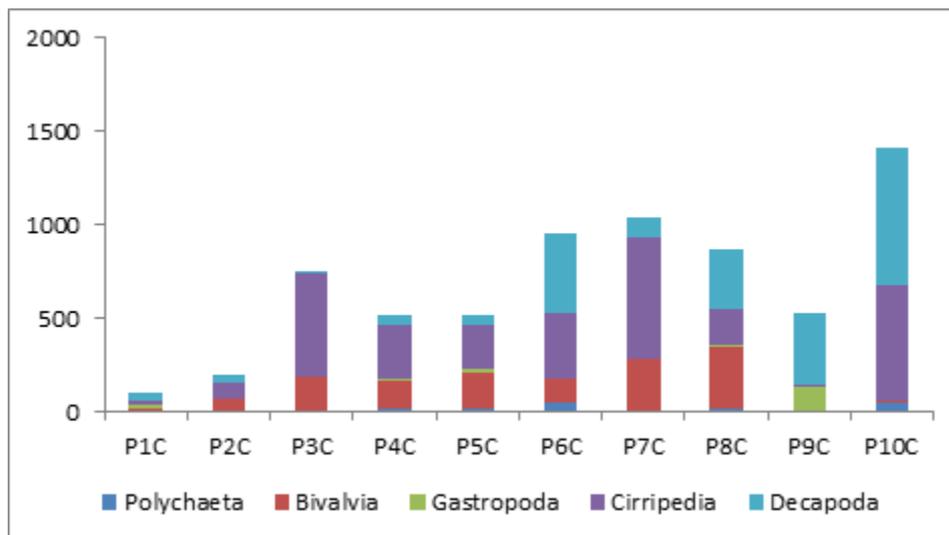


Figura 14.4.2-21. Abundância dos principais grupos do meroplâncton nos pontos de coleta no canal de navegação do estuário de Santos em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

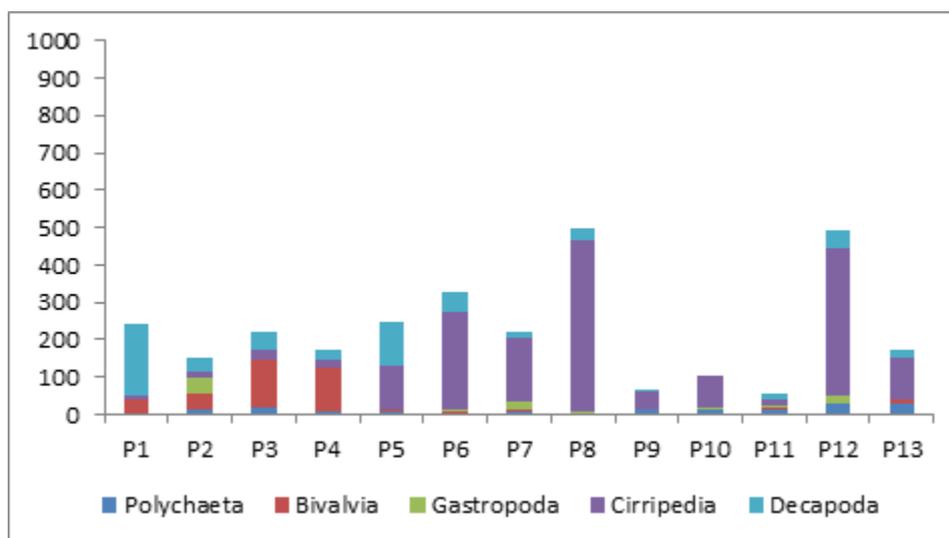


Figura 14.4.2-22. Abundância dos principais grupos do meroplâncton nos pontos de coleta na Baía de Santos (pontos P1 a P4) e canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

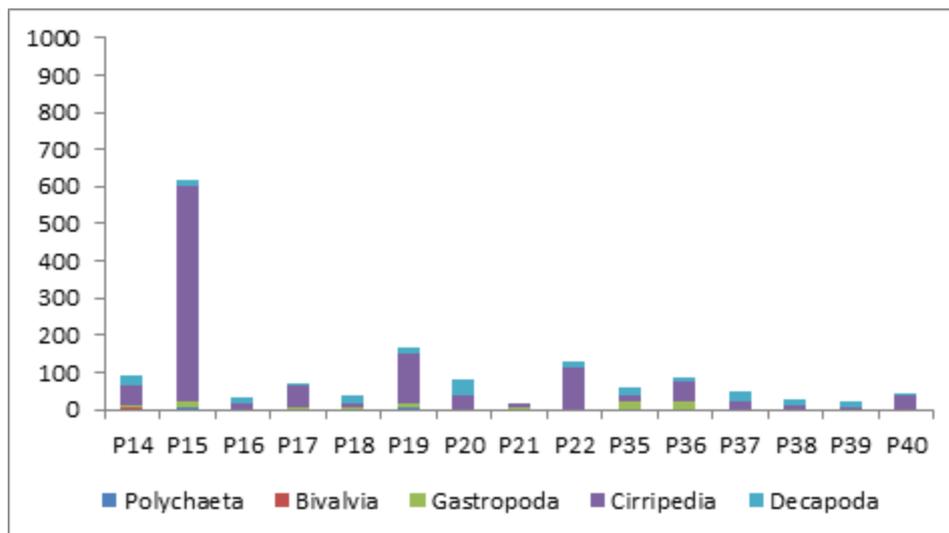


Figura 14.4.2-23. Abundância dos principais grupos do meroplâncton nos pontos de coleta no canal de Piaçaguera, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

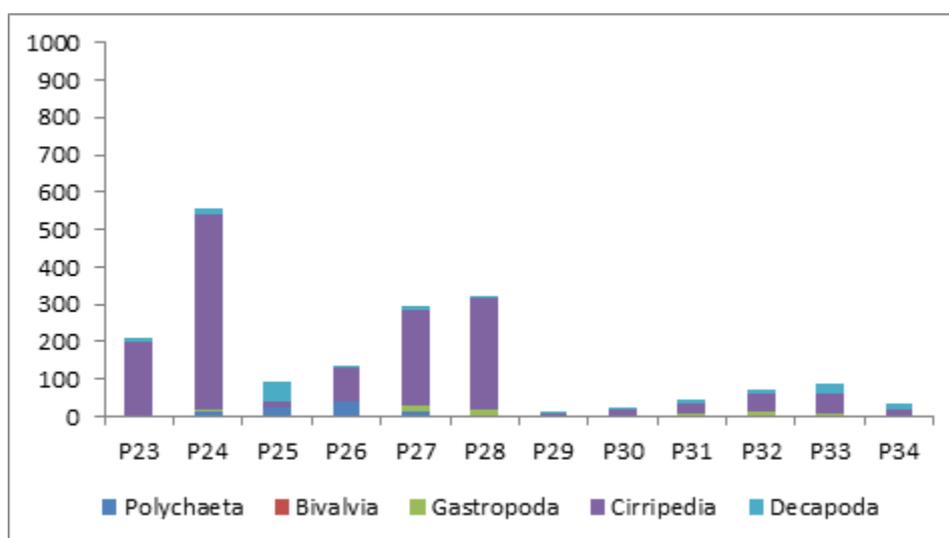


Figura 14.4.2-24. Abundância dos principais grupos do meroplâncton nos pontos de coleta no canal de Bertioga, estuário de Santos, em novembro de 2011. Os valores dos eixos não se encontram escalonados, pois reduziria a possibilidade de visualização dos dados.

### Análises estatísticas – campanha de novembro de 2011

A análise de ordenação N-MDS, realizada entre os 50 pontos de coleta, com base na raiz quadrada dos valores de densidade de 73 táxons (matriz reduzida), permitiu a separação dos pontos em quatro grupos (Figura 14.4.2-25).

Os resultados do teste ANOSIM pareado mostraram que todos os grupos formados são diferentes entre si (Tabela 14.4.2-4), ou seja, que as variações na composição e densidade das amostras que formam cada grupo são maiores entre os grupos do que dentro de um mesmo.

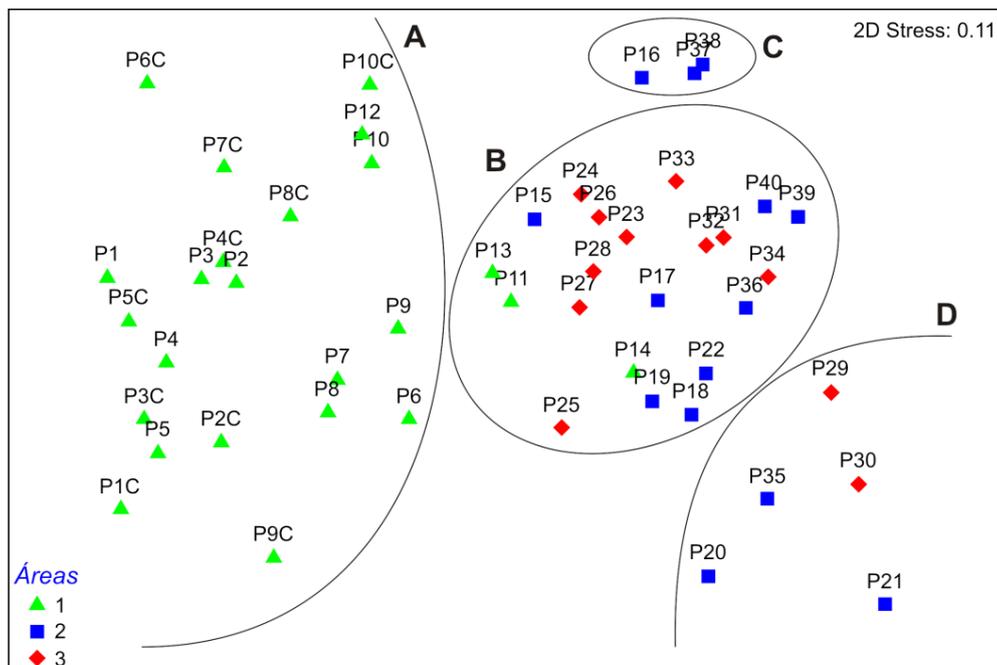


Figura 14.4.2-25. Análise de Ordenação N-MDS dos 50 pontos de coleta baseada na raiz quadrada dos valores de densidade dos táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis. Áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioga.

O grupo A foi formado por 21 pontos da Baía de Santos e do Canal de navegação. Foi o grupo mais diverso, com a ocorrência dos 73 táxons incluídos na análise de ordenação e com valores de densidade média e desvio padrão de  $3.364 \pm 1.612 \text{ ind.m}^{-3}$ . Dentre os pontos deste grupo, as da parte inferior do diagrama da Figura 14.4.2-25 foram as menos abundantes enquanto que as localizadas mais acima foram mais densas, variando de  $1.581 \text{ ind.m}^{-3}$  no ponto P9C a um máximo de  $7.849 \text{ ind.m}^{-3}$  na P6C. Quatro táxons somaram 55% da densidade total: copepoditos dos gêneros *Acartia* e *Oncaea* e as espécies *Acartia lilljeborgi* e *Paracalanus quasimodo*. Outros 40% foram representados por larvas de decápodes e cirrípedes, copepoditos de *Oithona* e *Pseudodiaptomus* e pelas

espécies *Oikopleura (Vexillaria) dioica* e *Oithona hebes*. Os demais táxons foram frequentes, mas pouco abundantes.

O grupo B foi formado por 22 pontos, 10 do Canal de Bertioga, 8 do Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro e 3 do Canal de Navegação. Os valores de densidade média e desvio padrão foram de  $1.207 \pm 567$  ind.m<sup>-3</sup>. Foram identificados 63 táxons, com uma alta dominância de copepoditos de *Acartia* e de adultos de *Acartia lilljeborgi*, que somaram 76 % da densidade total. Dentre os outros táxons, os mais abundantes foram larvas de cirrípedes, decápodes, gastrópodes e poliquetas, copepoditos de *Oithona* sp. e *Pseudodiaptomus* sp. e os copépodes *Acartia tonsa*, *Oithona oswaldocruzi* e *Bestiolina* spp. Os demais foram pouco frequentes e abundantes.

A composição de táxons dos pontos que formaram o grupo C foi semelhante à encontrada nas do grupo B, resultando em um valor de R estatístico mais baixo entre esses dois grupos (Tabela 14.4.2-4), porém a densidade zooplânctônica do primeiro foi bem superior, variando entre 3.808 e 4.794 ind.m<sup>-3</sup>, com valor médio e desvio padrão de  $4.315 (\pm 494)$  ind.m<sup>-3</sup>. No grupo C, verificou-se a ocorrência de apenas 34 táxons. Por sua vez, o grupo D, constituído de cinco pontos, três de partes bem internas do estuário e duas localizadas próximas à Ilha de Piaçaguera, mostrou baixos valores de densidade zooplânctônica (entre 85 e 419 ind.m<sup>-3</sup>), média e desvio padrão de  $248 (\pm 133)$  ind.m<sup>-3</sup> e a ocorrência de 45 táxons.

Tabela 14.4.2-4. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre os grupos obtidos na Análise de Similaridade N-MDS para a campanha de novembro de 2011. Valores significativos: < 5%.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
A-B	0,86	0,1
A-C	0,94	0,2
A-D	0,99	0,1
B-C	0,58	0,1
B-D	0,80	0,1
C-D	0,92	1,8

R global: 0,801

### Comparação entre as quatro campanhas

A análise de ordenação N-MDS, realizada entre as 200 amostras coletadas nas campanhas de 2010 e 2011, com base na raiz quadrada dos valores de densidade de 68 táxons (matriz reduzida), permitiu a separação das quatro campanhas (Figura 14.4.2-26). Apesar dos valores do teste ANOSIM pareado terem sido relativamente baixos (entre 0,42 e 0,67, R global: 0,531) (Tabela 14.4.2-5), todos foram significativos, indicando que há semelhança entre as campanhas, mas que as variações na composição e densidade das amostras foram maiores entre as diferentes campanhas do que dentro de cada uma.

Áreas 1, 2 e 3

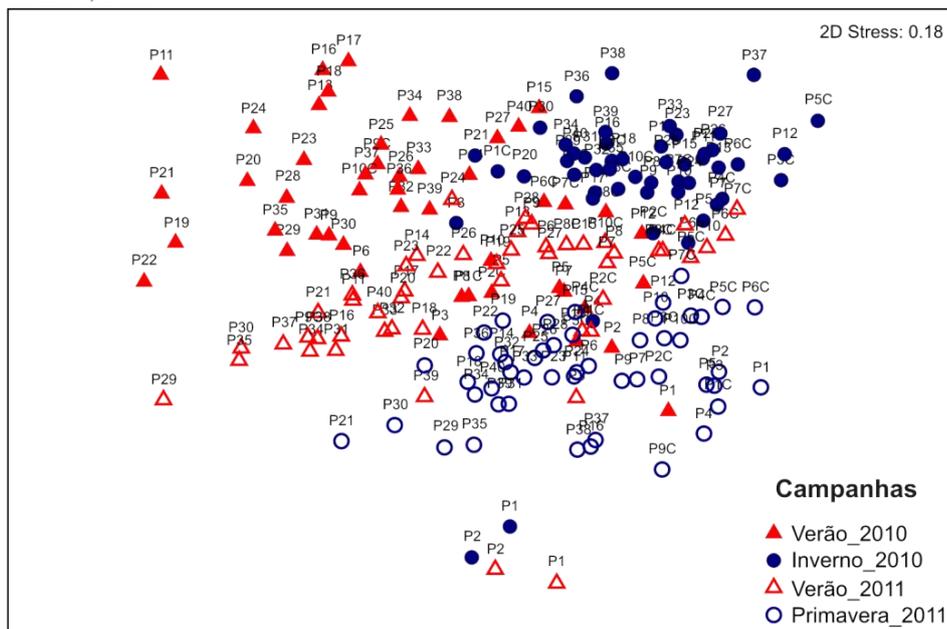


Figura 14.4.2-26. Análise de ordenação N-MDS entre as 200 amostras coletadas nas campanhas de verão e inverno de 2010 e verão e primavera de 2011, considerando as três áreas de amostragem, baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 68 táxons identificados (matriz reduzida: AR > 0,01% e FO ≥ 8%) e na similaridade de Bray Curtis.

Em todas as quatro campanhas os copépodes *Acartia tonsa* e *Oithona hebes*, copepoditos de *Acartia* sp. e larvas de Cirripedia estiveram entre os táxons mais abundantes. Além destes, *Paracalanus crassirostris* e *Acartia lilljeborgi* foram abundantes no verão de 2010 e, respectivamente, no inverno de 2010 e primavera de 2011; *Oithona oswaldocruzi* no inverno de 2010 e verão de 2011, enquanto que *Oikopleura (Vexillaria) dioica*, *Bestiolina* spp. e *Pseudodiaptomus* spp. nas últimas três campanhas. Os pontos P1 e P2 do inverno de 2010 e verão de 2011 foram agrupadas devido à semelhança na composição, mas separadas das demais amostras devido à baixa densidade de ambas do inverno de 2011 em comparação com as demais amostras da mesma campanha e, por outro lado, pela alta abundância de *Oncaea mediterranea* e *Thalia democratica* nestas duas amostras do verão de 2011.

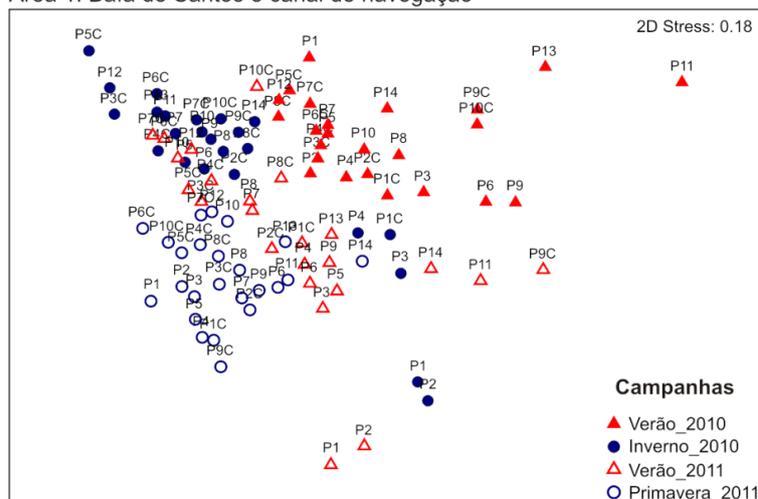
Tabela 14.4.2-5. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre as quatro campanhas. Valores significativos: < 5%.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
Ver_10-Inv_10	0,59	0,1
Ver_10-Ver_11	0,42	0,1
Ver_10-Pri_11	0,56	0,1
Inv_10-Ver_11	0,51	0,1
Inv_10-Pri_11	0,67	0,1
Ver_11-Pri_11	0,44	0,1
R global: 0,531		

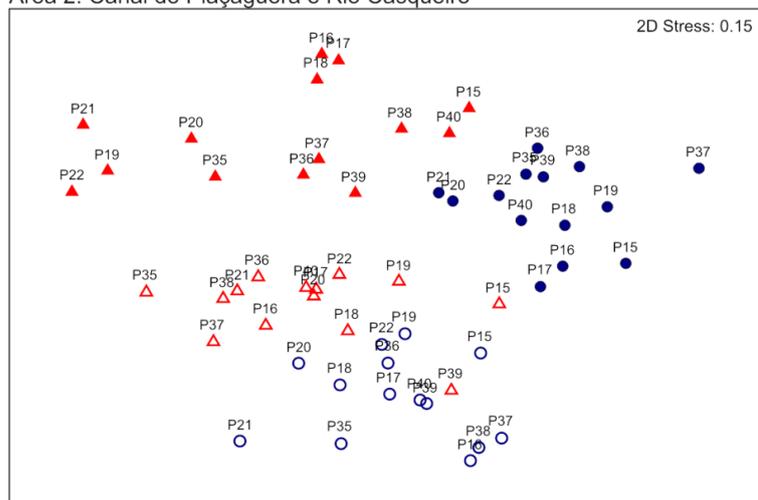
Os valores de densidade zooplanctônica média e desvio padrão de cada campanha foram de  $1.494 \pm 1.994 \text{ ind.m}^{-3}$  no verão de 2010,  $7.074 \pm 8.349 \text{ ind.m}^{-3}$  no inverno de 2010,  $1.718 \pm 2.587 \text{ ind.m}^{-3}$  no verão de 2011 e  $2.198 \pm 1.687 \text{ ind.m}^{-3}$  na primavera de 2011. Os resultados da análise não paramétrica Kruskal-Wallis seguida pelo teste *a posteriori* de Dunn, mostraram que a campanha do inverno de 2010 foi mais abundante que as demais ( $H = 53,91$ ;  $p < 0,05$ ). Dentre estas, apenas a campanha do inverno de 2011 foi mais abundante que a do verão de 2010 enquanto que as demais não diferiram estatisticamente. Quanto à riqueza zooplanctônica, a campanha de verão de 2010 foi a mais rica, com a ocorrência de 105 táxons, a de inverno de 2010 com 80 táxons, a de verão de 2011 com apenas 55 e a campanha de primavera de 2011 com 86 táxons.

A Figura 14.4.2-27 mostra os resultados das análises de ordenação realizadas separadamente para cada área de amostragem. Em todas as três áreas, o teste ANOSIM pareado separou estatisticamente as quatro campanhas, indicando que a comunidade zooplanctônica sofreu mudanças temporais na densidade e composição de táxons (Figura 14.4.2-27 e Tabela 14.4.2-6). Os valores de R global (Tabela 14.4.2-6) mostraram que a área 3 foi a que apresentou maior diferenciação na comunidade zooplanctônica entre as campanhas, enquanto a área 1 foi temporalmente a mais similar.

Área 1: Baía de Santos e canal de navegação



Área 2: Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro



Área 3: Canal de Bertioga

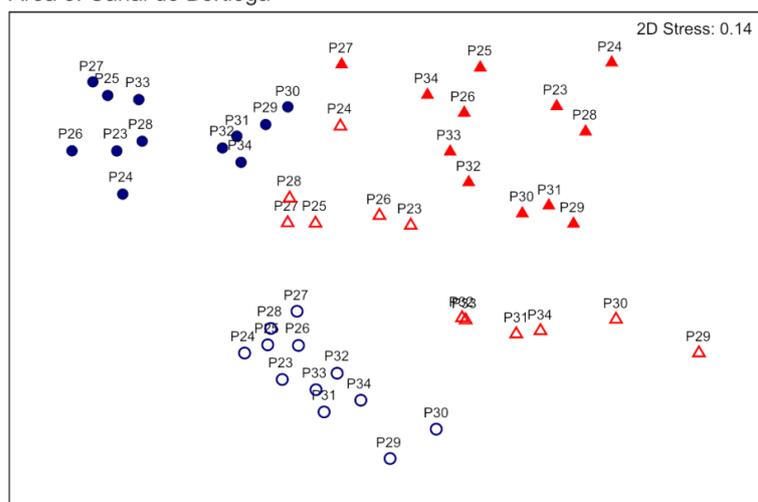


Figura 14.4.2-27. Análises de ordenação N-MDS realizadas entre as amostras das quatro campanhas obtidas nas áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioga nas campanhas de verão e inverno de 2010 e verão e primavera de 2011.

Tabela 14.4.2-6. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre as quatro campanhas das áreas 1, 2 e 3. Todos os valores de p foram significativos.

Grupos	R estatístico		
	Área 1	Área 2	Área 3
Ver_10-Inv_10	0,537	0,702	0,933
Ver_10-Ver_11	0,523	0,642	0,587
Ver_10-Pri_11	0,710	0,804	0,987
Inv_10-Ver_11	0,377	0,897	0,822
Inv_10-Pri_11	0,654	0,917	0,991
Ver_11-Pri_11	0,523	0,712	0,699
R global:	0,548	0,769	0,851

## 14.5. Considerações Finais

O fitoplâncton no Sistema Estuarino de Santos, nas 4 coletas, foi composto por espécies marinhas, estuarinas e de água doce, dominadas pelas frações do nanoplâncton (celulas entre 2  $\mu\text{m}$  e 20  $\mu\text{m}$ ).

As abundâncias encontradas são comparáveis às registradas por Frazão (2001) de 3,76 a 48,63 x 10<sup>6</sup> cels/l na baía e próximo ao emissário e os encontrados por Moser (2002), em um período chuvoso, de 5 x 10<sup>6</sup> cels/l para o Canal de São Vicente e 1 x 10<sup>6</sup> cels/l no Canal de Santos.

O número de táxons observado nos diferentes períodos de análise, é similar a 159 espécies do microfitoplâncton encontrados por Moser *et al.* (2012) na baía de Santos, e também em vários estuários no Brasil citados em Silva, *et al.* (2009) onde, Santiago *et al.* (2004) encontraram 210 táxons no estuário do rio Pisa Sal (RN); Macêdo *et al.* (2005) registraram 266 táxons em Barra das Jangadas (PE) e Rosevel *et al.* (2005) identificaram 203 táxons na baía de Tamandaré e estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (PE). Assim, nestes ecossistemas, também foi observado o predomínio das diatomáceas, destacando-se tanto na diversidade de espécies quanto no número de células.

A distribuição espacial dos organismos obedeceu padrões halinos controlados pelos regimes hidrográficos, bem diferente entre os períodos amostrados. Segundo Chan & Hamilton (2001), a sucessão dos principais grupos

no estuário está temporalmente separada pelas estações do ano e espacialmente de acordo com o fluxo e salinidade. Assim, o grupo das diatomáceas de pequeno tamanho teria maior taxa de crescimento em ambientes com maior turbulência e mais nutrientes. Os dinoflagelados teriam taxa de crescimento menor e seriam favorecidos em locais menos turbulentos com menor exigência com relação aos nutrientes, logo, com taxas de crescimento intermediárias e restritas a ambientes de água doce observa-se o domínio das clorófitas.

As espécies *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis*, *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassiosira spp* e *Thalassionema nitzschioides* foram comuns e presentes em todos os períodos, porém, mudanças sazonais observadas em valores de temperatura e salinidade foram também registradas nos domínios, principalmente do microfitoplâncton, para as espécies *Hemiaulus sinensis*, *Odontella spp*, *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium fraterculus* e *Protoperidinium quinquecorne*.

No verão, onde foram observadas maiores pluviosidades, espécies dos gêneros *Desmodesmus spp*, *Monoraphidium spp*, *Scenedesmus spp*, *Staurastrum spp*, *Aulacoseira*, foram bastante comum e abundante, sendo encontradas até na entrada do Canal de Santos, assim, grande parte da alta riqueza em 2010 foi devido à presença destas espécies. Em períodos de maior estiagem, como no verão de 2011, estas espécies ficam restritas ao interior do estuário uma vez que precisam de ambientes meso-eutróficos, águas homogêneas e são sensíveis à estratificação (Coquemala, 2005).

A comunidade do fitoplâncton respondeu a ressuspensão de fundo, pela dragagem de aprofundamento e movimentação de navios no canal, com a presença de muitas espécies de diatomáceas de origem bentônica como *Entomoneis paludosa*, *Gyrosigma balticum*, *G. fasciola*, *G. acuminatum*, *Pleurosigma strigosum*, *P. normanii*, *Nitzschia pusilla*, *Cylindrotheca closterium*, *N. sigma* ou formas meroplânctônicas *Thalassiosira decipiens*, *Cyclotella striata*, *C. meneghiniana*, *Paralia sulcata*, *Actinopteryx senarius*. Com aumento da turbulência e detritos na coluna, os dinoflagelados ficaram mais restritos ao final do Canal de Bertioga, com formação de florescimento de *Karenia mikimotoi* (verão 2010) e nos últimos pontos de coleta do Canal de São Vicente.

No inverno, a entrada de frentes aumenta a energia e instabilidade da Baía de Santos favorecendo espécies como *Asterionellopsis glacialis* típicas de zonas de arrebatção (Moser *et al.* 2012). No interior do estuário a diminuição da descarga de água doce de origem continental, diminuiu a abundância dos gêneros de organismos tóxicos de Cyanobacteria: *Synechocystis*, *Anabaena*, *Cylindropermopsis raciborskii*, *Planktothix agardii*.

A entrada de massa d'água proveniente da baía em direção ao interior do estuário, durante a primavera, foi mostrada pela similaridade das amostras. O tempo de residência da massa d'água no interior do estuário, devido às condições de vento para este período, pode ter favorecido ao florescimento de *Chaetoceros socialis*, espécie que foi comum e abundante em todos os pontos de coleta.

A comunidade fitoplanctônica apresentou em termos de diversidade e abundância mudanças sazonais bem marcadas nos períodos de dezembro 2010, julho de 2010 e primavera de 2011. No verão de 2011, a similaridade entre suas amostras foi baixa, possivelmente, por terem sido coletadas logo após o processo de dragagem.

A tendência à recuperação ambiental das frações do fitoplâncton é rápida devido ao seu ciclo de vida. Porém, vale ressaltar, que durante o período de recuperação muitas espécies oportunistas podem ter condições favoráveis ao aumento de biomassa. Dependendo das espécies isto se torna um problema grave, não só para o meio ambiente como também para a sociedade como um todo, tanto do ponto de vista econômico quanto de saúde.

As florações registradas por espécies tóxicas como *Alexandrium tamarense*, *Karenia mikimotoi*, *Alexandrium fraterculus*, entre outros necessitam de um monitoramento constante, pois as atividades de dragagem, embora necessárias, removem cistos do fundo e alteram o sistema natural de entrada, permanência e saída de água do estuário.

As tendências na distribuição espacial dos táxons zooplanctônicos observadas em campanhas anteriores continuam se repetindo na campanha em análise, referente a novembro de 2011, sugerindo que as variações espaciais observadas são consequência das forçantes naturais que afetam o ambiente. O

sistema estuarino mostra forte influência da intrusão marinha e pouco aporte de organismos de águas interiores, além de um gradiente espacial que favorece a presença de algumas espécies de setores oligo- a mesohalinos, como no caso de espécies de copépodes dos gêneros *Pseudodiaptomus* e *Oithona*. Os resultados indicam a presença de uma comunidade típica do zooplâncton de ambientes estuarinos do sudeste brasileiro, com densidade numérica similar à encontrada em outros estudos desenvolvidos em estuários da região, inclusive em áreas menos impactadas.

É possível que, devido ao aporte marinho no interior do estuário, ocorra uma reposição constante das populações marinho-eurihalinas nas áreas amostradas durante o monitoramento.

No entanto, apesar de não terem sido detectados impactos diretos ou indiretos da dragagem sobre o zooplâncton, a estratégia amostral utilizada pode não ter sido suficientemente dirigida à investigação do problema, visto que foi dada ênfase ao estudo da distribuição horizontal na escala do sistema, ao invés de amostragens comparando a diversidade e a abundância do zooplâncton dentro e fora da pluma de sedimentos gerada pela atividade das dragas. Esta mudança metodológica pode ser útil para fases subsequentes do monitoramento.

#### **14.6. Cronograma**

O programa de monitoramento das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas ocorreu no período de 27 meses, contemplando os períodos de verão e inverno.

O cronograma de trabalho específico para o monitoramento da comunidade planctônica está resumido conforme Tabela 14.6-1.

Tabela 14.6-1. Cronograma de atividades.

Atividade	2010												2011												2012		
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
<b>Programa 14</b>																											
Mobilização	■																										
Plano de Trabalho	■																										
Coletas e Atividades de Campo							■																				
Triagem das Amostras		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
Identificação dos organismos																											
Elaboração de Relatórios Semestral																											

## 14.7. Referências Bibliográficas

- Balech, E.; Akselman, R.; Benavides, H.R. & Negri, R.M. 1984. Suplemento a los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental. Revista de Investigation y desarrollo pesquero, 4: 5-20.
- Bicudo, C.E.M & Menezes, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Rima Editora, 498 p.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, 936 p.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic zooplankton. Vol. 1 e 2. Backhuys Publishers, The Netherlands, 1706 p.
- Brandini, F.P.; Lopes, R.M.; Gutseit, K.S.; Spach, H.L. & Sassi, R. 1997. Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica. MMA, FEMAR, Rio de Janeiro, 196 p.
- Caljon, A. 1983. Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland. Dr. W. Junk Publishers. Developments in hydrobiology, 18: 272 p.
- Chan, U.T. & Hamilton, D.P. 2001. Effect of freshwater on the succession and biomass of phytoplankton in a seasonal estuary. Marine and Freshwater Research, 52(6): 869-884.
- Coquemala, V. 2005. Variação anual do fitoplâncton do reservatório de Passaúna, Paraná. Dissertação de Mestrado, Universidade do Paraná, Paraná, 92 p.
- Dodge, J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty's Stationery Office, London, 303 p.

- Elster, H.J. & Ohle, W. 1983. Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. Stuttgart. Band XVI, 7. Teil, 1. Hälfte. 1044 p.
- Ferreira, J.G; Wolff, W.j; Simas, T.C. & Bricker, S.B. 2005. Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hydrology? Ecological Modelling 187: 513-523p.
- Frazão, L.R. 2001. Eutrofização por esgotos domésticos e sua relação com a ecologia e fisiologia do fitoplâncton marinho no litoral do Estado de São Paulo: Ubatuba, Praia Grande e Santos. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 158 p.
- FRF- Fundação Ricardo Franco 2008. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2010a. Primeiro Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-0618-140910. Fundespa, São Paulo, 1447 p.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2010b. Segundo Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-1118-140611. Fundespa, São Paulo, 1555 p.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2011. Terceiro Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-071011. Fundespa, São Paulo.
- Hallegraeff, G.M. & Reid, D.D. 1986. Phytoplankton species successions and their hydrological environment at coastal station off Sydney. Australian Journal of Marine & Freshwater Research, 37: 361-377.
- Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Addison-Wesley Educational Publishers Inc., California, 620 p.

- Lacerda, L.D.; Carvalho, C.E.V. & Gomes, M.P. 1989. Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. *Revista Brasileira de Biologia*. 49(3): 847-849
- Margalef, R. 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in unstable environment. *Oceanologica Acta* 1: 493-509p.
- Miotto, M.C. 2011. Morfologia, distribuição e toxicidade de *Alexandrium fraterculus* (Balech) Balech, na Costa de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade de Itajaí, SC. 43p.
- Miranda, L.B.; Castro, B.M. & Kjerfve, B. 2002. Princípios de oceanografia física de estuários, EDUSP, São Paulo, 414 p.
- Moser, G.A.O. 2002. Aspectos da eutrofização no sistema estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal de biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2 vols. 410 p.
- Moser, G.A.O.; Ciotti, A.M; Gianini, M.F.C; Tonini, R.T & Harari, J. 2012. Changes in phytoplankton composition in response to tides, wind-induced mixing conditions and Freshwater outflows in as urbanized estuarine complex. *Brazilian Journal of Biology* 72(1).
- Motoda, S. 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Men. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 7: 73-94.
- Neumann-Leitão, S. 1994. Resenha literária sobre zooplâncton estuarino no Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 23: 25-53.
- Omachi, C.Y; Tamanaha, M.S e Oliveira Proença, L.A. 2007. Bloom of *Alexandrium fraterculus* in coastal waters off Itajaí, SC, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 55(1): 51-61p.
- Omori, M. & Ikeda, T. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. Wiley-Interscience Publication, New York, 331 p.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.

- Silva, M.H.; Silva-Cunha, M.G.G; Passavante, J.Z.O; Silva Grego, C.K & Muniz, K. 2009. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta bot. bras.* 23(2): 355-368p.
- Thomas, C.R. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, New York, 858 p.
- Todd, C.D.; Laverack, M.S. & Boxshall, G. 1996. *Coastal marine zooplankton: A practical manual for students*. Cambridge University Press, Cambridge, 116 p.
- Utermöhl, H. 1931a. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. *Verh Internat Verein Theor Angew Limnol*, 5 : 567-596p.
- Utermöhl, H. 1931b. Über das Umgekehrte Mikroskop., *Archives of Hydrobiology*, 22: 643-645p.
- Vidotti, E.C. & Rollemberg, M. do C.E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química. *Revista Química Nova*, 27(1): 139-145.

#### **14.8. Equipe Técnica**

Dr. Salvador Airton Gaeta

Dr. Rubens Mendes Lopes

Paula Duran Nagata Perugino - Oceanógrafa

Rafael Rugna Ciglione – Oceanógrafo

Newton Dalessandro - Biólogo

#### **14.9. Anexos**

- Anexo 14.9-1. Lista de organismos fitoplanctônicos encontrados na 3ª Campanha, realizada em novembro de 2011.

ANEXO 14.9-1. LISTA DE ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS  
ENCONTRADOS NA 3ª CAMPANHA, REALIZADA EM NOVEMBRO DE 2011.