CINTIA MARIA ANCONA

Aspectos da variação espacial e temporal da biomassa e produção
fitoplanctônica e parâmetros correlatos no estuário e baía de Santos

Dissertação apresentada ao Instituto
Oceanográfico da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ciências,
área de Oceanografia Biológica.

Orientadora:
Profa. Dra. Sônia Maria Flores Giancesella

São Paulo
2007

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Aspectos da variação espacial e temporal da biomassa e produção
fitoplanctônica e parâmetros correlatos no estuário e baía de Santos

Cíntia Maria Ancona

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Julgada em ____/____/____

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Ao homem da minha vida.
Meu pequenino.
Minha força.
Meu anjo.
Gabriel.

ÍNDICE

Índice de Tabelas	7
Índice de Figuras	10
Resumo	20
Abstract.....	21
1. INTRODUÇÃO	22
1.1. <i>A biomassa e produção primária fitoplanctônica em sistemas estuarinos</i>	23
1.2. <i>Considerações sobre o transporte de propriedades em estuários</i>	27
1.3. <i>Objetivos</i>	29
2. ÁREA DE ESTUDO	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1. <i>Rede de Estações</i>	35
3.1.1. <i>Estratégia de Amostragem</i>	35
3.1.2. <i>Métodos de Análise das Variáveis</i>	35
3.1.2.1. <i>Variáveis Climatológicas</i>	35
3.1.2.2. <i>Variáveis Oceanográficas</i>	36
3.1.2.2.1. <i>Variáveis Físicas</i>	36
<i>Temperatura e Salinidade</i>	36
<i>Parâmetro de Estratificação</i>	36
<i>Penetração de luz</i>	36
<i>Séston</i>	37
3.1.2.2.2. <i>Variáveis Químicas</i>	37
<i>Amônia</i>	37
<i>Nitrito</i>	38
<i>Nitrato</i>	38
<i>Nitrogênio Inorgânico Dissolvido</i>	39
<i>Fosfato</i>	39
<i>Razão N:P</i>	39
<i>Silicato</i>	40
3.1.2.2.3. <i>Variáveis Biológicas</i>	40
<i>Pigmentos Fotossintéticos do Fitoplâncton</i>	40
<i>Razão Clb/Clc</i>	41
<i>Razão 480/665 (nm/nm)</i>	41
<i>Fitoplâncton Total</i>	42
<i>Produção Primária e Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I)</i>	43
3.1.2.3. <i>Análises estatísticas</i>	46

3.2.	<i>Estações Fixas</i>	47
3.2.1.	Estratégia de Amostragem.....	47
3.2.2.	Métodos de Análise das Variáveis	47
3.2.2.1.	Séries Temporais	47
3.2.2.2.	Transporte Resultante.....	48
4.	RESULTADOS.....	52
4.1.	<i>Rede de Estações</i>	52
4.1.1.	Variáveis Climatológicas	52
4.1.1.1.1.	Pluviometria.....	52
4.1.2.	Variáveis Oceanográficas	52
4.1.2.1.	Variáveis Físicas	52
4.1.2.1.1.	Temperatura.....	52
4.1.2.1.2.	Salinidade e Sigma-t	53
4.1.2.1.3.	Parâmetro de estratificação.....	54
4.1.2.1.4.	Penetração de Luz	54
4.1.2.1.5.	Séston (Total, Orgânico e Inorgânico).....	55
4.1.2.2.	Variáveis Químicas	56
4.1.2.2.1.	Nutrientes Nitrogenados (NID, Amônia, Nitrato e Nitrito).....	56
4.1.2.2.2.	Fosfato	57
4.1.2.2.3.	Silicato.....	58
4.1.2.2.4.	Razão N:P	59
4.1.2.3.	Variáveis Biológicas	59
4.1.2.3.1.	Pigmentos Fotossintéticos.....	59
a)	Clorofila a (Biomassa).....	59
b)	% de Cl-a Ativa e Feopigmentos.....	60
c)	Pigmentos Acessórios.....	61
d)	Razão Clb/Clc	63
e)	Razão 480/665 (nm/nm).....	63
4.1.2.3.2.	Fitoplâncton Total.....	64
4.1.2.3.3.	Produção Primária.....	65
a)	Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I).....	66
4.1.3.	Análises Estatísticas	68
4.2.	<i>Estações Fixas</i>	70
4.2.1.	Série Temporal.....	70
4.2.1.1.	Maio de 2005.....	70
	Canal de Santos	70
	Canal de São Vicente	73

4.2.1.2.	Julho de 2005.....	75
	Canal de Santos	75
4.2.1.3.	Agosto de 2005	78
	Canal de Santos	78
4.2.1.4.	Outubro de 2005	80
	Canal de Santos	80
	Canal de São Vicente	81
4.2.1.5.	Novembro de 2005.....	84
	Canal de Santos	84
4.2.1.6.	Dezembro de 2005.....	86
	Canal de Santos	86
4.2.2.	Transporte Resultante Médio de Propriedades.....	89
5.	DISCUSSÃO	92
5.1.	<i>Rede de Estações</i>	92
5.1.1.	Variáveis abióticas e biomassa.....	92
5.1.2.	Produção Primária do Fitoplâncton	100
5.2.	<i>Estação Fixa: Série Temporal e Transporte Resultante Médio das Propriedades</i>	107
6.	CONCLUSÕES.....	111
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
	TABELAS.....	123
	FIGURAS.....	148
	ANEXO	224

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Coordenadas, em graus, das estações de amostragem da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7).	124
Tabela 2 - Datas de amostragens da rede de estações realizadas de novembro de 2004 a dezembro de 2005 e estações onde foram obtidas as medidas de produção primária e datas das estações fixas realizadas nas desembocaduras dos canais de Santos e São Vicente.	124
Tabela 3 - Estações de amostragens em superfície (S) e fundo (F) na baía e canal de Santos, em cujas amostras foram realizadas as análises quali-quantitativas do fitoplâncton. *Estações onde foram realizadas medidas de produção primária. .	125
Tabela 4– Estações de coleta com amostras do fitoplâncton total, contadas e identificadas, e respectivas concentrações de clorofila-a (mg m^{-3}), em superfície (S) e fundo (F), de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	125
Tabela 5 - Profundidade local (Prof) (m), profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) e coeficiente de extinção da luz (K) (m^{-1}), nas estações da Baía (1, 2, 3 e 4) e do canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	126
Tabela 6 – Penetração de luz (%) nos três estratos de coleta, superfície (S) meia água (M) e junto ao fundo (F), nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e do canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	126
Tabela 7 – Concentrações médias entre superfície, meia água e fundo (mg m^{-3}) de Cl-a, Cl-b, Cl-c, Feopigmentos (Feo-a) e Carotenóides (Carot.), para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	127
Tabela 8 – Valores de clorofila-a (Cl-a) integrada na coluna de água (mg m^{-2}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	128
Tabela 9 – Gêneros identificados na análise qualitativa do fitoplâncton realizada nas estações da baía e canal de Santos ao longo do período amostrado.	128
Tabela 10 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em novembro de 2004.	129
Tabela 11 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em dezembro de 2004.	130

Tabela 12 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em janeiro de 2005.	131
Tabela 13 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em maio de 2005.	132
Tabela 14 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em agosto de 2005.	133
Tabela 15 – Valores máximos de produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e irradiâncias máximas (Imáx) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a que foram submetidas as amostras, para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), nos meses de realização das incubações.....	134
Tabela 16 – Parâmetros das curvas P-I: α^{B} ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{h}^{-1}(\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$), Ik ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e $\text{P}^{\text{B}}_{\text{max}}$ ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{h}^{-1}$) e Irradiâncias máximas (Imáx), em $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, à que foram submetidas as amostras, para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) em superfície (S) e fundo (F), nos meses de realização das incubações. Os valores de alfa marcados com * indicam as curvas que apresentaram fotoinibição. N. Sat : curvas que não atingiram ponto de saturação.	134
Tabela 17 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados anuais obtidos na baía e canal de Santos. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=168$	135
Tabela 18 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados das variáveis e valores de PP^{B} nas estações da baía e canal de Santos onde foram realizados os experimentos de incubação. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=13$	136
Tabela 19 – Médias mensais e desvio padrão de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade, densidade (kg m^{-3}) nutrientes inorgânicos (μM), clorofila-a (mg m^{-3}) e séston (mg l^{-1}) nas estações fixas no canal de Santos (maio, julho, agosto, outubro e dezembro) e canal de São Vicente (maio e outubro) durante o ano de 2005.	137
Tabela 20 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em maio. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=28$	138

Tabela 21 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de São Vicente em maio. Correlações significativas em $p < 0,050$. $n=9$	139
Tabela 22 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em julho. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=40$	140
Tabela 23 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em agosto. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=38$	141
Tabela 24 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em outubro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=34$	142
Tabela 25 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de São Vicente em outubro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=34$	143
Tabela 26 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em novembro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=39$	144
Tabela 27 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em dezembro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=39$	145
Tabela 28 – Valores de transporte médio resultante das propriedades nos meses de julho, agosto, outubro, novembro e dezembro para o canal de Santos e outubro para o canal de São Vicente. Valores negativos indicam importação e positivos indicam exportação.	146
Tabela 29 – Nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), amônia (NH_4), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2) e fosfato (PO_4), em μM , encontrados no sistema estuarino de Santos em estudos realizados de 1978 a 2006.	146
Tabela 30 - Biomassa fitoplanctônica, em termos de clorofila- a (mg m^{-3}), encontrados no sistema estuarino de Santos em estudos realizados de 1974 a 2006.	147

Índice de Figuras

Figura 1 – Imagem de Santos obtida por satélite. (Fonte: Embrapa in www.vivasantos.com.br).	149
Figura 2 – Localização das estações de coletas da Rede de Estações (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e da Estação Fixa (2 e 5).	150
Figura 3 - Totais pluviométricos mensais (mm) para o período entre outubro de 2004 e dezembro de 2005. Dados fornecidos pelo Serviço Nacional de Proteção ao Vôo do Estado de São Paulo.	150
Figura 4 - Totais pluviométricos diários (mm) dos cinco dias anteriores a cada coleta e mais o correspondente ao dia da coleta (indicado pela seta) na baía e canal de Santos.	151
Figura 5 - Evolução temporal da temperatura (°C) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	152
Figura 6 - Evolução temporal da salinidade nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	153
Figura 7 - Evolução temporal da densidade (Sigma-t) (kg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	154
Figura 8 – Variações temporais do parâmetro de estratificação nas estações: a) baía (estação 1 —●—; estação 2 -...●-...; estação 3 —●— e estação 4 -...●-...) e b) canal de Santos (estação 5 —●—; estação 6 -...●-... e estação 7 —●—).	155
Figura 9 – Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) em relação à profundidade local nas estações da baía e canal de Santos, entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	156
Figura 10 – Evolução temporal do séston total (ST) (mg l^{-1}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	157
Figura 11 – Evolução temporal da porcentagem de séston orgânico (%SO) (mg l^{-1}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	158
Figura 12 – Evolução temporal do séston orgânico (SO) (mg l^{-1}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	159

Figura 13 – Evolução temporal do séston inorgânico (SI) (mg l^{-1}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	160
Figura 14 - Evolução temporal das concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	161
Figura 15 – Evolução temporal das concentrações de amônia (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	162
Figura 16 - Evolução temporal das concentrações de nitrato (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	163
Figura 17 - Evolução temporal das concentrações de nitrito (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	164
Figura 18 – Evolução temporal das concentrações de fosfato (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	165
Figura 19 - Evolução temporal das concentrações de silicato (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	166
Figura 20 - Evolução temporal da razão N:P (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	167
Figura 21 – Evolução temporal das concentrações de clorofila-a (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-...●-...) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	168
Figura 22 - Distribuição horizontal da Cl-a (mg m^{-2}) integrada na coluna de água, de novembro de 2004 a abril de 2005.	169
Figura 23 - Distribuição horizontal da Cl-a (mg m^{-2}) integrada na coluna de água, de maio a dezembro de 2005.	170

Figura 24 - Evolução temporal da clorofila-a ativa (%) em relação à clorofila total nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.	171
Figura 25 – Evolução temporal das concentrações de feopigmentos (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.	172
Figura 26 - Evolução temporal da clorofila-b (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.	173
Figura 27 - Evolução temporal da clorofila-c (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.	174
Figura 28 – Evolução temporal das concentrações de carotenóides (mg m^{-3}), nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), entre janeiro e dezembro de 2005.	175
Figura 29 - Evolução temporal da razão Clb/Clc na baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.	176
Figura 30 – Evolução temporal da Razão 480/665 nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.	177
Figura 31 – Composição relativa dos principais grupos do fitoplâncton na baía (a) e canal de Santos (b), de novembro de 2004 a dezembro de 2005. Fitoflagelados inclui: Euglenophyceae, Prasinophyceae, Haptophyceae e os fitoflagelados não identificados.	178
Figura 32 – Composição relativa dos principais grupos de organismos do fitoplâncton excluindo-se os fitoflagelados, na baía (a) e canal de Santos (b), de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	179
Figura 33 - Valores de PP ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) nas estações de coleta da baía (1, 2, 3 e 4) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em superfície (S) e fundo (F) nos meses de realização das incubações. * Curvas que atingiram a saturação.	180
Figura 34 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (F) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em novembro de 2004.	181

Figura 35 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (S) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em dezembro de 2004.	182
Figura 36 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (F) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em janeiro de 2005.	183
Figura 37 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (F) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em maio de 2005.	184
Figura 38 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (S) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em agosto de 2005.	185
Figura 39 – Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos ao longo do período de estudo.	186
Figura 40 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) novembro e b) dezembro de 2004.	187
Figura 41 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) janeiro e b) fevereiro de 2005....	188
Figura 42 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) março e b) abril de 2005.	189
Figura 43 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) maio e b) junho de 2005.	190
Figura 44 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) julho e b) agosto de 2005.	191
Figura 45 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) outubro e b) dezembro de 2005.	192
Figura 46 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos nas estações de produção primária em novembro e dezembro de 2004 e janeiro, maio e agosto de 2005.	193
Figura 47 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados aleatorizados das estações de produção primária em novembro e dezembro de 2004 e janeiro, maio e agosto de 2005.	194
Figura 48 – Variação da altura de maré (m) para Santos, no dia da coleta e ao longo do período amostrado, em maio de 2005.	195

Figura 49 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em maio de 2005.	195
Figura 50 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em maio de 2005.	196
Figura 51 – Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila b (mg m^{-3}), f) clorofila c (mg m^{-3}), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m^{-3}), i) feopigmentos (mg m^{-3}) e j) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em maio de 2005.	197
Figura 52 – Variação da altura de maré (m) para São Vicente, no dia da coleta e ao longo do período amostrado, em maio de 2005.	198
Figura 53 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.	198
Figura 54 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM) e h) silicato (μM), em superfície (—●—) e fundo (---●---), na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.	199
Figura 55 - Série temporal de a) fosfato (μM), b) razão N:P, c) séston total (mg l^{-1}), d) séston orgânico (mg l^{-1}), e) séston inorgânico (mg l^{-1}), f) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), g) clorofila b (mg m^{-3}), h) clorofila c (mg m^{-3}), em superfície (—●—) e fundo (---●---), na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.	200
Figura 56 – Série temporal de a) clorofila-a ativa (%), b) carotenóides (mg m^{-3}), c) feopigmentos (mg m^{-3}) e d) razão 480nm/665nm, em superfície (—●—) e fundo (---●---), na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.	201
Figura 57 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em Julho de 2005.....	202

Figura 58 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em julho de 2005.....	202
Figura 59 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em julho de 2005.	203
Figura 60 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila b (mg m^{-3}), f) clorofila c (mg m^{-3}), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m^{-3}), i) feopigmentos (mg m^{-3}) e j) razão 480nm/665nm na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em julho de 2005.	204
Figura 61 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em agosto de 2005.	205
Figura 62 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em agosto de 2005. e fundo	205
Figura 63 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em agosto de 2005.	206
Figura 64 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila b (mg m^{-3}), f) clorofila c (mg m^{-3}), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m^{-3}), i) feopigmentos (mg m^{-3}) e j) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em agosto de 2005.	207
Figura 65 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em Outubro de 2005.	208
Figura 66 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em outubro de 2005.	208

Figura 67 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em outubro de 2005.	209
Figura 68 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila c (mg m^{-3}), f) clorofila-a ativa (%), g) carotenóides (mg m^{-3}), h) feopigmentos (mg m^{-3}) e i) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em outubro de 2005.	210
Figura 69 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de São Vicente (estação 2), em superfície (—●—), meia água (-...▲...) e fundo (---■---), em Outubro de 2005.	211
Figura 70 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (-...●...) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.	211
Figura 71 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM) i) fosfato (μM) e j) razão N:P na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.	212
Figura 72 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila b (mg m^{-3}), f) clorofila c (mg m^{-3}), g) clorofila-a ativa (%); h) carotenóides (mg m^{-3}), i) feopigmentos (mg m^{-3}) e j) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.	213
Figura 73 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (-...▲...) e fundo (---■---), em novembro de 2005.	214
Figura 74 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (-...●...) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em novembro de 2005.	214
Figura 75 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em novembro de 2005.	215

Figura 76 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), c) clorofila c (mg m^{-3}), d) clorofila-a ativa (%), e) carotenóides (mg m^{-3}), f) feopigmentos (mg m^{-3}) e g) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em novembro de 2005.	216
Figura 77 - Variação de correntes (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (-.-▲.-) e fundo (---■---), em dezembro de 2005.	217
Figura 78 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (-.-●.-) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em dezembro de 2005.	217
Figura 79 - Série temporal de a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em dezembro de 2005.	218
Figura 80 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila c (mg m^{-3}), f) clorofila-a ativa (%), g) carotenóides (mg m^{-3}), h) feopigmentos (mg m^{-3}) e i) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em dezembro de 2005.	219
Figura 81 - Valores temporais médios da componente u (m s^{-1}), obtidos através dos registros do ADCP no canal de Santos em: julho (—▲—), agosto (-.-◆.-), outubro (-.-■.-), novembro (—) e dezembro (—●—) de 2005.	220
Figura 82 - Valores temporais médios da componente u (m s^{-1}), obtidos através dos registros do ADCP no canal de São Vicente em: outubro (—●—) de 2005.	220
Figura 83 – Valores de transporte resultante de a) sal ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), b) nitrato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), c) amônia ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), d) nitrito ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), e) NID ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), f) fosfato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), g) silicato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e h) clorofila-a ativa ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), na estação fixa de Santos (estação 5) em julho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2005.	221
Figura 84 – Valores de transporte resultante de a) clorofila c ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), b) clorofila-a ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), c) feopigmentos ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), d) carotenóides ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), e) séston total ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), f) séston orgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e g) séston inorgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), na estação fixa de Santos (estação 5) em julho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2005.	222
Figura 85 - Valores de transporte resultante de a) sal ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), séston total ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), séston orgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e séston inorgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), b) amônia ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), nitrato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), nitrito ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), NID ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), fosfato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e silicato	

(g m⁻¹ s⁻¹) e c) clorofila-a (g m⁻¹ s⁻¹), clorofila-a ativa (g m⁻¹ s⁻¹), clorofila c (g m⁻¹ s⁻¹), feopigmentos (g m⁻¹ s⁻¹) e carotenóides (g m⁻¹ s⁻¹), na estação fixa de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005. 223

Agradecimentos

À Dra. Sônia M. F. Giancesella, idealizadora deste trabalho, pela orientação, dedicação, paciência e amizade.

À Fapesp pela concessão da bolsa de mestrado

À todos os amigos que passaram pelo laboratório Profito e aqueles que ainda fazem parte, e que colaboraram em algum momento para a realização deste trabalho: Michele, Bárbara, Andres, Breno, Rebecca, Thaís, Adriana, Bruna, Fernanda, muito obrigada. Sem vocês, as análises não teriam tanta graça.

Ao Dr. José Juan Barrera-Alba pela enorme e importante ajuda nas correções deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luis B. de Miranda, pelos ensinamentos durante o desenvolvimento deste trabalho.

À todos os amigos da biblioteca, pela paciência e várias quebras de galho.

Aos amigos, técnicos e funcionários do DOB, Marta, Tomás, “Seu” Manoel, Ricardo, Luís, Dárcio, Míriam, Marlene “Dona Cida”, Trini, Ruth e Cidinha que ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho. Muito obrigada!!

Às meninas da pós, Silvana e Ana Paula pela grande ajuda burocrática, sempre necessária.

Ao pequeno grande Valter, pela grande ajuda computacional nesses 30 meses.

À tripulação do Veliger e navio e a todas as pessoas que colaboraram nas coletas do ECOSAN.

À Dra. Flávia M. P. Saldanha-Corrêa, por seus ensinamentos, paciência, compreensão, carinho, amizade, broncas, boas risadas e por ser essa pessoa linda que leva um mundo nas costas. Serei SEMPRE muito grata.

À grande amiga Melissa Carvalho. Esses 30 meses não seriam tão especiais se eu não tivesse a doc sentada ao meu lado. Já morro de saudade.

Aos amigos/irmãos Saulo, Há e Juju por me ajudarem a não perder o emocional jamais e por tantas outras coisas que só amigos/irmãos vivem e que vou levar comigo pra sempre.

Aos grandes amigos que o IO me deu: Naty, Cau, Caia, Jujuba, Andréa, Cíntia (uhhu..heavy hour!!), Betina, Keiy, Thaís, Paulinha, Sandrinha, Ana, Maurício, Juliano, Fábio, Bica, Pisseta, Betinho e Gabriela. Gostaria de poder falar de cada um em especial, mas o importante é que vocês saibam que fazem parte da minha vida, independente pra onde eu vá. Muito Obrigada por me fazerem tão bem. Um especial agradecimento à Cau pela ajuda na montagem da dissertação e Caia por me ajudar com o meu “inglês”.

Aos meus pais, os melhores pais e avós do mundo e meus irmãos. Sem vocês nada disso teria se tornado realidade.

Ao meu filho, que me fez conhecer o amor incondicional e verdadeiro e que trouxe à minha vida milhares de novas e maravilhosas razões para ser feliz.

E à todos aqueles que eu possa ter esquecido, já que a correria é grande. Muito Obrigada!!!.

Resumo

No intuito de identificar as relações entre as variações espaciais e temporais da biomassa e produção primária fitoplanctônica frente às variáveis físicas e químicas da coluna de água, foram realizadas coletas mensais de parâmetros físicos, químicos (nutrientes inorgânicos), séston e biomassa fitoplanctônica em 4 estações oceanográficas localizadas na baía e 3 no canal de Santos no período entre novembro de 2004 a dezembro de 2005. O transporte de propriedades entre os canais estuarinos e a baía foi estimado através de medidas realizadas em estações fixas, nas entradas dos canais de Santos e São Vicente, durante um ciclo completo de maré (13h). Os principais fatores limitantes ao desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica e da produtividade primária foram: a disponibilidade de luz, a estratificação da coluna de água e a temperatura. Os canais de Santos e São Vicente atuaram como importadores de sal, nutrientes e biomassa fitoplanctônica na maioria das ocasiões estudadas. Os elevados teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos, associados à ausência de correlação entre nutrientes e biomassa, indicam que não há limitação nutricional, apesar das condições distróficas observadas. Os altos teores de Cl-a (média de $10,1 \text{ mg m}^{-3}$) indicam que o ambiente continua apresentando características eutróficas, já reportadas em trabalhos realizados na área há mais de 30 anos.

Palavras-chave: biomassa, fitoplâncton, pigmentos fotossintéticos, nutrientes inorgânicos, transporte resultante, produção primária, séston, eutrofização, Santos.

Abstract

The relationship between time-space variations of phytoplankton biomass and primary productivity and the variability in physical and chemical characteristics of the water column was investigated by monthly samplings of temperature, salinity, inorganic nutrients, seston and phytoplankton biomass in 4 oceanographic stations in Santos Bay and 3 stations in Santos Channel, during the period from November 2004 to December 2005. The transport of properties between estuarine channels and the bay was estimated by measurements conducted in fixed stations located at Santos and São Vicente Channels inlets throughout a complete tidal cycle (13h). The main limiting factors to phytoplankton biomass development were: light availability, water column stratification and temperature. Santos and São Vicente channels imported salt, nutrients and phytoplankton biomass in the majority of the studied cases. High levels of dissolved inorganic nutrients and biomass indicate no nutritional limitation, despite the dystrophic conditions observed. High chlorophyll-a concentrations (mean value 9.82 mg m^{-3}) indicate the environment still displays the eutrophic characteristics already reported in former studies conducted in this area by more than 30 years ago.

Key-words: phytoplankton biomass, photosynthetic pigments, inorganic nutrients, resultant transport, primary production, seston, eutrophication, Santos.

1. Introdução

Segundo a definição clássica de Cameron & Pritchard (1963), os estuários são corpos de água costeiros semifechados, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior dos quais a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental. Esse ambiente sofre a ação de agentes locais e remotos gerados pela ação de eventos climáticos, oceanográficos, geológicos, hidrológicos, biológicos e químicos que ocorrem na bacia de drenagem e no oceano adjacente e, portanto, estão sujeitos a constantes flutuações em suas características funcionais, tornando-se assim, naturalmente estressantes aos organismos (Miranda *et al.*, 2002).

Aliados a esses tensores naturais, como extremos de temperatura, oscilações nas descargas fluviais e no aporte de nutrientes e elevação da turbidez, estão as atividades humanas, que, concentradas nessas áreas geram vários outros tipos de estresse, que podem alterar completamente as condições naturais do meio (Bonetti, 2000).

A qualidade da água da região da Baía de Santos está comprometida já há vários anos. O lançamento clandestino de esgotos domésticos nos canais estuarinos, o despejo de efluentes do complexo industrial de Cubatão, os despejos oriundos das atividades portuárias no Porto de Santos, os canais artificiais de drenagem que desembocam nas praias e os despejos do emissário submarino acabam por ter uma ação sinérgica agravando o processo de eutrofização e degradação ambiental em todo o complexo estuarino (CETESB, 1978, 2001; Frazão, 2001; Moser, 2002). Essa introdução direta ou indireta de substâncias e de energia pelo homem pode causar a contaminação das águas estuarinas com efeitos nocivos para os recursos vivos, perigo para a saúde humana, obstáculos para as atividades marinhas e pesqueiras, deterioração da água e redução de seus atrativos naturais.

O presente trabalho está inserido no Subprojeto "Influência dos estuários sobre fluxo de energia e ciclagem de materiais nos primeiros níveis da cadeia trófica da plataforma de Santos" do projeto temático "A Influência do Complexo Estuarino da Baixada Santista Sobre o Ecossistema de Plataforma

Continental Adjacente (ECOSAN)”, aprovado no âmbito do programa Núcleos de Excelência do CNPq – (Pronex) e Fapesp.

O ECOSAN se propõe a avaliar a influência do sistema estuarino de Santos sobre a plataforma continental adjacente sob os aspectos físicos, químicos, geológicos e biológicos. Esse estudo é de grande importância porque as regiões costeiras refletem os efeitos da convergência dos fluxos de materiais e de energia dos sistemas oceânico, atmosférico e terrestre, somados aos decorrentes das ações humanas (Pires-Vanin, 2005).

1.1. A biomassa e produção primária fitoplanctônica em sistemas estuarinos

Em geral as águas dos estuários são biologicamente mais produtivas do que as dos rios e do oceano adjacente, graças a características como a baixa profundidade que favorece a relação entre a coluna de água e os sedimentos, a alta disponibilidade de energia proveniente da variação das marés e dos gradientes de densidade que são gerados pela entrada de água do mar, além da grande quantidade de material antrópico que chega ao sistema, aumentando a carga de nutrientes, estimulando a produtividade desses corpos de água e na maioria das vezes acentuando um processo de eutrofização (Proença, 1994; Moser, 2002; Miranda *et al.*, 2002).

O papel do fitoplâncton nestes sistemas é fundamental, uma vez que, estando na base da cadeia alimentar, deles dependem (direta ou indiretamente) a generalidade das comunidades marinhas, principalmente no que diz respeito à obtenção de energia.

A quantidade de nutrientes dissolvidos, em especial o nitrogênio e o fósforo, é um fator condicionante da flora estuarina. Os estuários são, naturalmente, enriquecidos em nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, que erodem e lavam a superfície terrestre e a água salgada trazida pela maré. Esse enriquecimento pode contribuir para um maior crescimento dos produtores primários, que tendo energia luminosa disponível e temperatura adequada para a atividade fotossintética poderão ter condições para aumentar a sua produção. A elevação das concentrações de nutrientes dissolvidos

resultantes de processos naturais somados a atividade antrópica, aumentam a produção de matéria orgânica, causando o processo de eutrofização antrópica e provocando um desequilíbrio no sistema (Nixon, 1992).

A entrada artificial de nutrientes na maioria dos casos funciona como um estímulo imediato para o crescimento exagerado das algas e plantas aquáticas superiores, provocando um desequilíbrio no ecossistema. Em estágios mais avançados e em regiões com circulação restrita ocorre a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, devido à decomposição da matéria orgânica produzida, podendo haver situações de anoxia com a conseqüente morte dos organismos.

Para a caracterização do estado trófico de um ambiente aquático, medidas das concentrações de nutrientes dissolvidos e de matéria orgânica em suspensão são imprescindíveis, tanto para relacionar esses incrementos com as variações na produtividade primária fitoplanctônica bem como para possibilitar a identificação das fontes eutrofizantes.

Em um estuário, a estabilidade da coluna de água, que apresenta variações como resultado do balanço entre fontes oscilantes (radiação solar e descarga fluvial) e a entrada de energia mecânica (ventos, marés e também a descarga fluvial), influencia a disponibilidade de luz e nutrientes (Mann & Lazier, 1991). A entrada de água doce causa também uma estratificação salina vertical, que poderá melhorar as condições de luminosidade na camada superficial da coluna de água e conseqüentemente aumentar a produtividade primária (Cloern, 1991). A salinidade também é importante como fator limitante à distribuição das diferentes espécies de organismos ao longo do sistema estuarino.

A luz é um dos fatores mais importantes para a produtividade do fitoplâncton (Talling, 1971) e depende diretamente da quantidade de material em suspensão na coluna de água e do próprio auto-sombreamento das células. A profundidade relativa da camada de mistura e da zona eufótica tem uma importância óbvia para estes organismos que precisam de energia luminosa para crescer. A captação de energia radiante pelos organismos autotróficos é feita através de pigmentos existentes nos cloroplastos destas células. Entre os vários pigmentos salienta-se a ação da clorofila-a pelo papel que possui em todo o processo da fotossíntese e, portanto pode ser assumida uma relação

direta entre a quantidade desse pigmento e a concentração de biomassa do fitoplâncton. Esta relação pode variar dependendo da espécie e do estado de nutricional do organismo.

A fotossíntese possui dois processos fisiológicos, o fotoquímico e o enzimático. Os processos enzimáticos dependem da concentração de enzimas ativas e da temperatura (reações de escuro) e os processos fotoquímicos irão depender da absorção da luz pelos pigmentos fotossintéticos e, portanto, da concentração destes pigmentos e da intensidade luminosa (reações de claro).

Esses processos podem ser descritos através de uma curva que representa a fotossíntese em função da irradiância (P-I). Os parâmetros que descrevem essas curvas são: a taxa máxima de fotossíntese (P^B_{max}), representando a limitação imposta pelos processos enzimáticos, os quais são controlados principalmente por fatores ambientais como temperatura e concentração de nutrientes; o valor de iluminação no início do processo de saturação (Ik) e o rendimento fotossintético (α^B), que é uma função da intensidade luminosa, da concentração de pigmentos fotossintetizantes e do histórico de luz do organismo.

Dependendo das condições ambientais a que as algas se encontram submetidas, estas irão apresentar diferentes valores para os parâmetros fotossintéticos de acordo com sua capacidade adaptativa, seja ela fotoquímica ou enzimática, quando são submetidas às mesmas intensidades luminosas (Abe, 1993).

Apesar da baía de Santos e estuários adjacentes (São Vicente, Santos e Bertioga) representarem as regiões mais estudadas da Baixada Santista, estudos enfocando a produtividade primária fitoplanctônica e suas relações com os parâmetros físicos e químicos são escassos. Podem ser citados os trabalhos de Giancesella-Galvão (1978, 1982), Frazão (2001) e Moser (2002).

Um dos primeiros estudos de caráter ecológico amplo, realizado no estuário e baía de Santos, foi um levantamento das condições ambientais prévias à construção do emissário submarino na baía de Santos. A CETESB, em conjunto com o IOUSP, realizou esse estudo durante os anos de 1975-76 (CETESB, 1978). Nesse levantamento foram analisados os efeitos dos nutrientes sobre a biomassa e produção primária das populações fitoplanctônicas, constatando-se o alto grau de eutrofização do ambiente.

Diversos trabalhos foram publicados a partir desse levantamento. Giancesella-Galvão (1978,1982) detectou concentrações máximas de 50 μM de amônia, 17,85 μM de nitrato e 9,16 μM de fosfato, enquanto que o máximo de biomassa fitoplanctônica observado foi da ordem de 55,3 mg cl-a m^{-3} . Em termos de produção primária o valor máximo foi de 488,4 mgC $\text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$, um dos valores mais elevados já reportados para ambientes estuarinos tropicais.

Também como resultado desse estudo, a poluição no canal de Santos e os aspectos hidrológicos foram apresentados em formas de mapas temáticos (CETESB, 1978), discutidos por Tommasi (1979, 1982), nos quais o aumento da biomassa fitoplanctônica foi relacionado ao grande volume de nutrientes provenientes dos efluentes industriais, municipais e domésticos, permitindo classificar a área como eutrofizada.

Pereira (1985), com base em dados coletados em 1978 nos canais de Santos, São Vicente e baía de Santos, obteve maiores concentrações de nutrientes nas águas do canal de Santos. Mais recentemente, resultados similares foram obtidos por Braga et al. (1997) e FUNDESPA (1998) estudando os canais e Baía de Santos, indicando que o ambiente ainda continua apresentando características fortemente eutróficas.

Sousa (1983, 1985) e Sousa *et al.* (1996), avaliaram a produção primária microfitobentônica da zona entre-marés da praia da Enseada (Guarujá), Ponta da Praia (Santos) e Vicente de Carvalho (Guarujá) e sugeriram que no sistema estuarino de Santos, a produção primária do microfitobentos contribui significativamente para a produtividade primária total da área.

Bonetti (2000), através de um estudo de foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos, observou que a porção interna do estuário de São Vicente encontra-se sobre intenso processo de eutrofização, enquanto que no estuário de Santos há uma diluição da carga de poluentes, através da ação das marés, permitindo o desenvolvimento da comunidade bentônica.

Na região norte do canal de Bertioga (entre o largo do Candinho e Barra de Bertioga), Giancesella et al. (2000), observaram o caráter eutrófico natural desse ambiente, ainda relativamente pouco impactado pela ação

antrópica, através da variação da biomassa fitoplanctônica em relação a variações físicas e químicas.

Em 2001, a Cetesb voltou a realizar uma ampla avaliação em termos de contaminação e degradação ambiental na região. Foram verificadas altas concentrações de metais pesados na biota e nos sedimentos estuarinos de Santos e São Vicente.

Em um estudo comparativo sobre as condições tróficas dos ecossistemas costeiros de Ubatuba, Praia Grande e Santos, Frazão (2001), destacou a baía de Santos como a região mais eutrofizada dentre as áreas estudadas, obtendo valores de PP da ordem de $5620 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, na entrada do canal de Santos.

Moser (2002) avaliou o estado trófico das águas nas regiões internas dos canais de Santos e São Vicente até a baía de Santos, realizando medidas de produtividade primária fitoplanctônica em condições de verão. Além disso, realizou estimativas de transporte instantâneo de materiais dos canais de Santos e São Vicente para a baía, concluindo que esses são as principais fontes de eutrofização para a baía, apesar do impacto causado pelo emissário submarino de esgotos.

Aguiar (2005), estudou a variação espacial e temporal das características biogeoquímicas do fósforo e do chumbo e o transporte de propriedades no sistema estuarino de Santos/S. Vicente. Esta autora reportou os baixos valores de biomassa observados ao longo do canal estuarino (máximo de $10,89 \mu\text{g l}^{-1}$ para o canal de Santos durante o inverno; $3,52 \mu\text{g l}^{-1}$ para o canal de São Vicente no verão e $1,60 \mu\text{g l}^{-1}$ para a baía de Santos também no verão) e os pontos de maior concentração aos efluentes industriais que atingem essa região do sistema.

1.2. Considerações sobre o transporte de propriedades em estuários

O fluxo contínuo de água e materiais em direção aos oceanos, ao atingir a costa se torna mais complexo, devido a diversos processos físicos e

biológicos que ocorrem devido à interação do estuário com o mar aberto (Kjerfve, 1989 *apud* Dame & Allen, 1996).

Essas trocas podem ocorrer de forma passiva (dirigidas pelas forças físicas) ou ativa (resultado do comportamento dos organismos), sendo que ambos podem resultar no movimento de materiais do mar para o estuário (inwelling) e do estuário para o mar (outwelling) (Jansson, 1988 *apud* Dame & Allen, 1996). Há ainda processos que determinam a retenção de materiais nos estuários (Dame & Allen, 1996). O fluxo resultante dos sistemas estuarinos para a região costeira irá determinar a intensidade com que o uso e ocupação do solo na área adjacente irão afetar a biota marinha e o quanto isso interferirá na saúde das populações que utilizam os recursos marinhos naturais como alimento.

Na “Hipótese de Exportação” (Outwelling Hypothesis) proposta por Odum em 1968 (*apud* Dame & Allen, 1996), os sistemas estuarinos produzem mais matéria do que podem utilizar, e o material em excesso é exportado para o mar adjacente, onde sustentará a produção oceânica. Esta hipótese foi testada por diversos autores desde a sua formulação, e muitos relataram comportamentos contrários ao que foi teorizado por Odum, observando importação, como Ganesella *et al.* (2002) para a biomassa fitoplanctônica durante maré de quadratura no canal de Bertioga, Barrera-Alba *et al.* (2002) para o ferro, em amostras realizadas durante o inverno na barra de Cananéia, entre outros.

Uma das principais forças que transportam material dos estuários para o mar é a descarga fluvial, sendo que em períodos onde esta é intensa, tanto o material particulado quanto o dissolvido podem ser transportados em direção ao mar em todas as profundidades e, em períodos de descargas menos intensas o transporte em direção ao mar pode continuar pela superfície, mas a estratificação salina pode permitir o transporte em direção ao interior do estuário em profundidade (Miranda *et al.* 2002).

Na região da Baixada Santista, estudos sobre a quantificação do transporte de propriedades são escassos, podendo ser citados apenas os estudos de Miranda *et al.* (1998) e Ganesella *et al.* (2002) para o canal de Bertioga, Moser (2002) para o canal de Santos e São Vicente com estimativas de transporte instantâneo e Aguiar (2005) que determinou o transporte

advectivo de sal, fósforo, clorofila-a e material em suspensão para o Sistema Estuarino de Santos e São Vicente comparando-os ao complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

1.3. Objetivos

O presente estudo tem como objetivos principais identificar as relações entre as variações espaciais e temporais da biomassa e produção primária fitoplanctônica em relação às variáveis físicas e químicas da coluna de água, através de observações mensais da sua estrutura termohalina, disponibilidade e distribuição de nutrientes inorgânicos, séston e pigmentos fitoplanctônicos em uma rede de estações composta por pontos localizados no canal e baía de Santos ao longo de um ciclo anual.

Também serão apresentadas estimativas do balanço do transporte resultante para um ciclo completo de maré dos nutrientes, séston e biomassa fitoplanctônica, entre os canais de Santos e São Vicente e a baía de Santos, em condições sazonais distintas, necessárias para a caracterização da dinâmica de eutrofização local.

2. Área de Estudo

A região da Baixada Santista, localizada na porção centro-sul do litoral do estado de São Paulo (24°00'S; 46°26'W), possui um importante sistema aquático composto por uma série de rios que desembocam nos canais de Santos e São Vicente e esses por sua vez desembocam na baía de Santos (Figura 1).

A região situa-se na planície costeira de Santos, a qual possui cerca de 40 km de extensão por 15 km de largura em sua parte mais ampla. É delimitada nas suas extremidades pela Serra de Mongaguá, ao sul, e pela parte rochosa da Ilha de Santo Amaro ao norte. Na área central e nordeste, a planície é drenada por uma rede de lagunas e canais de maré que delimitam as ilhas de São Vicente e Santo Amaro (Fukumoto, 2003).

A gênese desta planície, segundo Suguio & Martin (1978), está diretamente relacionada aos mecanismos de variação do nível do mar, que ocorreram nos máximos transgressivos do Pleistoceno Superior (120.000 anos A.P.) e do Holoceno (5.100 anos A.P.), quando a água do mar atingiu cotas entre 8 e 10 m, respectivamente, e 4 e 5 m acima do nível atual. No intervalo entre os máximos transgressivos foram depositados cordões arenosos sobre os sedimentos argilo-arenosos transicionais e também sobre as areias litorâneas transgressivas, devido ao pronunciado recuo do nível do mar (último máximo glacial), que expôs as atuais planícies costeiras e quase toda a plataforma continental paulista. Após o máximo transgressivo holocênico, quando a linha de costa recuou para seu nível atual, foi originado um segundo conjunto de cordões arenosos. À medida que o nível do mar atingia sua posição atual, formou-se uma vasta laguna que foi parcialmente colmatada e colonizada pela vegetação de mangue.

Nas regiões ao redor de canais ou rios, formou-se um depósito aluvionar exposto, sujeito aos efeitos da inundação periódica de água salgada. Nessa planície formou-se uma das mais importantes áreas de manguezais no estado de São Paulo. Cerca de 10% da área da planície (aproximadamente 100 km², de acordo com Cetesb, 1978) eram cobertas inicialmente por manguezais os quais foram sendo degradados pelas atividades antrópicas; em

1993, cerca de 40% deles foram considerados em bom estado de preservação (Silva *et al.*, 1993).

A vegetação natural da Baixada Santista é composta por uma exuberante floresta Atlântica, matas e manguezais.

A presença da Serra do Mar, que cerca a região estuarina na sua porção continental, aliada à alta pluviosidade da região, favorecem a erosão das encostas e o transporte de material sedimentar para a área costeira, além de funcionar como uma barreira natural em relação à circulação atmosférica e à ocupação antropogênica.

O anticiclone do Atlântico Sul, que origina a massa tropical Atlântica, é quem controla o clima da região de Santos na maior parte do tempo, sendo que no verão a forte insolação torna essa massa instável ocasionando as fortes chuvas características do período. O clima da região é tropical úmido, sem estação seca, com níveis de chuva entre 2000 e 4500 mm por ano, com alta variabilidade interanual. A média diária de chuvas em estações mais secas está em torno de 10 mm, enquanto que nas estações mais chuvosas essa média fica entre 30 e 180 mm. Registra temperaturas extremas de 42°C e mínimas inferiores a 10°C, sendo a temperatura média de 20° C (DAEE, 1999).

Os ventos prevalecentes na região são do quadrante leste, porém quando há a chegada de frentes frias, que geram forte nebulosidade e chuvas torrenciais, a circulação prevalecente é substituída pelos ventos predominantes do sul que acompanham essas frentes (Fukumoto, 2003) .

O canal de Santos e o Canal de São Vicente fazem a ligação da Baía com os estuários de Santos e São Vicente. Estes canais transportam o material sedimentar e organismos do estuário para a baía e vice-versa. Moser (2002), estimou para o Canal de Santos correntes com vazões oscilando entre 225 e 3800 m³/s. A soma das vazões observada para os dois canais foi de 405 a 5.450 m³/s.

As principais forças geradoras da circulação e dos processos de mistura na baía e canal de Santos são a maré, a descarga de água doce, o gradiente de densidade, o vento e a circulação costeira (Harari *et al.*, 2000).

Os sedimentos da baía de Santos sofrem constante remobilização, recebendo constantemente depósitos oriundos, principalmente, do canal de Santos e de pequenas contribuições de origem costeira que entram na baía

pela região sudoeste, nas proximidades da Ponta de Itaipu. De acordo com Fúlfaro e Ponçano (1976) há um gradiente na distribuição do tamanho dos grânulos de sedimento, no sentido leste – oeste (lama – areia) da baía, sendo que esse padrão se deve à circulação das massas d'água na baía, ao transporte de material proveniente dos canais de Santos e São Vicente e ao aporte de material oriundo do transporte pela deriva costeira.

A região de Santos abriga alguns dos mais antigos núcleos urbanos do Brasil, incluindo a primeira vila do país, a Vila de São Vicente, fundada em 1532. Desde então, a região vem sendo ocupada, muitas vezes de maneira desorganizada, gerando inúmeros problemas ambientais e de saúde pública ao longo do tempo, mas somente a partir da segunda metade do século XX é que esse processo de ocupação se intensificou, com a expansão do Porto de Santos, a instalação do pólo industrial de Cubatão e o aumento do turismo (Abessa, 2002).

O município de Santos é densamente povoado (1.488 hab km²), com características urbanas voltadas para a verticalização e uma taxa de urbanização de 99,47%. Segundo o IBGE (2000), Santos possui 417.983 habitantes sendo que apenas 2.236 residem na área rural. Durante as temporadas de verão, férias e feriados prolongados, estima-se uma população flutuante de aproximadamente 1,5 milhões de pessoas (SEADE, 2000).

Desde o fim dos anos 70, o esgoto doméstico da cidade de Santos é lançado através de um emissário submarino no centro da Baía de Santos. Este emissário apresenta extensão de 4 km e 1,75 m de diâmetro interno para uma descarga final média de 7 m³/s, sendo um marco para o saneamento de toda a região e para a melhoria das condições de vida da população santista. O esgoto urbano de Santos e São Vicente, bem como as águas dos canais de drenagem destes municípios, é direcionado para a EPC – Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto, próximo a Praia de José Menino. Esse esgoto passa por grades de 10 e 4 cm, para retirada do lixo, é clorado e dirigido a peneiras rotativas horizontais com 1,5 mm de malha, seguindo para uma caixa de areia. Na saída da caixa de areia o esgoto é novamente clorado e enviado em fluxo constante para o emissário submarino. Os últimos 200 m do emissário correspondem à zona dos difusores, num total de 40 unidades com 30 cm de

diâmetro e espaçados a cada 5 m. Esses difusores facilitam a diluição pelo aumento da taxa de difusão dos efluentes no mar (David, 2003).

Em 1995, a Região Metropolitana da Baixada Santista foi reconhecida pelo governo do Estado para incentivar e melhor ordenar o desenvolvimento da região. Essa região é composta por nove municípios: Santos, São Vicente, Cubatão, Guarujá, Bertioga, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, num total de aproximadamente 1.900.000 habitantes. Santos é o pólo da Região Metropolitana, fornecendo um variado conjunto de serviços para os demais municípios, destacando-se também Cubatão por sua grande concentração industrial, além disso, todas as áreas urbanas desses municípios são limítrofes, criando uma forte interdependência entre eles e formando "uma só cidade com administrações descentralizadas" (VIVA SANTOS, 2006).

O pólo siderúrgico, petroquímico e de fertilizantes em Cubatão e o complexo portuário de Santos são considerados os mais importantes da América Latina. As atividades associadas a estes empreendimentos acabaram gerando problemas ambientais como o desmatamento de grandes áreas de manguezal, a poluição generalizada nos diversos compartimentos dos ecossistemas locais, a degradação da qualidade da água das praias, e a ocorrência de efeitos sobre a população residente, desencadeando a crise ambiental que acometeu a região e, principalmente, Cubatão, no final da década de 70 e início dos anos 80. A partir de 1984, com a implantação do "Programa de Recuperação da Qualidade Ambiental de Cubatão", este processo de degradação começou a ser revertido, devido à redução da carga de poluentes para o sistema hídrico (Abessa, 2002).

Nos dias de hoje, apesar do grande esforço para o controle das fontes de contaminantes, a situação ainda é preocupante. Mais de 20 indústrias de médio a grande porte contribuem com a maior quantidade de elementos e substâncias químicas para o estuário. Os efluentes da COSIPA, Ultrafertil e da Refinaria Presidente Bernardes são os responsáveis por mais de 90% da carga tóxica que é lançada no ambiente. Apesar da maior parte do esgoto doméstico das cidades de Santos e São Vicente estar sendo disposta pelo emissário submarino, ainda ocorrem lançamentos de esgotos clandestinos das áreas ocupadas nas margens dos canais. As atividades portuárias também ainda são consideradas fontes importantes de contaminantes para o Estuário de Santos,

devido aos vazamentos eventuais de petróleo e seus derivados, poluição por substâncias presentes em tintas antiincrustantes, perda durante operações de carga e descarga e pelo lixo e esgoto das docas e dos navios, além das dragagens dos sedimentos, necessárias para manter a profundidade do canal do porto adequada ao tráfego constante de navios (CETESB, 2001).

3. Material e Métodos

3.1. Rede de Estações

3.1.1. Estratégia de Amostragem

Foram programadas coletas mensais em quatro estações oceanográficas na baía de Santos e em três estações no canal de Santos (Figura 2), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005 (Tabela 1), com o B/Pq. Albacora ou o B/Pq. Veliger, do IOUSP. Em abril de 2005, entretanto, as estações da Baía não puderam ser amostradas devido ao mau tempo. Pelo mesmo motivo, as coletas programadas para setembro e novembro de 2005 também não puderam ser realizadas.

Em todas as estações foram realizadas perfilagens com CTD (Falmouth®), para determinação da estrutura hidrográfica e coletas de amostras discretas em três profundidades (superfície, meia água e a um metro acima do fundo) para análise de nutrientes, pigmentos fotossintéticos e fitoplâncton total. Na estação 7, devido à baixa profundidade local, foram realizadas amostragens somente em superfície e próximo ao fundo, com exceção dos meses de outubro e dezembro de 2005, quando a profundidade local se encontrava maior, permitindo a coleta de água nos três estratos.

As estimativas de produção primária foram realizadas através da relação fotossíntese x irradiância (P-I) em algumas das estações de coleta (Tabela 2), que não foram sempre as mesmas por razões logísticas. Esses experimentos foram realizados com águas de superfície e fundo de cada estação.

3.1.2. Métodos de Análise das Variáveis

3.1.2.1. Variáveis Climatológicas

Os dados de pluviosidade foram gentilmente fornecidos pelo Serviço Nacional de Proteção ao Vôo do Estado de São Paulo. Os registros são diários e a estação de coleta se localiza no município do Guarujá.

3.1.2.2. Variáveis Oceanográficas

3.1.2.2.1. Variáveis Físicas

Temperatura e Salinidade

Os dados de temperatura e salinidade foram obtidos através de perfis verticais contínuos realizados por um CTD (Falmouth®).

Os registros obtidos foram filtrados e os dados foram reduzidos a intervalos de 0,5 m.

Parâmetro de Estratificação

O parâmetro de estratificação foi calculado através da definição de Hansen & Rattray (1966) *apud* Miranda *et al.* (2002), onde a estratificação vertical da coluna de água é dada pela razão adimensional

$$\delta S / \bar{S},$$

onde $\delta S = S_f$ (salinidade de fundo) - S_s (salinidade de superfície)

$\bar{S}$ = salinidade média na coluna de água

Em estuários fracamente estratificados esse valor é pequeno, tendendo a zero para um estuário verticalmente homogêneo, e maior que 1 em estuários altamente estratificados.

Penetração de luz

A transparência da água foi estimada a partir da profundidade de desaparecimento do Disco de Secchi. A espessura da Zona Eufótica (Z_{eu}) foi calculada de acordo com a equação de Poole & Atkins (1929), sendo considerada até 1% da irradiância total incidente.

O cálculo do coeficiente de extinção (K) também se baseia em medidas realizadas com o disco de Secchi, utilizando-se a seguinte fórmula: $K = 1,7 \times D^{-1}$, onde D é a profundidade de desaparecimento óptico do disco de Secchi em metros.

Nas estações de produção primária foi calculada a porcentagem de luz incidente nas águas de fundo com base nesta mesma equação.

Séston

A determinação do séston (mg l^{-1}) foi realizada pelo método gravimétrico com base em APHA (1985), discriminando as frações orgânica e inorgânica do conteúdo total. Para isso, alíquotas conhecidas de água foram filtradas em filtros AP-40 Millipore® (Saldanha *et al.*, 2004) previamente acondicionados em envelopes de alumínio, pré-calcinados e pesados.

3.1.2.2.2. Variáveis Químicas

As amostras de água para análise dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (μM) foram coletadas com garrafas de Niskin ou Van Dorn, filtradas em filtros de fibra de vidro tipo AP-40 da Millipore® (Saldanha-Corrêa *et al.*, 2004), armazenadas em frascos plásticos e mantidas à -20°C , até o momento das análises. As concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos nas amostras foram determinadas espectrofotometricamente (em cubetas de 1 ou 5 cm de caminho óptico, dependendo da concentração) de acordo com os seguintes métodos:

Amônia

A amônia foi determinada de acordo com o método de Koroleff (1970), descrito em Aminot & Chaussepied (1983). A reação se decompõe em duas etapas: na primeira etapa o nitrogênio amoniacal da amostra reage com o hipoclorito de sódio (R2), em meio ligeiramente básico para formar a monoclaramina, este reagente reage com o fenol (R1), na presença de um excesso de hipoclorito e também do nitroprussiato de sódio (R1) (catalisador), formando o azul de indofenol, cuja absorção máxima é a 630 nm. Para evitar a

precipitação dos íons alcalinos terrosos (Ca, Ba, Mg) da água, adiciona-se o citrato trissódico (complexante), evitando a interferência da turbidez, que poderia ser causada pela precipitação dos carbonatos e hidróxidos desses íons. Alíquotas de 50 ml da água filtrada foram transferidas para frascos de vidro âmbar aos quais foi adicionado 1,5 ml de R1 e 1,5 ml de R2. Após no mínimo seis horas ao abrigo da luz, as absorbâncias foram medidas em um espectrofotômetro a 630 nm.

Nitrito

O método fundamenta-se na Reação de Griess e foi aplicado à água do mar por Bendschneider & Robinson (1952) e descrito por Aminot & Chaussepied (1983). Os íons nitrito formam um íon diazótico com a sulfanilamida (R1) em meio ácido ($\text{pH} < 2$). Em seguida, o íon diazótico reage com o N-naftil etilindiamina (R2) para formar um composto colorido cuja absorção máxima é a 543 nm. Para análise de nitrito foram colocados 1 ml de R1 e 1 ml de R2 em 25 ml da amostra e lida a concentração a 543 nm.

Nitrato

O método de Morris & Riley (1963) modificado por Wood et al. (1967) e Grasshoff (1964) e descrito em Aminot & Chaussepied (1983), fundamenta-se na dosagem dos íons nitrito (Reação de Griess) obtidos por redução quantitativa (aproximadamente 95%) dos íons nitrato presentes na amostra. Mede-se primeiramente o valor de nitrito contido na amostra e depois da reação de redução mede-se a soma das concentrações dos íons nitrito e dos íons nitrato reduzidos a nitrito. Subtraindo-se o primeiro valor do segundo será obtida a concentração de nitrato da amostra. A redução do nitrato é efetuada pela passagem da amostra por uma coluna redutora preenchida por um amálgama constituída por grãos de cádmio tratados com solução cúprica (cádmio envelopado com cobre). O papel do cobre é de catalisador: aumentando a eficiência da coluna, ele atrai os íons NO_3^- , fazendo papel de

cátodo nessa reação. A reação de redução depende do metal usado no redutor, do pH da solução e da atividade da superfície do metal. Se a solução não é tamponada o pH na coluna pode ser alterado. Utiliza-se, portanto como tampão, complexante e ativador do sistema redox o NH_4Cl (Baumgarten, 1996). Na análise das concentrações de íons nitrato foram retiradas alíquotas de 50 ml de cada amostra para a passagem na coluna. Os 25 ml iniciais são descartados servindo somente para limpeza da coluna. Os 25 ml restantes, após passagem pela coluna para que o nitrato se reduza, receberam o mesmo tratamento da análise do nitrito.

Nitrogênio Inorgânico Dissolvido

O Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) foi obtido a partir da soma das concentrações de nitrato, nitrito e amônia, em cada amostra.

Fosfato

Para análise do fosfato (ou ortofosfato) inorgânico dissolvido utilizou-se o método adaptado de Murphy & Riley (1962) e descrito em Grasshoff et al. (1983), que dosa o fósforo sob as suas formas de íons ortofosfatos. O molibdato de amônia e o antimônio tartarato de potássio reagem em meio ácido com o ortofosfato (PO_4^{-3}) para formar um heteropoliácido (ácido fosfomolibdico) que é reduzido pelo ácido ascórbico para o colorido azul de molibdênio. Das amostras descongeladas foram retirados 25 ml e transferidos para um frasco de reação limpo e seco, onde foram adicionados 0,5 ml de ácido ascórbico, e em seguida 0,5 ml de mistura de reagentes. A absorbância foi lida em 880 nm no intervalo entre 10 e 30 minutos após a adição dos reagentes.

Razão N:P

A razão N:P foi determinada a partir dos valores de NID divididos pela concentração de fosfato em cada amostra (Redfield, 1934). Razões > 30

indicam forte limitação por fósforo enquanto razões inferiores a 10 indicam forte limitação por nitrogênio. (Goldman et al., 1979 & Dortch & Whitledge, 1992).

Silicato

Para determinação do silicato foi utilizado o método de Koroleff (1971), descrito em Grasshoff et al. (1983). Alíquotas de 25 ml foram transferidas para frascos de reação limpos e secos. Primeiramente foi adicionado 1 ml da mistura de reagentes (Ácido sulfúrico 4,5N e solução de molibdato de amônia), esperou-se 10 minutos e então foi adicionado 1 ml de ácido oxálico e mais 0,5 ml de ácido ascórbico. O molibdato de amônio em $\text{pH} \approx 1,2$ reage com a sílica e com todo o fosfato presente no meio, produzindo heteropoliácidos. O ácido oxálico foi adicionado para destruir os ácidos molibdofosfóricos, mas não os molibdosílicos. A absorbância foi lida em 810 nm após 30 minutos da adição dos reagentes.

3.1.2.2.3. Variáveis Biológicas

Pigmentos Fotossintéticos do Fitoplâncton

Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos do fitoplâncton (mg m^{-3}), as amostras de água foram filtradas através de filtros AP-40 da Millipore (Saldanha-Corrêa et al., 2004). Os filtros foram acondicionados em envelopes identificados e mantidos a -20°C , em frascos escuros com sílica-gel, até o momento da análise. A extração dos pigmentos das células retidas nos filtros foi feita em acetona 90% (v/v) por 18 h, à -4°C , no escuro. Após a centrifugação das amostras a 2000 rpm por 15 minutos, as absorbâncias dos extratos foram determinadas em um espectrofotômetro, em cubetas de 5 cm de caminho óptico. As concentrações dos pigmentos foram determinadas de acordo com os métodos propostos por Jeffrey & Humphrey (1975) para clorofilas *a*, *b*, e *c*; Lorenzen (1967) para clorofila-*a* e feopigmentos-*a* e Parsons et al. (1984) para os carotenóides.

Os valores de Cl-a foram integrados ao longo da coluna de água. Esta integração foi realizada com base na determinação de área do trapézio $\{[(B+b)*h]/2\}$. Este cálculo foi aplicado a cada intervalo de profundidade amostrada e o valor integral, obtido através do somatório destes valores intermediários. Assim:

$$CI_{\text{integrada}} = \sum_{i=0}^{n-1} [CI(z_i) + CI(z_{i+1})] * (z_{i+1} - z_i) / 2$$

onde n= número de profundidades e z as profundidades amostradas.

Nos cálculos da porcentagem de Cl-a ativa foram utilizados os valores de clorofila-a e feopigmentos-a obtidos através do método de Lorenzen (1967). A porcentagem foi calculada através da seguinte equação:

$$\% \text{ Cl-a}_{\text{ativa}} = \text{Cl-a} \times 100 / \text{Cl-a} + \text{Feo-a}$$

Razão Clb/Clc

As clorofilas *b* e *c* constituem os pigmentos acessórios das células, e suas concentrações variam de acordo com a espécie e estado fisiológico da célula fitoplanctônica. A razão Clb/Clc foi calculada no intuito de se estudar a importância relativa entre os pigmentos, fornecendo dados sobre a composição pigmentar da comunidade fitoplanctônica presente.

Razão 480/665 (nm/nm)

A razão entre as absorvâncias de extratos de pigmentos fotossintéticos, em acetona a 90 %, nos comprimentos de onda de 480 e 665 nm, foi proposta por Heath *et al.* (1990), para ser utilizada como um indicador do estado nutricional do fitoplâncton. Valores entre 0,5 e 1,5 eram obtidos quando as células fitoplanctônicas encontravam-se em um bom estado fisiológico. Células submetidas a alguma deficiência nutricional apresentavam razões por volta de 2,0 e quando sob depleção de algum nutriente, estes valores apresentavam-se acima de 2,4. Trata-se de uma estimativa simplificada

entre os teores de carbono e clorofila do fitoplâncton. Esta razão foi calculada a partir das absorbâncias a 480 e 665 nm dos extratos obtidos por ocasião das análises de pigmentos.

Fitoplâncton Total

As amostras para determinação do Fitoplâncton Total (células l^{-1}), foram coletadas com garrafas de Niskin e fixadas em formol (concentração final 0,4%). Para a identificação e contagem das células, segundo o método de Uthermöhl (1958), alíquotas de 5 ml foram colocadas em câmaras de sedimentação e coradas com Rosa de Bengala. As amostras foram analisadas após 24 horas em um microscópio invertido, com um aumento de 500 vezes. A identificação das espécies foi efetuada com base nos trabalhos de Tomas (1997), Cupp (1943) e Tenenbaum *et al.* (2004).

Apesar de amostras de fitoplâncton terem sido obtidas em todas as estações e profundidades de amostragem, as contagens e identificações foram realizadas somente nas amostras da rede de estações (Tabela 3) que apresentaram valores de clorofila mais elevados (Tabela 4) tanto na baía como no canal de Santos, em superfície (S) e junto ao fundo (F).

Em cada amostra foram contados no mínimo 400 organismos no intuito de minimizar os erros (Lund *et al.*, 1958). A contagem foi realizada levando-se em conta as seguintes classes: Bacillariophyceae, Dynophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae e Fitoflagelados. No grupo Fitoflagelados foram incluídas as classes, Euglenophyceae, Prasinophyceae, Haptophyceae, Dictyochophyceae e demais fitoflagelados não identificados.

Devido à grande diferença de números de estações contadas para cada mês amostrado, os valores totais de cada classe em cada mês foram somados e divididos pelo número de estações realizadas a fim de se dar o mesmo peso a todos os meses (média mensal por classe de organismos).

As amostras obtidas nas estações 5F e 6F em dezembro, 2F em março, 5F em abril, 2S e 5F em junho, apesar de terem sido selecionadas para contagem pelo critério descrito, não puderam ser analisadas devido à presença

de grande quantidade de matéria orgânica agregada, que poderia subestimar os resultados da análise dessas amostras.

Produção Primária e Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I)

As taxas de produção primária ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) foram determinadas por experimentos de incubação simulada através do método do ^{14}C (Steemann-Nielsen, 1952). Alíquotas de 5ml de cada amostra foram transferidas para frascos de borossilicato aos quais foram adicionados 5 μCi de uma solução de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$. Esses frascos foram colocados em câmaras incubadoras com temperatura controlada (tipo fotossintetron) sendo expostos a 8 níveis de luz (em duplicata), além de duas réplicas para o tempo inicial de incubação (T_0) e duas réplicas de escuro.

Os frascos foram incubados por uma hora e o processo foi interrompido com a adição 50 μl de formol P.A. 37% em cada frasco. Foram utilizadas lâmpadas halógenas de 300W. As lâmpadas halógenas possuem um espectro em forma de sino semelhante à da radiação solar. A maior diferença é que, na luz do sol, o espectro que atinge a superfície terrestre apresenta um máximo em torno de 530nm, enquanto nas lâmpadas halógenas o máximo tende a ser num comprimento de onda mais longo, em torno do 630nm. O valor da intensidade luminosa de cada um dos dez níveis de luz, em duplicata, foi obtido através do Quanta Meter Biospherical Instruments Inc., modelo QSL-100 para cada incubadora e em todos os meses que foram realizadas as incubações. Os valores obtidos em quanta ($10^{17} \text{ quanta cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foram transformados em $\mu\text{E (m}^{-2} \text{ s}^{-1})$.

No laboratório, as amostras foram acidificadas com 500 μl de HCl 50% e mantidas sob agitação em uma capela por 2h, a fim de liberar o ^{14}C inorgânico não incorporado (como $^{14}\text{CO}_2$). Em seguida foram adicionados 5 ml de solução cintiladora (Bray, 1960). A quantidade de carbono marcado assimilado pelas células foi determinada em um espectrômetro de cintilação líquida marca Packard Tri-Carb, modelo 1600CA. Os valores de assimilação de carbono foram usados para o cálculo das taxas de produção primária, usando-se a equação:

$$\text{Produção} = ((\text{DPM}_{\text{amostra}} - \text{DPM}_{\text{Preto}}) / \text{DPM}_{\text{adicionado}}) (1,05 \times \text{CO}_2) / t.$$

Onde:

DPM = desintegrações por minuto (medidas no cintilador);

1,05 = fator de discriminação isotópica entre ^{12}C e ^{14}C ;

CO_2 = concentração média de CO_2 (mg m^{-3}) dissolvido;

t = Tempo de incubação (h).

No presente estudo não foi possível realizar medidas da concentração do CO_2 por motivos logísticos. Ao invés de assumir um valor fixo de CO_2 , necessário para os cálculos do carbono total assimilado, como é feito usualmente para regiões oceânicas, foi utilizado um valor de concentração de CO_2 , estimado a partir de dados obtidos na região em outras ocasiões. Para essa estimativa, foi construída uma regressão com 13 valores de alcalinidade como função da salinidade, com dados obtidos em agosto de 2005 e janeiro de 2006 (Gianesella, com. pessoal). Estes valores foram obtidos em intervalos de salinidade entre 23,7 e 34,9. No presente estudo, a salinidade variou 21,2 a 35,9. A regressão obtida ($r^2 = 0,65$) a partir desses dados forneceu a seguinte equação:

$$Y (\text{alcalinidade}) = 0,0409 X (\text{salinidade}) + 0,7757$$

A substituição dos dados de X pelos valores de salinidade observados nas estações de medidas de produção primária permitiu a estimativa dos dados de alcalinidade. O CO_2 (mg m^{-3}) disponível foi calculado com base nesses valores de acordo com as equações de Carmouze, 1994.

As taxas fotossintéticas obtidas nas incubações foram normalizadas pela biomassa (clorofila-a), por ser esta unidade a mais utilizada por grande parte dos autores e a mais confiável no estudo de populações naturais do fitoplâncton (Platt e Gallegos, 1980). Os parâmetros fotossintéticos que foram calculados a partir da taxa fotossintética normalizada pela biomassa tiveram como notação o “B” sobrescrito.

Foram obtidos 40 gráficos da relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) para amostras de superfície e fundo, sendo 10 no mês de novembro (estações 1, 2, 3, 5S, 6F e 7), 10 em dezembro (estações 1, 3, 5, 6 e 7), 8 em janeiro (1, 3, 5 e 6), 4 no mês de maio (1S, 3S e 4) e 8 em agosto (1S, 3, 5, 6 e 7S).

Os dados foram ajustados, para a obtenção dos parâmetros fotossintéticos, da seguinte forma:

- No programa Microsoft Excel[®] os dados foram tabelados e os gráficos construídos, com base nos pontos referentes a cada curva;
- O conjunto de dados referente a cada curva foi subdividido, de maneira a separar visualmente os pontos que fazem parte da fase luz-dependente;
- Para esse subgrupo foi solicitado ao programa Excel[®] uma linha de tendência linear, com interseção definida no zero, apresentação da equação da reta e valor de R^2 .
- Por fim, foi traçada uma reta no valor médio dos pontos máximos de cada curva (P^B_{max}), que definirá, através da interseção com a linha de tendência, os valores de I_k correspondentes.

O objetivo desse ajuste é o de obter os seguintes parâmetros fotossintéticos essenciais para a compreensão da comunidade presente nas amostras:

- α^B – Inclinação inicial da curva de saturação, que caracteriza as reações fotoquímicas da fotossíntese. Unidade: $\text{mgC.mgCl}^{-1}.\text{h}^{-1} . (\mu\text{E}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1})$. Esse valor é obtido através da equação da reta fornecida pelo programa Excel em cada gráfico.
- P^B_{max} – Taxa fotossintética máxima, ou número de assimilação no ótimo de intensidade luminosa. Unidade: $\text{mgC.mgCl}^{-1}.\text{h}^{-1}$.
- I_k – Intensidade luminosa que representa o início do processo de saturação da fotossíntese. É obtida com a projeção no eixo x da interseção da linha de tendência obtida para o subgrupo dos pontos da inclinação inicial, com a projeção do valor de P^B_{max} no eixo y.

3.1.2.3. Análises estatísticas

Os cálculos da média e do desvio padrão foram efetuados com o auxílio de planilha eletrônica do programa Excel[®].

A análise de correlação simples de Pearson foi realizada através de matrizes de correlação no programa STATISTICA[®] com grau de significância em $p < 0,050$. Esta análise foi utilizada para avaliar a significância da correlação entre as variáveis medidas para o conjunto de dados anual.

Foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) mês a mês e para o conjunto de dados através do software STATISTICA[®] 6.0. A ACP é um método de ordenação multivariado que se baseia em uma matriz de correlação, onde as diversas dimensões de dados são projetadas em apenas duas dimensões, sem que haja grande perda das informações originais. Essa análise fornece um mapa gráfico e o resultado é dado em porcentagem da variância total, onde se determina a representatividade de todas as dimensões dos dados no eixo em questão (Clarke & Warwick, 1994).

As matrizes foram previamente normalizadas, devido às diferentes unidades das variáveis em estudo, empregando-se o cálculo da raiz quadrada. Os dados também foram padronizados através de “Ranging” (Peres-Neto *et al.*, 2005), que utiliza os valores de máximos e mínimos de cada variável estabelecendo um intervalo de variação conhecido (no caso, de 0 a 1), de acordo com a seguinte equação:

$$Y_{i,j} = \frac{X_{i,j} - \text{Min}(X_j)}{\text{Max}(X_j) - \text{Min}(X_j)}$$

Onde: $Y_{i,j}$ = variável normalizada e padronizada

$X_{i,j}$ = variável normalizada

$\text{Min}(X_j)$ = mínimo valor dos valores de X

$\text{Max}(X_j)$ = máximo valor dos valores de X

No intuito de se verificar a significância dos percentuais de explicação de cada eixo utilizado na análise da ACP, cada matriz, depois de normalizada e padronizada, foi aleatorizada com base em números aleatórios fornecidos pelo programa Excell e subsequente reclassificação dos dados com base nesses

números. A ACP foi novamente aplicada ao novo conjunto de dados. Quando a explicação dos dados fornecida para cada eixo é menor nas matrizes aleatorizadas em relação à matriz original, a explicação é considerada significativa, mesmo que em baixos percentuais (Peres-Neto *et al.*, 2005).

3.2. Estações Fixas

3.2.1. Estratégia de Amostragem

Foram realizadas estações fixas na entrada do canal de Santos (estação 5) nos meses de maio, julho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2005. Na entrada do Canal de São Vicente (estação 2) a estação fixa foi realizada somente em duas ocasiões, quando as condições de navegabilidade permitiram: maio e outubro.

As séries temporais compreenderam 13h de amostragem em intervalos de uma hora completando 1 ciclo de maré. Foram realizadas medidas de temperatura, salinidade, pressão e profundidade através de um CTD (Falmouth[®]). As coletas de água foram efetuadas na superfície, meia-água e fundo, para determinação de pigmentos fotossintéticos, nutrientes e fitoplâncton total. Os dados de correntometria foram obtidos através de um ADCP (Sontek).

3.2.2. Métodos de Análise das Variáveis

3.2.2.1. Séries Temporais

Para análise dos dados climatológicos foram utilizados os dados pluviométricos fornecidos pelo Serviço Nacional de Proteção ao Vão do Estado de São Paulo.

A análise das demais variáveis obtidas nas estações fixas (temperatura, salinidade, nitrito, nitrato, amônia, fosfato, silicato, séston total, séston orgânico, séston inorgânico, clorofila-a, feopigmentos, carotenóides,

razão N:P e razão 480/665) seguiram as mesmas metodologias utilizadas nas análises das amostras da rede de estações.

Os dados maregráficos foram fornecidos pela Companhia de Docas do Estado de São Paulo (CODESP) ao Prof. Harari, que faz parte desta instituição e que gentilmente nos repassou os dados.

3.2.2.2. Transporte Resultante

Os dados de correntometria foram obtidos por meio de um ADCP Sontek, e foram processados pela equipe do Prof. Dr. Luis B. de Miranda do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, fornecendo as componentes de velocidade longitudinais (u) e transversais (v) necessárias aos cálculos do transporte resultante das propriedades. Como o ADCP não possui a habilidade de realizar medições no primeiro metro da coluna de água, devido principalmente as interferências do barco onde foi fixado, o primeiro registro de velocidade (primeiro bin) foi realizado a três metros de profundidade e considerado como de superfície. O mês de maio não foi analisado com relação ao transporte, devido a falha no registro dos dados obtidos pelo ADCP nesse mês.

Neste estudo, para o cálculo de transporte das propriedades o estuário foi considerado lateralmente homogêneo. Assim, os dados experimentais de uma única estação fixa no ponto médio do canal representam a secção transversal (Miranda *et al.*, 2002).

As séries temporais da componente longitudinal da velocidade (u), salinidade, nutrientes, pigmentos fotossintéticos e séston foram utilizadas para estimar o transporte resultante dessas propriedades, em um sistema semidiurno, ao longo de um ciclo de maré (13 horas). As medidas das propriedades foram realizadas em três profundidades, superfície, meia água e junto ao fundo. A profundidade local foi considerada como $h = h(t)$, variando periodicamente com o tempo.

De acordo com Miranda *et al.* (2002) o transporte advectivo instantâneo de massa de uma propriedade ($TC(t)$), por unidade de largura de uma seção normal ao fluxo longitudinal do canal estuarino é igual a:

$$T_c(t) = \int_0^H \rho(uC)dz = \overline{\rho u C} H, \quad (1)$$

onde ρ é a densidade (considerada constante e igual a $1,000 \text{ Kg m}^{-3}$), u é a componente longitudinal da velocidade ($u > 0$ estuário abaixo, em m s^{-1}), C é a concentração da propriedade (em g Kg^{-1} ou mg Kg^{-1}) e $H=H(t)$ a profundidade (em m). A barra sobre as variáveis descreve a média ao longo da coluna de água. Os sinais $\langle \rangle$ indicam a média no tempo.

O transporte médio resultante $\langle TC \rangle$ durante um ou mais ciclos de maré (T) é dado por:

$$T_c = \frac{1}{T} \int_0^T T_c(t) dt = \rho \langle \overline{uCH} \rangle, \text{ em } \text{g m}^{-1} \text{ s}^{-1}. \quad (2)$$

O valor médio espaço-temporal para a componente u é dada por $\langle \bar{u} \rangle$ e pode ser igualado, em uma primeira aproximação, ao valor do componente de velocidade gerado pelo fluxo de água doce $\langle \bar{u} \rangle \cong Q/A$, onde Q e A são a descarga de água doce e a área da seção transversal, respectivamente.

Seguindo um procedimento similar ao desenvolvido por Bowden (1963), Dyer (1974) e Hunkins (1981), entre outros, a velocidade e a salinidade (ou a concentração da propriedade), podem ser decompostas em termos que representam os processos físicos responsáveis pelos transportes de massa advectivos e dispersivos. Esses dados são obtidos separando a influência periódica da maré (barotrópica e tempo dependente), da circulação gravitacional (baroclínica e estacionária).

Para um canal lateralmente homogêneo esta decomposição é dada por:

$$u(z,t) = \langle \bar{u} \rangle + u_t(t) + u_z(z) + u'(z,t) \quad (3)$$

Onde,

$\langle \bar{u} \rangle$ = descarga de água doce;

$u_t = \langle u \rangle - \langle \bar{u} \rangle$ (barotrópico);

$$u_z = \bar{u} - \langle \bar{u} \rangle \text{ (baroclínico);}$$

$$u' = u(z, t) - \langle \bar{u} \rangle - u_t - u_z \text{ (resíduos, flutuação turbulenta).}$$

De modo equivalente para a concentração da propriedade:

$$C(z, t) = \langle \bar{C} \rangle + C_t(t) + C_z(z) + C'(z, t) \quad (4)$$

A profundidade em uma estação fixa é dada por H e pode ser decomposta como:

$$H(x, t) = H_0 + h_t(x, t). \quad (5)$$

Onde: H_0 é a média temporal da profundidade da água e $h_t(x, t) = \eta(x, t)$ é a altura da maré.

Substituindo as equações 3, 4 e 5 na equação 2, temos:

$$T_c = \frac{1}{T} \int_0^T T_c(t) dt = \rho \langle \bar{u} \bar{C} H \rangle = \rho \overline{\left(\langle \bar{u} \rangle + u_t + u_z + u' \right) \left(\langle \bar{C} \rangle + C_t + C_z + C' \right)} (H_0 + \xi_t) \quad (6)$$

De acordo com este procedimento o transporte advectivo de propriedades, sob condições estáveis, é decomposto em 32 termos. Muitos desses termos desaparecem ou podem ser ignorados. Desprezando-se os termos muito pequenos e aqueles para os quais não há uma correlação com significado físico definido, sete termos principais permanecem para descrever o transporte total da propriedade por unidade de largura da seção transversal sob condições quase estacionárias:

$$T_c = \rho \left(\langle \bar{u} \rangle \langle \bar{C} \rangle H_0 + \langle u_t \xi_t \rangle \langle \bar{C} \rangle + \langle u_t C_t \rangle H_0 + \overline{u_z C_z} H_0 + \overline{u' C'} H_0 + \langle u_t C_z \xi_t \rangle + \langle \bar{u} \rangle \langle C \xi_t \rangle \right) \quad (7)$$

$$\text{ou } T_c = A + B + C + D + E + F + G$$

onde as componentes do transporte da propriedade são devidas a: descarga fluvial (A), transporte de Stokes (B), correlação de maré (C),

circulação gravitacional (D), bombeamento de maré (E), dispersão da maré (F) e circulação residual (G). As Equações (2) e (7) são usualmente calculadas para checar o procedimento computacional e para avaliar se as contribuições dos termos perdidos são realmente pequenas.

4. Resultados

4.1. Rede de Estações

4.1.1. Variáveis Climatológicas

4.1.1.1.1. Pluviometria

Através das quantidades mensais (Figura 3), observa-se que os meses de maior precipitação foram dezembro de 2004 (314.1 mm), janeiro (373.2 mm) e dezembro de 2005 (373.2 mm). O menor valor foi obtido no mês de agosto (17 mm). Estes dados caracterizam as estações como chuvosa (verão) e seca (inverno).

Durante todo o período amostrado, apenas em maio houve chuva durante os dias de coleta. Nesta ocasião, a precipitação foi significativa: 37,4mm (Figura 4). Considerando-se os 5 dias que antecederam as coletas, apenas em janeiro verificou-se uma precipitação significativa, porém, 4 dias antes do início das mesmas.

Nos dados fornecidos pelo Serviço Regional de Proteção ao Vôo do Estado de São Paulo, não constavam os dados referentes ao mês de novembro de 2004.

4.1.2. Variáveis Oceanográficas

4.1.2.1. Variáveis Físicas

4.1.2.1.1. Temperatura

A temperatura da água variou entre 20.24 e 28.26°C ao longo de todo o período de amostragens (Figura 5). As estações localizadas na baía apresentaram padrão semelhante em superfície, meia água e fundo, o mesmo valendo para o canal. Observa-se que tanto para a baía, quanto para o canal, ocorre uma elevação na temperatura de novembro de 2004 a março de 2005 (mês onde foram registrados os maiores valores tanto para a baía como para o

canal), seguida de uma queda de abril até julho, onde foram observadas as menores temperaturas.

Nas estações 1, 2 e 3, de novembro de 2004 a março de 2005, há uma maior estratificação térmica da coluna. Os maiores valores de temperatura ocorreram em superfície devido ao aquecimento dessa camada através da radiação solar.

As estações da baía apresentaram-se em geral mais estratificadas termicamente que as do canal durante o período de novembro a maio. Durante o inverno a isotermia predominou em toda a região.

Os menores valores de temperatura que ocorreram próximo ao fundo nos meses de janeiro, fevereiro e março nas estações 1 e 3 (as mais externas da baía) ocorreram, provavelmente devido a maior influência da ACAS junto ao fundo nos meses de verão.

4.1.2.1.2. Salinidade e Sigma-t

Na Baía a salinidade variou de 29,3 a 35,9 e no canal de Santos de 21,2 a 34,9 (Figura 6). Ao contrário do observado com a temperatura, as estações estuarinas (5, 6 e 7) foram as que normalmente apresentaram maior estratificação, com exceção dos meses mais frios onde predomina uma condição de mistura.

Nas estações localizadas na baía (1, 2, 3 e 4) a salinidade manteve-se alta e com a coluna d'água mais homogênea por ser este um ambiente de maior dinâmica quando comparado ao estuário. Porém nota-se que as águas de superfície sofrem uma maior variação quando comparadas às águas intermediárias e de fundo devido à contribuição dos canais de Santos e São Vicente com águas menos salinas. Durante os meses mais frios a condição de mistura é mais evidente.

Através da Figura 7, nota-se que a densidade da água (obtida através da temperatura e salinidade) indica tanto para a baía como para o canal, uma maior estratificação nos meses mais quentes (de novembro a março) e uma coluna mais homogênea nos meses mais frios (abril a agosto).

Na matriz de correlação confeccionada para o conjunto de dados anuais o sigma-t apresentou correlação negativa significativa com a temperatura ($r^2 = -0,36$).

4.1.2.1.3. Parâmetro de estratificação

A Figura 8 (a e b) apresenta as variações na estratificação da coluna de água através dos valores do parâmetro de estratificação para as estações da baía e do canal, respectivamente.

Observa-se que, de uma maneira geral, o canal apresentou valores mais elevados do parâmetro de estratificação em relação à baía. Em ambos, as maiores estratificações verticais foram observadas nos meses mais quentes (estação chuvosa) e uma tendência à maior mistura vertical nos meses mais frios (estação seca).

No canal, a coluna de água esteve mais estratificada principalmente nas estações 6 e 7 em janeiro e dezembro de 2005, meses onde foram registrados os maiores índices pluviométricos.

4.1.2.1.4. Penetração de Luz

A Tabela 5 apresenta a profundidade local em comparação à profundidade da zona eufótica e valores do coeficiente de extinção (K). Na baía a profundidade da zona eufótica (Figura 9) variou de 2,2 a 12,2 m e o coeficiente de extinção de 0,38 a 2,13 m^{-1} , sendo o menor valor da zona eufótica encontrado na estação 2 ($K = 2,13 m^{-1}$) no mês de junho, e o maior valor na estação 3 em fevereiro ($K = 0,38 m^{-1}$). Para o canal de Santos a variação da espessura da zona eufótica foi de 1,4 na estação 7 em fevereiro ($K = 3,4 m^{-1}$) a 5,4 m na estação 5 em dezembro ($K = 0,77 m^{-1}$). Em média, a zona eufótica ocupou metade da coluna de água.

De uma maneira geral, a penetração de luz na coluna de água (Tabela 6), apresentou-se menor nos meses mais frios (estação seca) e nas estações do canal e maior durante os meses mais quentes (estação chuvosa),

principalmente nas estações da baía. No canal de Santos a estação 7 constituiu-se uma exceção, apresentando as maiores porcentagens de penetração de luz (outubro e dezembro de 2005), com a zona eufótica alcançando o fundo na maior parte do tempo. Na baía, a estação 4, foi quem apresentou as maiores penetrações de luz em todo o período amostrado. No conjunto de dados anuais, entretanto, a % de penetração de luz apresentou correlações negativas significativas com a salinidade ($r^2 = -0,42$) e sigma-t ($r^2 = -0,43$), indicando que as maiores porcentagens de luz na coluna estiveram associadas às águas de origem continental.

4.1.2.1.5. Séston (Total, Orgânico e Inorgânico).

O ST variou de 13,25 a 1153,2 mg l⁻¹ durante o período todo de amostragem. A fração orgânica variou de 1,15 a 1089,0 mg l⁻¹ e a fração inorgânica entre 7,8 e 148,67 mg l⁻¹ (Figura 10). De modo geral, canal e baía apresentaram níveis similares de ST e, freqüentemente, as concentrações mais elevadas foram verificadas em águas mais profundas. A porcentagem da fração orgânica variou de 0,8 a 95,2% do séston total na baía e de 3,3 a 95,3% no canal (Figura 11). Na matriz de correlação dos dados anuais, o ST e SO apresentaram correlações positivas significativas com a salinidade ($r^2 = 0,23$ para ST e $r^2 = 0,21$ para SO) e sigma-t ($r^2 = 0,23$ e $r^2 = 0,20$, respectivamente).

Valores bem elevados para ST e SO foram observados no mês de maio em todas as estações, com a fração orgânica apresentando em média 85% nas estações da baía e 94% do total nas estações do canal. Este aumento pode ter ocorrido devido à presença da forte chuva no dia da coleta.

Nos meses de fevereiro, março, julho e dezembro as estações da baía e canal, e no mês de abril as estações do canal a fração orgânica representou menos de 25% do total do séston.

O SI apresentou-se praticamente invariável ao longo de todo o período de amostragem. As baixas concentrações do SI juntamente com a observação de que as variações anuais do ST e do SO são muito semelhantes ($r^2 = 0,99$), mostram que a fração orgânica foi a responsável pelos incrementos do ST ao longo de todo o período de estudo (Figura 12 e Figura 13).

4.1.2.2. Variáveis Químicas

4.1.2.2.1. Nutrientes Nitrogenados (NID, Amônia, Nitrato e Nitrito)

As concentrações de nitrogênio inorgânico total dissolvido (NID) apresentaram valores máximos de 25,1 μM na baía e de 41,1 μM no canal de Santos (Figura 14). Tanto para a baía quanto para o canal a variação anual foi semelhante entre as estações, porém, com as estações do canal apresentando concentrações relativamente mais altas e com grandes oscilações entre os meses de coleta. De maneira geral, os nutrientes nitrogenados apresentaram correlações significativas positivas com a porcentagem de penetração de luz e negativas com a salinidade e sigma-t.

Durante o mês de janeiro foram observadas elevações nas concentrações das estações da baía e grandes elevações nas estações do canal em todas as profundidades. A amônia apresentou maiores concentrações principalmente no canal (Figura 15), e foi a principal forma nitrogenada responsável por tais elevações, porém sem desconsiderar os aumentos nas concentrações de nitrato (Figura 16) e nitrito (Figura 17) neste mês tanto na baía quanto no canal. As maiores concentrações de nitrito foram observadas nas estações mais internas do canal de Santos (6 e 7), no mês de janeiro, onde os valores foram de 3,91 e 4,33 μM , respectivamente.

As concentrações de amônia variaram entre 0,07 e 21,5 μM na Baía e de 0,01 a 32,35 μM no canal. No entanto, no canal de Santos estes valores estiveram freqüentemente acima de 3 μM ao longo do período de estudo, indicando a condição eutrófica dessas águas. Essa forma nitrogenada apresentou correlação negativa com o ST ($r^2 = -0,32$) e suas frações orgânica ($r^2 = -0,28$) e inorgânica ($r^2 = -0,26$).

As maiores concentrações de NID na baía foram observadas nos meses de junho e outubro. Em junho, a amônia foi a responsável pelas elevações principalmente nas estações 2 e 4, que são as mais internas e próximas às desembocaduras dos canais de Santos e São Vicente. Apesar da coleta ter sido realizada três dias após uma chuva moderada, a pluviosidade

pode não ter influenciado os valores das estações 2 e 4, já que para as estações mais internas do canal esse aumento não foi registrado. Em outubro essas elevações foram causadas principalmente pelo nitrato e em especial nas estações 2 (9,215 μM) e 4 (8,541 μM).

As concentrações de nitrato alcançaram valores máximos 12,8 μM na baía e de 13,78 μM no canal de Santos. As maiores concentrações foram observadas na estação 6 em julho e agosto (13,78 μM e 12,98 μM , respectivamente) e na estação 7 em outubro (12,9 μM), ambas localizadas no canal de Santos e na estação 3 (baía) durante o mês de dezembro (12,806 μM).

Os valores de nitrito atingiram máximos de 2,96 μM na baía e de 4,33 μM no canal de Santos. No canal de Santos nota-se que as concentrações de nitrito estão acima de 1 μM durante a maior parte do período de estudo, e possuem uma variação ao longo do ano bem mais pronunciada quando comparada às estações da baía. Esse nutriente esteve correlacionado positivamente com o ST e SO ($r^2 = 0,26$ e $r^2 = 0,27$, respectivamente) para o conjunto de dados anuais. Observa-se que as estações 1 e 3, as mais externas da baía, apresentaram valores bem elevados no mês de maio (2,61 μM e 2,96 μM , respectivamente) próximo ao fundo.

Em abril, mês onde só puderam ser amostradas as estações do canal, notam-se elevações nas concentrações do NID, que ocorreram devido à presença de concentrações relativamente elevadas das três formas nitrogenadas.

4.1.2.2.2. Fosfato

A distribuição sazonal das concentrações de fosfato é apresentada na Figura 18. Na baía de Santos a concentração de fosfato variou de 0,06 a 11,31 μM . No canal de Santos essa variação foi de 0,28 a 8,38 μM .

Nas estações localizadas na baía os valores situaram-se em torno de 5 μM , com um considerável aumento nas concentrações de fosfato no mês de outubro de 2005, tanto em superfície, como em meia água e fundo, e em especial na estação 3.

Na estação mais interna do canal, estação 7, são observadas altas concentrações nas águas de superfície e próximas ao fundo, significando que a coluna d'água é totalmente rica em fosfato. Estes valores são muito elevados e bastante significativos no sentido de caracterizar a eutrofização de origem antrópica.

De maneira geral, o canal apresentou maiores concentrações de janeiro à abril, principalmente em superfície.

Na matriz de correlação dos dados anuais observa-se a correlação significativa negativa do fosfato com a salinidade ($r^2 = -0,64$), sigma-t ($r^2 = -0,56$) e temperatura ($r^2 = -0,15$) e positiva com a porcentagem de luz na coluna de água ($r^2 = -0,24$).

4.1.2.2.3. Silicato

Na baía de Santos os valores de silicato dissolvido variaram entre 1,03 a 47,21 μM (Figura 19). No canal de Santos as concentrações de silicato variaram entre 1,06 μM a 34,44 μM . Na baía esse nutriente teve o mesmo padrão de comportamento do fosfato, porém com concentrações bem mais elevadas, com uma pequena elevação em janeiro e uma significativa elevação no mês de outubro. O aumento discreto de janeiro pode estar relacionado ao alto índice pluviométrico do mês.

No canal de Santos os valores médios obtidos nas estações 5 a 7 foram sempre similares, indicando um padrão sazonal com altas concentrações de janeiro a abril, coincidindo com os períodos de maior pluviometria. No conjunto de dados anual o silicato apresentou correlação negativa significativa com a salinidade ($r^2 = -0,36$), sigma-t ($r^2 = -0,30$) e com o ST e SO ($r^2 = -0,20$ e $r^2 = -0,18$, respectivamente).

4.1.2.2.4. Razão N:P

A razão N:P variou de 0,18 a 14,92 na baía e de 0,96 a 46,54 no canal de Santos (Figura 20) apresentando correlação positiva significativa com a salinidade e sigma-t ($r^2 = 0,16$ e $r^2 = 0,17$, respectivamente) para o conjunto anual de dados.

O ambiente apresentou em geral valores abaixo de 10, indicando que há uma limitação relativa por nitrogênio em todas as profundidades e em todas as estações ao longo do ano, com exceção da estação 6 em superfície e da estação 7 em meia água, ambas no mês de dezembro, que apresentaram valores acima de 30 (46,5 e 36,1, respectivamente), indicando uma possível limitação por fósforo.

4.1.2.3. Variáveis Biológicas

4.1.2.3.1. Pigmentos Fotossintéticos

a) **Clorofila a (Biomassa)**

As concentrações de Cl-a estiveram entre 0,85 e 28,08 mgCl-a m⁻³ para a baía e entre 1,93 e 65,28 mg Cl-a m⁻³ para o canal de Santos (Figura 21). Na Tabela 7 foram representados os valores médios da coluna de água, em todas as estações, ao longo do período de estudo.

As estações do canal (5, 6 e 7) e as estações das desembocaduras dos canais apresentaram padrões de distribuição similares com os valores máximos observados em novembro de 2004. O máximo absoluto foi registrado na estação mais interna, com máximos secundários observados em dezembro, março, maio e julho.

Os meses de novembro e dezembro de 2004 apresentaram valores bastante elevados em todas as estações principalmente em superfície, com exceção da estação 1 onde os valores estiveram abaixo de 10 mgCl-a m⁻³. Os maiores valores foram verificados em superfície nas estações do canal,

principalmente na estação 7 onde, tanto em superfície como junto ao fundo, as concentrações estiveram acima de 50 mgCl-a m^{-3} .

Nota-se, em todas as estações, uma queda significativa no mês de janeiro e junho, bem como elevações nos meses de março e maio, onde os valores estiveram sempre acima de 10 mgCl-a m^{-3} .

Na estação 6 em todos os meses de coleta a partir de fevereiro, observa-se que as concentrações junto ao fundo foram mais elevadas do que as concentrações encontradas em superfície e meia água.

Os altos valores de ST e SO, observados, não apresentaram relação significativa com aumentos das concentrações de Cl-a. Ao contrário, a biomassa fitoplanctônica não parece interferir expressivamente nas concentrações de matéria orgânica em suspensão. No entanto, foram observadas correlações significativas positivas entre a Cl-a e temperatura ($r^2 = 0,43$) e negativas com sigma-t ($r^2 = -0,20$).

Na Figura 22 e Figura 23 foram representadas as variações espaciais da Cl-a (mgCl-a m^{-2}) integrada na coluna de água (Tabela 8). Em geral, foi observado um gradiente decrescente a partir das estações mais internas do canal de Santos em direção à baía. As concentrações variaram entre 6,86 e $315,2 \text{ mgCl-a m}^{-2}$, sendo que os valores máximos foram observados nos meses de novembro e dezembro de 2004, março e maio de 2005 e os mínimos em janeiro, abril, junho e outubro.

b) % de Cl-a Ativa e Feopigmentos

Em geral, a porcentagem de clorofila-a ativa (Figura 24) foi superior a 20%, sendo que as maiores porcentagens foram observadas em superfície no mês de maio na estação 4 (100%), em agosto na estação 6 (95%) e em dezembro na estação 7 (93%). A porcentagem de Cl-a ativa apresentou correlação positiva com a porcentagem de luz na coluna de água ($r^2 = 0,26$), com o ST e a sua fração orgânica ($r^2 = 0,17$ e $r^2 = 0,21$) e com a Cl-a ($r^2 = 0,30$).

Um gradiente decrescente das concentrações é observado, principalmente nas amostras de fundo, em direção ao interior do estuário,

mostrando uma maior contribuição de material degradado, (que pode ser proveniente até mesmo de vegetação superior) chegando a 0% de Cl-a ativa na estação 7 (canal) próximo ao fundo.

Os valores máximos e mínimos das concentrações de feopigmentos foram muito semelhantes entre baía e canal (Figura 25). Os valores máximos chegaram a $15,08 \text{ mg m}^{-3}$ na baía, e $14,47 \text{ mg m}^{-3}$ no canal de Santos. Os maiores valores para a baía foram observados na estação 2, nos meses de fevereiro e março. Ao longo do ano observa-se uma correlação positiva dos feopigmentos com o séston inorgânico ($r^2 = 0,28$).

No canal, em superfície, nota-se que as estações tiveram o mesmo comportamento ao longo do período de coleta, com um pico no mês de março. Também no canal, mas próximo ao fundo, observa-se que houve uma grande variação no padrão de distribuição entre as estações de coleta, com valores mais altos nas estações 6 e 7. Na baía, os valores foram relativamente mais baixos por todo o período de estudo, mas com concentrações mais elevadas. nos meses de janeiro, fevereiro e março, principalmente junto ao fundo.

Durante o mês de abril, verificou-se de maneira evidente uma relação inversa entre a porcentagem de clorofila-a ativa e a concentração de nutrientes, principalmente na estação mais interna do canal de Santos, quando altas concentrações de feopigmentos junto ao fundo indicavam ausência de Cl-a ativa, e valores muito baixos em superfície estiveram relacionados com mais de 90% de Cl-a ativa.

c) Pigmentos Acessórios

Os dados de clorofila-b, clorofila-c, feopigmentos, carotenóides e da razão 480/665, estão sendo apresentados de janeiro a dezembro de 2005. Nos meses de novembro e dezembro de 2004 não foram obtidas informações sobre essas variáveis, devido ao fato das análises de pigmentos terem ficado a cargo do subprojeto Bio-óptica, no início do projeto ECOSAN, que utilizou o método fluorimétrico, não quantificando, portanto, as variáveis citadas. Os valores médios desses parâmetros e de Cl-a encontram-se listados na Tabela 7.

A clorofila-*b* representa a contribuição de clorofíceas na população fitoplanctônica. Verifica-se que este pigmento apresentou máximos de 0,75 mg m⁻³ na baía e de 0,57 mg m⁻³ para o canal (Figura 26) apresentando correlação negativa com a porcentagem de Cl-a no estado ativo ($r^2 = -0,30$) e com a temperatura ($r^2 = -0,28$).

Na baía, de uma maneira geral, os valores se elevam, em todas as profundidades, somente a partir do mês de junho, com exceção de um pico na estação 3 durante o mês de março, próximo ao fundo. Nos meses de janeiro e fevereiro as concentrações foram sempre muito baixas ou abaixo do limite de detecção do método em todas as estações amostradas tanto para a baía quanto para o canal. De junho a dezembro nota-se que os valores mais elevados ocorreram junto ao fundo nas estações 1 em junho e outubro, 2 em junho, julho, agosto e outubro e 3 durante o mês de outubro. Na estação 4 os maiores valores ocorreram em superfície (junho e dezembro) e em meia água (julho).

Para o canal observa-se que as estações 5 e 6 apresentaram uma distribuição intra-anual com valores mais elevados quando comparadas à estação 7. Na estação 5 as maiores concentrações ocorreram em meia água nos meses de abril, junho e julho. Na estação 6 ocorreram valores elevados em todas as profundidades, mas principalmente junto ao fundo nos meses de abril, junho e outubro. A estação 7 apresentou concentrações baixas ou nulas durante todo o ano, com exceção de um grande pico em superfície no mês de dezembro.

Os valores de Cl-c (Figura 27) estiveram entre 0,51 mg m⁻³ e 3,91 mg m⁻³ na baía e entre 2,85 mg m⁻³ e 0,66 mg m⁻³ no canal de Santos, apresentando ao longo do ano correlação positiva com a Cl-a ($r^2 = 0,89$), o séston e suas frações, mas principalmente a inorgânica ($r^2 = 0,32$) e com a temperatura ($r^2 = 0,28$).

Para as estações da baía os valores mais elevados ocorreram nos meses de março e maio em todas as estações, em dezembro nas estações 1 e 2 e em outubro na estação 3.

Nas estações do canal os picos de maiores concentrações de clorofila-*c* ocorreram principalmente em março, abril, e maio em meia água e próximo ao fundo para a estação 5 e em março, maio, julho e outubro, em todas as

profundidades, mas principalmente em meia água e junto ao fundo. Já na estação 7 os maiores valores foram observados em março, maio e dezembro especialmente em superfície. Nesta estação as amostras de meia água só puderam ser obtidas no mês de dezembro, quando a profundidade local foi maior possibilitando a coleta neste estrato.

As variações nas concentrações de carotenóides (Figura 28), em termos de mínimos e máximos, foi muito semelhante entre baía e canal. Na baía os valores chegaram a $17,94 \text{ mg m}^{-3}$ e no canal a $16,79 \text{ mg m}^{-3}$ e mostraram correlação significativa com a temperatura ($r^2 = 0,45$) e Cl-a ($r^2 = 0,84$).

As maiores concentrações tanto na baía como no canal, são observadas nos meses de março e maio de 2005 e as menores no mês de junho. Em todas as estações, com exceção às estações 6 e 7, nota-se que após baixas concentrações em junho, há uma elevação nos valores de julho e agosto, seguidos por uma nova queda em outubro.

Nas estações 5 e 6, as concentrações de carotenóides junto ao fundo foram superiores aos valores de superfície e meia água, por quase todo o período de estudo.

d) Razão Clb/Clc

Os valores da razão Cl-b/Cl-c apresentaram uma tendência a valores mais altos durante os meses mais frios e menores nos meses mais quentes, com elevações significativas em junho, principalmente nas estações 1 (baía) e 6 (canal) (Figura 29).

Nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março) a razão foi nula em praticamente todas as estações, com exceção das estações 3 (baía) e 6 (canal).

e) Razão 480/665 (nm/nm)

Em geral, as estações da baía apresentaram uma menor variabilidade anual quando comparadas às estações do canal.

Nas estações da Baía e estação 5 do canal, a razão 480/665 apresentou sempre valores entre 1 e 1,5. (Figura 30). Nas estações 6 e 7 do canal, nota-se valores mais próximos a 2, e, na estação 7, em janeiro o fitoplâncton de superfície apresentou o maior valor da razão 480/665 observado (2,82), caracterizando a depleção de algum nutriente. Os valores sugerem que as células da comunidade fitoplanctônica presente nas estações da baía e na estação 5 do canal, estiveram em boas condições tróficas ao longo de todo o período amostrado. Nas estações 6 e 7, os valores mais próximos a 2 indicam que as células do fitoplâncton podem estar sofrendo alguma deficiência nutricional.

4.1.2.3.2. Fitoplâncton Total

Foram identificados ao todo 36 gêneros, sendo 29 da classe Bacillariophyceae (Ordem Centrales e Pennales), 1 da classe Cyanophyceae, 6 Dynophyceae e 1 Chlorophyceae (Tabela 9).

A maior densidade ($4,6 \times 10^7$ céls l^{-1}) foi observada na estação 5 junto ao fundo no mês de dezembro de 2005 (Anexo).

A Figura 31a e b apresentam a distribuição dos grupos em termos de composição relativa para a baía e canal de Santos, respectivamente.

Na baía de Santos os fitoflagelados estiveram presente em maior número ao longo de todo o período amostrado, com exceção do mês de março quando as diatomáceas representaram mais de 60 % do total de células. No canal foi observada a mesma tendência à dominância pelos fitoflagelados, porém, o mês de abril, a única exceção, mostrou as diatomáceas contribuindo com mais de 80% do total de células.

A maior densidade dos fitoflagelados ($2,2 \times 10^7$ céls l^{-1}) foi observada em julho na baía de Santos (estação 2, superfície), e a menor ($3,2 \times 10^6$ céls l^{-1}), em janeiro no canal de Santos (estação 7, fundo. Apesar disso, a tendência foi a dos fitoflagelados apresentarem maiores densidades no verão e menores nos meses mais frios.

A Figura 32a e b apresenta a composição relativa dos principais grupos de organismos do fitoplâncton excluindo-se os fitoflagelados, a fim de facilitar a visualização da composição relativa dos demais grupos. Através dessa figura verifica-se a dominância das diatomáceas, seguida pelos dinoflagelados. De uma maneira geral os dinoflagelados estiveram presentes em maior número nos meses mais frios (junho, julho e agosto).

Com relação à composição específica, os grupos mais freqüentes (presentes em mais de 70% das estações analisadas) foram as diatomáceas cêntricas não identificadas menores que 20 μm , diatomáceas penadas não identificadas menores que 20 μm e dinoflagelados não identificados.

Os grupos dominantes (mais de 50% do total de células), excluindo-se os fitoflagelados, foram: diatomáceas cêntricas <20 μm em novembro e dezembro de 2004 e em fevereiro, março, junho, julho, outubro e dezembro de 2005, em especial nas estações do canal de Santos. O gênero *Chaetoceros* spp. foi dominante em fevereiro, na estação 7, superfície.

4.1.2.3.3. Produção Primária

Nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14 são apresentados os valores de produção primária (PP), taxa de assimilação (PP^B) e as respectivas irradiâncias (I) às quais as amostras foram submetidas durante o período de incubação em novembro e dezembro de 2004 e janeiro, maio e agosto de 2005, respectivamente. Médias não foram apresentadas porque as intensidades luminosas nem sempre foram as mesmas para cada dupla de pontos do incubador.

Os valores mais elevados de produção máxima (P_{max}) (Tabela 15) obtidos no conjunto dos experimentos foram de 24,91 $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ na baía (maio) e 48,75 $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ (novembro) no canal de Santos (Figura 33).

Os maiores valores de P_{max} foram geralmente observados em superfície, com exceção da estação 7 em dezembro e estação 6 em janeiro, ambas no canal, que apresentaram maiores valores junto ao fundo.

De acordo com Vollenweider (1969), a razão entre os dados obtidos para a produção primária e a concentração de clorofila-a, fornecerá a taxa de assimilação de carbono por unidade de clorofila-a contida no fitoplâncton.

O maior valor da taxa de assimilação ($P_{\max}^B$) para a baía foi de 2,23 mgC mgCl a^{-1} h $^{-1}$ em janeiro na estação 3 e para o canal de 1,94 mgC mgCl a^{-1} h $^{-1}$ em agosto na estação 6, ambas em superfície. O $P_{\max}^B$ esteve correlacionado negativamente com a clorofila-a ($r^2 = -0,58$) quando considerado o conjunto de dados dos meses e estações onde foram realizadas as incubações.

a) **Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I)**

As relações Fotossíntese-Irradiância (P-I) obtidas através dos experimentos descritos são apresentadas para os meses de novembro (Figura 34) e dezembro de 2004 (Figura 35) e janeiro (Figura 36), maio (Figura 37) e agosto (Figura 38). As intensidades luminosas máximas variaram amplamente ao longo dos períodos de amostragem devido provavelmente à alterações na posição do refletor quando da montagem das incubadoras e desgaste natural das lâmpadas. Além disso, as intensidades luminosas apresentaram variação entre os pontos simétricos da incubadora, e por esse motivo as amostras não foram consideradas réplicas.

A partir das curvas foram estimados os parâmetros fotossintéticos α^B , I_k e $P_{\max}^B$, cujos valores e irradiâncias máximas às quais as amostras foram submetidas são apresentados na Tabela 16.

O maior valor de taxa de assimilação obtido em uma curva P-I é denominado número de assimilação ($P_{\max}^B$). Entre as curvas que apresentaram saturação, os valores de $P_{\max}^B$ obtidos variaram entre 0,08 mgC mgCl a^{-1} h $^{-1}$ (estação 3F) em agosto e 2,19 mgC mgCl a^{-1} h $^{-1}$ (estação 3S) em janeiro. De uma maneira geral, pode ser observado que os meses de novembro e dezembro de 2004 e agosto de 2005 apresentaram os maiores números de assimilação para o canal enquanto que em janeiro e maio de 2005 os maiores números de assimilação foram observados na baía.

Somente 65% das curvas obtidas nas incubações atingiram a saturação. No mês de novembro, entre todas as curvas obtidas, somente as estações 2F e 3S apresentaram saturação. As amostras de fundo, neste mês, que não apresentaram saturação foram submetidas a intensidades luminosas máximas de $962,8 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, e as amostras de superfície a um máximo de $1361,2 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Esses valores não foram suficientes para que a população presente entrasse no processo de saturação indicando que essa população está adaptada a intensidades luminosas elevadas.

Durante os meses de dezembro e janeiro apenas a estação 1 em superfície não apresentou saturação, com intensidades máximas de luz aplicadas de 1328 e $432 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente. Em maio, todas as curvas apresentaram saturação, com intensidades máximas de luz que variaram de 1179 a $2042 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Nas incubações realizadas no mês de agosto, a intensidade máxima de luz aplicada ($697 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) foi, em geral, mais baixa que nas demais coletas, provavelmente devido a desgaste nas lâmpadas ou alterações na posição do espelho refletor. Assim, apesar da maioria das estações ter atingido a saturação mesmo com intensidades luminosas mais baixas (plâncton de sombra), verificou-se que quatro amostras (5S, 5F, 6F e 3S) não foram submetidas a intensidades luminosas suficientes para que houvesse saturação e conseqüente determinação dos valores de P_{max}^B e I_k .

O parâmetro α^B é função da intensidade luminosa e da concentração de pigmentos fotossintetizantes, representando, portanto, a eficiência dos processos fotoquímicos. De maneira geral, a baía apresentou maiores valores de eficiência fotossintética no mês de maio, com valores de α^B variando entre 0,0096 a $0,0214 \text{ mgC mgChl}^{-1} \text{ h}^{-1} (\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$. No canal maiores valores foram observados no mês de agosto e estiveram entre 0,0008 e $0,0091 \text{ mgC mgChl}^{-1} \text{ h}^{-1} (\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$.

O parâmetro I_k , que define o início da limitação da fotossíntese pelos processos enzimáticos, é usado para descrever os ajustes fisiológicos das populações algais às mudanças ambientais. Os menores valores de I_k foram observados na baía, em maio (80 a $100 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) e em agosto tanto na baía como no canal, com valores variando entre 140 e $290 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Durante o

mês de novembro somente duas curvas apresentaram saturação, sendo o valor de I_k igual a 680 e 1270 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, para as estações 2F e 3S, respectivamente.

Em algumas relações P-I, para níveis de irradiância muito elevados observa-se um decréscimo na fotossíntese devido à ocorrência de fotoinibição, associada à destruição fotoquímica dos pigmentos fotossintéticos (Parsons et al., 1984). Observa-se na tabela 16 que ao longo dos meses amostrados, a fotoinibição foi verificada somente nas amostras da baía. Durante o mês de novembro, verificou-se fotoinibição nas estações 2 (junto ao fundo) e 3 (em superfície), associada a altos valores de I (965 e 1361 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente). A fotoinibição observada em dezembro, nas estações 1 (fundo) e 3 (superfície e fundo) também esteve relacionada a irradiâncias máximas bem elevadas e que variaram entre 1029 e 1394 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. No mês de janeiro somente a estação 1 (fundo) mostrou sinais de fotoinibição a uma irradiância máxima de 697 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Os experimentos realizados com amostras da baía no mês de maio apresentaram resultados típicos de plâncton de sombra, associados aos maiores valores de α^B (de 0,0096 a 0,0214 $\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1} (\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$) observados entre os meses de estudo, e irradiâncias máximas que variaram de 1179 a 2042 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mostrando sua alta eficiência de assimilação sob baixas intensidades luminosas. De uma maneira geral, as relações P-I onde foram observadas fotoinibição apresentaram maiores valores de α^B e irradiâncias relativamente maiores.

4.1.3. *Análises Estatísticas*

As Tabelas 17 e 18 apresentam as matrizes de correlação realizadas para o conjunto de dados anual e para as estações e meses onde foram realizados os experimentos de produção primária, respectivamente.

Na análise de componentes principais (ACP), aplicada ao conjunto de dados obtidos ao longo de todo o período amostrado (Figura 39), as duas primeiras componentes da análise explicaram 43,36% da variância total dos

dados, sendo 25,78% para o primeiro eixo e 17,58% para o segundo eixo. Positivamente correlacionados ao fator 1 encontram-se todos os nutrientes (amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio inorgânico total, fosfato e silicato). A biomassa, representada pela clorofila *-a*, *c* e carotenoides encontram-se no lado negativo do eixo 1, juntamente com a temperatura. Estes resultados demonstram que a biomassa não está sendo limitada pelos nutrientes, mas que a temperatura é um fator preponderante no seu desenvolvimento. Em oposição a estas variáveis estão a salinidade e sigma-t, que mais contribuíram para o lado negativo do eixo 1. Isto também demonstra que a biomassa não foi dependente da salinidade. O fator 1 também indica que os nutrientes, em altas concentrações ao longo do ano, estiveram associados a águas de origem continental, dada a oposição desses vetores com o vetor salinidade. O fator 2 explica o desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica, onde a temperatura e a penetração de luz na coluna de água foram os principais fatores controladores do desenvolvimento da biomassa, representada pelas clorofilas *a*, *c* e carotenóides.

Nas análises de componentes principais realizadas mês a mês (Figura 41 a Figura 45), abril apresentou a maior porcentagem de explicação da variância total dos dados (77,5%), provavelmente devido à menor variabilidade dos dados, que foram obtidos somente para o canal neste mês. De uma maneira geral, os dados apresentaram o mesmo padrão observado na ACP de dados anuais, mostrando os nutrientes sempre relacionados às águas de origem continental, a porcentagem de Cl-a ativa correlacionada positivamente com a porcentagem de luz na coluna de água, e a biomassa fitoplanctônica mais dependente da temperatura e da porcentagem de luz incidente na coluna de água, que esteve relacionada com o canal na maior parte do tempo. Observa-se também a proximidade do vetor SI com o vetor Cl-a, principalmente nos meses mais frios, provavelmente devido à ressuspensão do sedimento, dada a pronunciada mistura vertical da coluna de água nesses meses.

Na análise de componentes principais realizada com os resultados de produção primária e demais variáveis associadas (Figura 46), a porcentagem de explicação da variância total dos dados foi de 54,84%. Porém, a matriz de dados aleatorizados (Figura 47) apresentou uma porcentagem de explicação da variância total de 64,71%, valor maior do que o apresentado pela ACP dos

dados não aleatorizados, indicando que os dados obtidos não explicam a variabilidade da produção primária neste estudo.

4.2. Estações Fixas

4.2.1. Série Temporal

As estações fixas foram realizadas em sua grande parte durante marés de sizígia. Em outubro e dezembro as coletas foram realizadas no último dia de quadratura, portanto, já com uma alta influência das características das marés de sizígia.

As amostragens foram realizadas em um período de 13 horas, com intervalos de mais ou menos uma hora entre as medidas. Os dados de correntometria do mês de maio apresentaram-se com problemas, por isso não foi possível a realização do cálculo de transporte resultante médio das propriedades referentes a esse mês.

Na Tabela 19, são apresentadas as médias mensais obtidas para a temperatura, salinidade, nutrientes inorgânicos, clorofilas-*a*, *b* e *c*, clorofila-*a* ativa e séston total, orgânico e inorgânico, nos meses amostrados nos canais de Santos e São Vicente.

Matrizes de correlação de Pearson foram confeccionadas para as estações fixas de maio em Santos e São Vicente (Tabelas 20 e 21), julho e agosto apenas em Santos (Tabelas 22 e 23), outubro em Santos e São Vicente (Tabelas 24 e 25), novembro e dezembro apenas em Santos (Tabelas 26 e 27).

4.2.1.1. Maio de 2005

Canal de Santos

Os dados de correntometria do mês de maio, para o canal de Santos e São Vicente não foram utilizados devido a problemas encontrados nos registros do ADCP.

A Figura 48 e Figura 49 apresentam respectivamente a altura de maré, ao longo da série temporal e as variações da zona eufótica (Zeu) em relação à profundidade local. As menores profundidades da zona eufótica foram observadas durante as amostragens no período da manhã, sob maré vazante. A maior profundidade da zona eufótica (4,1 m) foi observada às 10:00 h com o início da subida de maré (enchente).

As séries temporais de salinidade, temperatura e sigma-t (Figuras 50a, 50b e 50c) indicam uma situação de maré vazante no início da série (06:48 h). Há então, um progressivo aumento da salinidade e densidade caracterizando o período de enchente. A temperatura não variou tanto ao longo da série, mas mostrou maiores valores associados à água de fundo também no início do período de coleta.

As maiores concentrações de amônia foram observadas no período de vazante, decrescendo com a maré enchente, apresentando correlação negativa com a salinidade ($r^2 = -0,70$) e com maiores valores em superfície (máximo de 16,01 μM) (Figura 50d). O menor valor (0,16 μM) foi observado junto ao fundo na amostragem realizada às 13:00 h.

As concentrações de nitrato e nitrito (Figura 50e e Figura 50f) foram mais elevadas durante a maré de enchente, apesar do nitrito ter mostrado valores elevados também na maré de vazante em superfície e o nitrato ter apresentado um pico junto ao fundo no fim da série temporal (13 μM). A Figura 50g apresenta as concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), indicando que o nutriente esteve presente em elevadas concentrações praticamente durante todo o período amostrado, porém apresentando correlação negativa significativa com a salinidade ($r^2 = -0,47$).

A série temporal do silicato (Figura 50h) apresentou maiores valores (21 μM) associados ao início da série, porém com valores altos junto ao fundo durante todo o período amostrado.

O fosfato (Figura 50i) também mostrou uma relação maior com o início da série temporal (vazante), chegando a concentrações em torno de 3 μM às 11:00 h, em superfície, diminuindo gradativamente com a maré enchente.

A razão N:P (Figura 50j) se mostrou elevada em superfície e junto ao fundo, com valores indicando possível limitação por fósforo durante o período de enchente. Valores maiores que 16 foram observados em superfície às 14:00

h (19), às 15:00 h (34) e às 18:00 (19,33) e junto ao fundo às 17:00 (16,3) Valores menores que 10 foram verificados principalmente em meia água indicando limitação por nitrogênio nesse estrato da coluna durante o período amostrado.

O Séston Total (ST) apresentou altos valores junto ao fundo (máximo de 3967 mg l⁻¹), provavelmente devido a ressuspensão dos sedimentos. Nota-se um aumento na concentração em meia água no período de enchente e também que a fração orgânica (SO), quando comparada à fração inorgânica (SI), é a responsável pelas altas concentrações do ST (Figuras 51a, 51b e 51c).

A biomassa, em termos de clorofila-*a* (Figura 51d) apresentou valores mais elevados no período de enchente ($r^2 = 0,54$ com a salinidade), em meia água e próximo ao fundo e uma variação ao longo da série de 4,4 a 12 mg m⁻³. A clorofila-*b* (Figura 51e) não foi detectada em superfície, podendo estar abaixo do limite de detecção do método. Em meia água e junto ao fundo foi observada em todo o ciclo de maré, atingindo o valor máximo de 0,38 mg m⁻³. A clorofila-*c* (Figura 51f) foi mais abundante em todo o período com concentrações maiores associadas ao período de enchente tanto em superfície quanto próximo ao fundo. A porcentagem de clorofila-*a* (Figura 51g) ativa apresentou um comportamento contrário ao da biomassa com maiores porcentagens de clorofila-*a* no estado ativo (85%) no período de vazante e em superfície.

Os carotenóides e feopigmentos mostraram o mesmo comportamento: maiores concentrações junto ao fundo até no final da série e durante o período de enchente em superfície e meia água (Figura 51h e Figura 51i). A razão 480/665 (Fig. 51j) apresentou o mesmo padrão de distribuição ao longo do ciclo de maré que carotenóides e feopigmentos, porém os valores estiveram sempre entre 1 e 1,6, indicando o bom estado fisiológico (valores entre 0,5 e 1,5) do fitoplâncton durante todo o período amostrado e em toda a coluna de água.

Canal de São Vicente

Devido à baixa profundidade da entrada do canal de São Vicente as amostragens foram realizadas somente em duas profundidades (superfície e junto ao fundo). Os gráficos de isolinhas poderiam apresentar distribuições errôneas entre superfície e fundo. Por esse motivo, para esta estação fixa foram confeccionados gráficos de linhas. Os dados de fosfato, silicato e por consequência a razão N:P, possuem muitas lacunas devido à perda das amostras, por isso serão apresentados somente como máximos e mínimos observados.

Na Figura 52 é apresentada a variação de maré, obtida em marégrafo instalado no canal de Santos, no dia da coleta em São Vicente. Infelizmente não existem marégrafos no canal de São Vicente, portanto, os dados obtidos para o canal de Santos são apresentados, mesmo sabendo-se da possibilidade de alguma defasagem. As amostragens foram iniciadas em período de vazante às 07:00h e finalizada às 15:00h em período de enchente. Na Figura 53 observa-se que a profundidade local foi menor no início da série temporal (até às 12:00 h) e que a zona eufótica apresentou uma tendência a maiores profundidades ao longo da manhã. A partir das 10:00 h os valores do coeficiente de extinção diminuem e a zona eufótica aumenta. Com o aumento da profundidade local a partir das 13:00 h, a zona eufótica torna a ficar menor e o coeficiente de extinção aumenta.

Os gráficos de temperatura, salinidade e sigma-t (Figuras 54a, 54b e 54c) mostram a estratificação térmica e halina bem marcada ao longo da série, com águas de menor salinidade e menor temperatura em superfície e a presença da cunha salina em todo o período de amostragem. Os valores de temperatura, salinidade e sigma-t aumentam em superfície no fim da série temporal indicando uma forte condição de mistura.

Nota-se que as altas concentrações de amônia (Figura 54d) (máximo de 27 μM) estão presentes no início da série em superfície, estreitamente relacionadas à águas menos salinas oriunda do estuário. As concentrações decrescem à medida que a salinidade aumenta ($r^2 = -0,98$), permanecendo em torno de 5 μM no fim da série temporal.

As concentrações de nitrato variaram de 0,9 a 4,4 μM com maiores valores em superfície e menores junto ao fundo (Figura 54e). As concentrações de nitrito mais elevadas estiveram associadas às águas menos salinas, principalmente em superfície (Figura 54f). A série temporal de NID apresentou-se semelhante à da amônia, indicando que esta foi a forma que mais contribuiu para o total de nitrogênio inorgânico dissolvido (Figura 54g).

O maior valor de silicato foi observado às 13:00 h em superfície (196,7 μM) e o menor (8,75 μM) no início da série e junto ao fundo. A maior concentração observada para o fosfato ocorreu na primeira hora de amostragem em superfície (3,03 μM) e a menor (0,78) junto ao fundo no último horário de coleta (15:00 h) (Figuras 54h e 55a). Os valores da razão N:P apresentaram-se sempre abaixo de 9,5 sugerindo uma possível limitação por nitrogênio (Figura 55b).

O séston total (ST) (Figura 55c) apresentou valores intermediários (180 mg l^{-1}) junto ao fundo somente durante o primeiro período. No restante da série as concentrações foram relativamente baixas, ficando em torno dos 60 mg l^{-1} tanto em superfície quanto junto ao fundo. A fração inorgânica (SI) foi a responsável pelo incremento ao ST, ao contrário do que ocorreu para o canal de Santos neste mesmo mês, onde a responsável pelas altas concentrações do ST foi a fração orgânica (Figura 55d e 55e).

A série temporal realizada para a clorofila-a (Figura 55f) apresentou maiores concentrações (variando de 2,77 a 13,5 mg m^{-3}) nas duas primeiras horas do período de coleta, junto ao fundo e em posição muito próxima às observadas para o material em suspensão ($r^2 = 0,90$). Os valores decrescem do fundo em direção à superfície e do início para o fim da série temporal. As maiores concentrações de clorofila-b também estiveram relacionadas com a água menos salina oriunda do estuário, decrescendo e voltando a aumentar junto ao fundo no fim do período de amostragem (Figura 55g). A clorofila-c apresentou, em superfície, as maiores concentrações associadas ao período inicial de coleta, e junto fundo, valores altos ao longo de todo o ciclo de maré com um pico no início do período de amostragem (4,3 mg m^{-3}) (Figura 55h).

A clorofila-a ativa (Figura 56a) apresentou menores porcentagens em superfície no início da série temporal e maiores em direção ao fim da série com

um máximo de 70% às 13:00 h. Observam-se relativamente maiores porcentagens no fundo ao longo de toda a série.

As séries temporais realizadas com as concentrações de carotenóides e feopigmentos (Figura 56b e 56c) apresentaram o mesmo comportamento observado para a clorofila-a e para o ST: concentrações mais elevadas junto ao fundo no início da série e valores mais baixos ao longo da série tanto em superfície como próximo ao fundo.

Os valores da razão 480/665 (Figura 56d) estiveram entre 0,98 e 1,6 indicando, como para o canal de Santos, neste mesmo mês, o bom estado fisiológico das células do fitoplâncton. Os maiores valores foram observados no início da série, associados a menores salinidades.

4.2.1.2. Julho de 2005

Canal de Santos

Na Figura 57 nota-se que as coletas se iniciaram e foram finalizadas durante períodos de vazante, sendo que as estofas de vazante e enchente situaram-se em torno da segunda e nona amostragem, respectivamente.

O cisalhamento vertical na coluna de água ocorreu durante todo o ciclo de maré, posto que as intensidades máximas das correntes de enchente e vazante, em média, foram muito semelhantes, em torno de $0,5 \text{ m s}^{-1}$, porém com um maior predomínio, ao longo do período estudado, de correntes no sentido estuário adentro. No início da amostragem foram verificadas altas velocidades de corrente em superfície e meia água com um significativo cisalhamento vertical em relação às águas de fundo que se apresentaram também em regime de vazante, porém com menor intensidade da corrente. A partir das 07:00 h observa-se a diminuição das velocidades e inversão da direção de vazante para enchente, permanecendo neste regime até as 14:00 h, quando as velocidades se invertem novamente em direção à baía devido ao reinício da vazante.

A Figura 58 apresenta as variações da profundidade local e da zona eufótica (Zeu) ao longo da série temporal realizada no mês de julho. Nota-se que a Zeu (2,7 a 3,5 m) variou muito pouco ao longo da série.

As séries temporais obtidas para temperatura, salinidade e sigma-t (Figuras 59a, 59b e 59c) acompanham claramente o período de vazante no início da série com crescente aumento da salinidade e densidade a partir desse horário, acompanhando o processo de inversão da maré para maré enchente. Nesta ocasião a cunha salina não foi observada e nota-se que os valores de superfície se estendem até próximo ao fundo indicando mistura vertical da coluna de água.

A amônia (Figura 59d) apresentou valores maiores (8,23 μM em superfície) em períodos de vazante e menores em períodos de enchente ($r^2 = -0,50$ com a salinidade). A partir das 14:15h as concentrações voltam a se elevar indicando o possível início da influência das águas estuarinas e um novo período de vazante.

As séries temporais de nitrato, nitrito e NID (Figuras 59e, 59f e 59g) mostram o mesmo padrão observado para a amônia: maiores valores no início e final da série (vazante) e menores valores no período de enchente, apresentando correlação negativa com a salinidade, que se estende das 07:13 h às 15:10 h, seguido de um gradativo aumento associado ao período de vazante. A maior concentração de nitrato (5,9 μM) foi observada em meia água ao fim da série temporal.

A série temporal obtida com as concentrações de silicato (Figura 59h) apresenta um padrão contrário às distribuições já observadas para outros nutrientes nesta ocasião, apresentando uma correlação positiva significativa com a salinidade ($r^2 = 0,35$). As maiores concentrações são observadas em meia água e junto ao fundo, e não apresentaram uma correlação com os períodos de vazante e enchente.

A série temporal de fosfato (Figura 59i) possui a mesma tendência observada para os outros nutrientes, com maiores valores (1,45 μM) em períodos de vazante e menores (0,85 μM) em períodos de enchente.

A razão N:P, (Figura 59j), em praticamente toda a série temporal, apresentou valores inferiores a 10 indicando novamente uma provável limitação por nitrogênio. Os menores valores foram observados até às 12:16 h, principalmente em superfície e meia água, e valores crescentes a partir das 13:00 h em toda a coluna de água, quando as velocidades de corrente começam a diminuir para a inversão de regimes.

O ST (Figura 60a) apresentou dois picos de concentrações mais elevadas, um junto ao fundo ($195,7 \text{ mg l}^{-1}$) e outro em superfície ($210,6 \text{ mg l}^{-1}$), ambos nas últimas horas da série temporal quando se iniciou novamente um período de vazante. O pico de superfície foi claramente dominado pelo SO e o pico próximo ao fundo foi dado pela maior concentração do SI (Figuras 60b e 60c). Na série, todas as concentrações se mantiveram relativamente baixas, sendo a fração inorgânica responsável pela maior parte do ST.

A clorofila-a (Figura 60d) apresentou uma distribuição semelhante às séries temporais dos nutrientes, variando de $5,64$ a $17,19 \text{ mgCl-a m}^{-3}$, onde os maiores valores encontram-se no período de vazante e os menores no período de enchente ($r^2 = -0,76$ com a salinidade), indicando mais biomassa nas águas de origem continental. Uma pequena elevação ($15,81 \text{ mg m}^{-3}$) é observada ao fim da série temporal, junto ao fundo, coincidindo com maiores concentrações de séston, representado principalmente pela sua fração inorgânica. A série temporal de clorofila-b mostrou valores abaixo do limite de detecção em todo o período amostrado com exceção de duas situações: entre as 10:00 h ($0,6 \text{ mg m}^{-3}$) e 11:18 h ($0,36 \text{ mg m}^{-3}$), em superfície e próximo ao fundo respectivamente, associadas a uma maior intensidade da corrente em regime de enchente ($0,54 \text{ m s}^{-1}$), e também em um crescente aumento no fim da série, a partir das 16:00 h, principalmente junto ao fundo, coincidindo com os maiores valores de SI e clorofila-a neste ponto (Figura 60e). A série temporal da clorofila-c (Figura 60f) apresentou uma distribuição muito similar à da clorofila-a e nutrientes, sendo observados maiores valores no período de vazante e os menores no período de enchente, além de um pequeno aumento junto ao fundo no final da série temporal.

A distribuição da porcentagem de clorofila-a (Figura 60g) ativa apresentou, em geral, valores entre 60% e 68%, durante o período de velocidades menos intensas em superfície durante a enchente, e uma tendência a menores valores próximos ao fundo.

As distribuições das concentrações de carotenóides e feopigmentos (Figuras 60h e 60i) mostram um padrão semelhante aos descritos para as clorofilas a e c, com concentrações diminuindo desde a maré vazante para a maré enchente e pequena elevação junto ao fundo no fim da série.

A razão 480/665 (Figura 60j) apresentou valores entre 0,98 e 1,4 indicando novamente a boa condição trófica das células do fitoplâncton. No entanto, maiores valores desta razão estiveram associados ao período de enchente, fato que pode ter ocorrido devido à necessidade dos organismos de se adaptarem às mudanças físicas e químicas que ocorrem na água dependendo do regime de correntes presente.

4.2.1.3. Agosto de 2005

Canal de Santos

A Figura 61 mostra que, também nesta ocasião, as coletas iniciaram-se e foram finalizadas durante a vazante, com as estofas de vazante e enchente em torno da segunda e nona amostragens, respectivamente.

Nesta amostragem também foi observado o cisalhamento vertical da coluna ao longo de toda série, com velocidades de correntes maiores no período de enchente, atingindo máximo de $0,9 \text{ m s}^{-1}$ em superfície. Às 8:30 h foi observado o início da maré enchente junto ao fundo e velocidades baixas, mas ainda em direção à baía em superfície e meia água. O regime de enchente foi predominante durante a maior parte do período de amostragem (das 09:00 h às 16:10 h), e vazantes foram observadas no início e fim da série temporal. Observa-se também que a subida da maré de enchente ocorreu com maiores velocidades de corrente em meia água e junto ao fundo; ao contrário, durante a descida, as maiores velocidades foram observadas em superfície.

A Figura 62 mostra que a profundidade local permaneceu constante ao longo da série temporal com uma tendência ao aumento da zona eufótica (máxima de 6,8 m) ao longo do dia.

As séries temporais de salinidade e sigma-t mostram que, no período de vazante, foram observados os menores valores, seguidos de um aumento com a corrida de maré enchente. De modo geral, a temperatura da água esteve uniforme ao longo da coluna de água, porém com maiores valores em superfície no período de enchente, em torno das 14:00 h e 15:00 h, provavelmente devido ao maior aquecimento das águas superficiais que ocorre ao longo do dia (Figuras 63a, 63b e 63c).

As concentrações de amônia, nitrato, nitrito, NID, silicato (Figuras 63d a 63h) e fosfato (Figura 63i), acompanharam a distribuição da salinidade, com maiores concentrações em período de vazante e menores em período de enchente. Porém, é mais nítida a relação concentração do nutriente/salinidade para os dados de amônia ($r^2 = -0,88$) e fosfato ($r^2 = -0,92$). No período das 13:20 h e 16:10 h, caracterizado como vazante, foram observadas elevações nas concentrações de nitrato junto ao fundo (14,66 μM). O NID variou de 4,04 a 20,1 μM ao longo da série temporal.

A razão N:P (Fig. 63j) esteve abaixo de 10 em toda a coluna de água e ao longo de toda série temporal, indicando uma possível limitação por nitrogênio, com exceção de elevações junto ao fundo (máximo de 18,4) durante a vazante, já observadas na série temporal do nitrato. Este nutriente é o provável responsável por tais elevações, que não chegam a indicar limitação por fósforo.

A distribuição das concentrações de ST ao longo da série temporal indica maiores valores, próximo ao fundo na vazante, e ao fim da série temporal, coincidindo com o segundo período de vazante (841,6 e 780,6 mg l^{-1} , respectivamente). Essa distribuição foi semelhante à do séston orgânico, que foi o responsável pelos altos valores do séston total. A fração inorgânica apresentou a mesma tendência a valores mais altos em período de enchente ($r^2 = 0,47$), porém com concentrações bem menores (de 4,66 a 81,8 mg l^{-1}) (Figuras 64a, 64b e 64c).

Os gráficos de clorofila-a (Figura 64d), clorofila-c (Figura 64f), % de clorofila-a ativa (Figura 64g) e carotenóides (Figura 64h) mostram maiores concentrações também associadas ao período de enchente em toda a coluna de água. A clorofila-a variou de 4,27 a 9,91 mg m^{-3} ao longo da série temporal, com a maior porcentagem de clorofila-a no estado ativo (85,9%) no ponto de maior concentração de clorofila-a (às 16:10 em superfície).

A clorofila-b (Figura 64e) esteve abaixo do limite de detecção em toda a série temporal e em toda a coluna da água, com exceção de um único ponto na primeira hora e junto ao fundo que apresentou valor de 0,28 mg m^{-3} .

As concentrações de feopigmentos e os valores da razão 480/665nm (Figura 64i e 64j) apresentaram distribuição ao longo da série temporal contrária aos nutrientes e às clorofilas: valores mais elevados no período de

vazante no início da série temporal, decrescendo com o aumento da salinidade. Nesta amostragem também foi constatado o bom estado fisiológico das células do fitoplâncton em toda a série temporal através dos valores da razão 480/665nm que permaneceram dentro dos limites de referência (0,5 a 1,5).

4.2.1.4. Outubro de 2005

Canal de Santos

Na Figura 65 observa-se que, também nesta ocasião as coletas iniciaram-se e foram finalizadas durante a vazante, com as estofas de vazante e enchente em torno da terceira e décima amostragem, respectivamente.

Através dessa figura pode ser observado novamente o intenso cisalhamento vertical ao longo do período amostrado e velocidades de correntes maiores durante os períodos característicos de maré vazante, com máximos de $0,9 \text{ m s}^{-1}$ em superfície, ao fim da série temporal. Na maré enchente a velocidade de corrente foi mais elevada em especial junto ao fundo nesta profundidade. Diferentemente do que foi observado em julho e agosto a variação da maré foi menos pronunciada.

A Figura 66 mostra que das 06:30 h às 08:15 h a zona eufótica apresentou valores muito semelhantes. A partir das 09:10 h é notado o aumento da profundidade da zona eufótica até o fim do período de amostragem, com o aumento também da profundidade local.

A distribuição da salinidade (Figura 67a) deixa evidente o período de vazante no início da série temporal seguido por um período de maré enchente, e novamente vazante no fim da série temporal. As séries temporais de temperatura e sigma-t apresentaram padrão semelhante (Figura 67b e 67c).

As concentrações de amônia (0,26 a $6,64 \mu\text{M}$) (Figura 67d), NID (0,26 a $14,41 \mu\text{M}$) (Figura 67g), silicato ($4,46$ a $15,81 \mu\text{M}$) (Figura 67h) e fosfato ($0,51$ a $3,24 \mu\text{M}$) (Figura 67i) apresentaram a mesma tendência ao longo da série temporal: maiores concentrações em períodos de vazante e menores em períodos de enchente, resultando em alta correlação com as águas de origem continental em especial para a amônia ($r^2 = -0,38$) e o fosfato ($r^2 = -0,36$), que apresentaram correlações negativas com a salinidade. As concentrações de

nitrito (máximo de $6,77\mu\text{M}$ em superfície às 11:10h) (Figura 67e) e nitrito (Figura 67f) também apresentaram o mesmo padrão, porém com concentrações abaixo do limite de detecção ao fim da série temporal.

A razão N:P (Figura 67j) demonstrou através dos valores sempre abaixo de 10 a limitação por nitrogênio em toda a coluna de água ao longo da série temporal, apesar do padrão de maiores valores em vazante e menores durante a maré enchente também ter sido observado para essa variável

O ST apresentou uma variação de $53,8$ a 1163 mg l^{-1} , sendo as maiores concentrações em meia água durante o período de vazante, e próximo ao fundo no período de enchente (Figura 68a). A maior contribuição para o séston total estava em sua fração orgânica ($11,6$ a $1095,5\text{ mg l}^{-1}$), que por consequência, apresentou o mesmo padrão de distribuição (Figura 68b). A fração inorgânica apresentou valores crescentes em direção ao fundo (Figura 68c).

As séries temporais da clorofila-*a* ($3,12$ a $19,24\text{ mg m}^{-3}$), clorofila-*c*, carotenóides e feopigmentos (Figuras 68d, 68e, 68g e 68h, respectivamente) indicaram a associação dessas variáveis, neste mês, ao período de enchente, com valores mais baixos relacionados à maré vazante. O maior valor de clorofila-*a* foi observado às 17:20 h junto ao fundo. A porcentagem de clorofila-*a* no estado ativo apresentou um padrão definido na sua distribuição, que variou de 35 a 80% (Figura 68f). O perfil de clorofila-*b* não foi apresentado, devido ao fato dessa variável ter estado abaixo do limite de detecção do método durante todo período amostrado.

A razão 480/665nm (Figura 68i) apresentou uma distribuição semelhante à observada para os nutrientes, com valores mais elevados no início da série temporal caracterizado como vazante, decrescendo em direção a maré enchente. Esses valores, entre 0,8 e 1,4, atestam novamente o bom estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica presente.

Canal de São Vicente

A Figura 69 apresenta o início e fim das amostragens em período de vazante como observado em outras ocasiões, com a estofa de maré vazante e enchente em torno da terceira e décima amostragem, respectivamente.

Durante a amostragem realizada na estação fixa do canal de São Vicente observou-se completa mistura vertical na coluna de água, provavelmente devido à baixa profundidade local. De uma maneira geral, a intensidade das correntes foi maior em regime de enchente, apresentando oscilações significativas a cada hora, tanto na subida como na descida da maré. Às 09:10 h a velocidade foi praticamente nula ($0,01 \text{ m s}^{-1}$), caracterizando um período de estofa seguido de uma inversão no sentido da corrente para enchente com gradativo aumento da velocidade até as 11:00 h, porém na subida de maré nota-se, às 14:10 h, um valor muito baixo ($0,07 \text{ m s}^{-1}$) de velocidade. A partir das 16:10 h inicia-se uma nova vazante, com aumento da intensidade da corrente, chegando ao valor máximo de $0,73 \text{ m s}^{-1}$, e voltando a cair para $0,4 \text{ m s}^{-1}$ no final da série temporal.

A Figura 70 apresenta as variações da profundidade da zona eufótica em comparação com a profundidade local. No início da série são observados menores valores da zona eufótica mas, a partir das 09:00 h a profundidade da zona eufótica aumenta e em duas ocasiões quase alcançou toda a coluna de água. A partir das 15:10h a profundidade da Zeu volta a diminuir em direção ao fim da série temporal.

Nas Figuras 71a, 71b e 71c, observa-se que as distribuições temporais da temperatura, salinidade e sigma-t apontam no início da série temporal o período de vazante, seguido por um período de enchente, que se estende até as 17:10 h, onde se inicia novamente uma diminuição nos valores de salinidade e sigma-t indicando um novo período de vazante, como observado no gráfico de velocidades de corrente. A temperatura apresentou os maiores valores em superfície, na porção final do período de amostragem, por volta das 15:00 h, possivelmente como resultado do aquecimento das águas de superfície pela incidência luminosa ao longo do dia.

A amônia apresentou valores baixos junto ao fundo ao longo de toda a série temporal e pela primeira vez não mostrou o padrão típico observado até agora, onde as concentrações diminuía com o aumento da salinidade. São observadas concentrações mais altas em superfície ($5,41 \text{ } \mu\text{M}$) e meia água ($9,3 \text{ } \mu\text{M}$) nas duas primeiras horas da série temporal, ou seja, durante o período de maré vazante, com conseqüente diminuição com a maré enchente. Porém, às 15:10 h é observada uma grande elevação das concentrações em superfície

(7,81 μM) e meia água (12,2 μM) mesmo durante a maré enchente (Figura 71d). Apesar disso, a amônia apresentou uma correlação negativa significativa com a salinidade ($r^2 = -0,55$).

Através da série temporal do nitrato (máximo de 10,98 μM) observa-se que, nesta amostragem, as concentrações mais expressivas estiveram estritamente relacionadas à maré vazante do início da série, principalmente em superfície. O restante da série temporal, de uma maneira geral, apresentou concentrações abaixo do limite de detecção ou muito próximos a zero (Figura 71e).

O nitrito também esteve intimamente relacionado com águas menos salinas, mas se estendendo até às 10:10 h, em superfície e meia água (Figura 71f). O NID acompanhou a distribuição das formas nitrogenadas, apresentando maiores concentrações em superfície e meia água na maré vazante, devido a contribuição do nitrato e nitrito, e os valores mais altos às 14:10 h resultantes de maiores concentrações de amônia neste ponto (Figura 71g).

A série temporal das concentrações de silicato evidenciou pulsos em superfície e meia água no início da série, às 11:10 e 14:10 h associado às maiores e menores velocidades de corrente observadas, respectivamente, durante a enchente e vazante observada ao fim da série. Somente durante o período de vazante as maiores concentrações atingiram o fundo para, a partir das 10:10 h, manterem-se baixas no restante da série temporal (Figura 71h).

O fosfato (Figura 71i) apresentou maiores concentrações em superfície (3,25 μM) e meia água (1,9 μM) coincidindo com o período de vazante, e menores concentrações na enchente ($r^2 = -0,83$ com a salinidade). No final da série também se observa um aumento das concentrações de fosfato. A razão N:P apresentou valores abaixo de dez em toda a série temporal (máximo de 9,6 junto ao fundo no fim da série) e o mesmo padrão de distribuição do NID (Figura 71j).

A distribuição do ST (60,2 a 1579,3 mg l^{-1}) ao longo da série temporal apresentou concentrações mais elevadas associadas aos períodos de vazante, principalmente em meia água e fundo. Na enchente, tanto em superfície como junto ao fundo houve diminuição das concentrações do séston, principalmente do séston total e de sua fração orgânica (15,2 a 1475 mg l^{-1}), que foi a

responsável ao seu incremento quando comparada a fração inorgânica (44,4 a 124 mg l⁻¹) (Figuras 72a, 72b e 72c).

As séries temporais de clorofila-a (3,4 a 11 mg m⁻³), clorofila-c, carotenóides e feopigmentos apresentaram o mesmo padrão de distribuição, tendo os valores mais altos associados à maré vazante e junto ao fundo ao longo do período amostrado. As menores concentrações são observadas, de modo geral, em superfície e meia água, principalmente durante o período de enchente (Figuras 72d, 72f, 72h e 72i). Na série temporal da clorofila-b, as concentrações mais elevadas podem ser observadas no período coincidente ao de maré vazante e as concentrações abaixo do limite de detecção ou muito baixas foram observadas ao longo do restante da série (Figura 72e). A maior porcentagem de clorofila-a ativa (91,8%) foi claramente relacionada à maré enchente, com um padrão de distribuição contrário ao da clorofila-a (Figura 72g).

A razão 480/665nm (Figura 72j) variou entre 0,7 e 1,3 ao longo de toda série afirmando novamente o bom estado fisiológico das células, além disso, a distribuição ao longo da série aponta a associação dos valores mais elevados com os períodos de vazante no início e fim do período amostrado.

4.2.1.5. Novembro de 2005

Canal de Santos

Na Figura 73 nota-se que as coletas se iniciaram e foram finalizadas também durante períodos de vazante, sendo que as estofas de vazante e enchente situaram-se em torno da segunda e oitava amostragem, respectivamente.

Um marcante cisalhamento vertical foi observado ao longo de um ciclo de maré no mês de novembro. Em geral, as intensidades máximas da corrente de enchente foram menores, do que a máxima observada para a vazante. O início da série temporal foi marcado pela presença de correntes com intensidades elevadas em especial na superfície e meia água, mostrando maior intensidade da descarga fluvial. O período de enchente se estendeu das 09:00 h às 15:00 h, iniciando após esse horário o retorno às condições de vazante.

No final da amostragem observou-se correntes em sentidos opostos, vazando pela superfície e enchendo pelo fundo.

A Figura 74 apresenta a distribuição da zona eufótica ao longo da série temporal. Esta se manteve relativamente constante ao longo da série, variando entre 5,4 e 6,8 m. A menor profundidade da zona eufótica (4,1 m) foi observada às 16:00 h.

As séries temporais de temperatura, salinidade e sigma-t (Figuras 75a, 75b e 75c) ressaltam o período de vazante no início e fim do período amostrado, como observado através das figuras de variação das velocidades de correntes. Os valores aumentam com o tempo, apontando a corrida de maré e a maré enchente. Maiores valores de temperatura foram observados no período de enchente, das 13:00 h às 14:00 h. A presença da cunha salina pode ser observada ao longo de toda a série.

A amônia esteve presente em baixas concentrações na série temporal realizada nesta amostragem, alcançando o valor máximo de 0,8 μM . A relação de maiores valores associados a períodos de maré vazante só pôde ser observada no fim da série temporal (Figura 75d).

A distribuição de nitrato (Figura 75e) apresentou concentrações elevadas (5,34 μM) associadas à maré vazante, decrescendo com o aumento da salinidade ($r^2 = -0,35$), principalmente junto ao fundo a partir das 12:00 h até o fim da série temporal. As maiores concentrações de nitrito foram observadas junto ao fundo no início da amostragem e em superfície no final do período de enchente, permanecendo em torno de 0,5 μM no restante da série temporal (Figura 75f).

A série temporal que apresenta a distribuição das concentrações de NID (Figura 75g) apresentou o mesmo padrão decrescente observado para o nitrato, e a elevação nos valores no final do período de enchente de modo semelhante à série obtida para o nitrito, evidenciando assim as contribuições de cada uma das formas nitrogenadas para o total de nitrogênio inorgânico dissolvido.

O silicato (Figura 75h) apresentou concentrações entre 1,4 e 20,1 μM ao longo da série com maiores valores em superfície e meia água até às 16:05 h, diminuindo em direção ao fundo no fim do período de amostragem.

O fosfato (Figura 75i) esteve em baixas concentrações em todo o período amostrado (0,45 a 3,7 μM), com exceção de pequenas elevações em superfície e junto ao fundo durante o período de enchente e no fim da série temporal em superfície. A razão N:P variou entre 0,18 e 10, com valores mais altos no início da série temporal em meia água e junto ao fundo, e em superfície entre as 12:22 h e 14:00 h. Os valores decrescem em direção ao fim da série em toda a coluna de água (Figura 75j).

A distribuição temporal do ST (29 a 1157,2 mg l^{-1}) apresentou maiores valores coincidindo com o período de enchente, em toda a coluna de água e próximo ao fundo, voltando a diminuir ao fim da série temporal (Figura 76a). As frações orgânica e inorgânica do séston não puderam ser obtidas para esta estação fixa, devido a problemas nas análises em laboratório.

Os perfis de clorofila-a, clorofila-c, carotenóides e feopigmentos (Figuras 76b, 76c, 76e e 76f, respectivamente) apresentaram distribuições semelhantes, evidenciando a relação de suas maiores concentrações com a maré vazante no início (em toda a coluna de água) e final (em superfície) da série temporal, e valores menores no período de enchente. A clorofila-a apresentou concentrações que variaram de 4,32 a 15,18 mg m^{-3} e correlação negativa com a salinidade ($r^2 = -0,57$).

A porcentagem de clorofila-a ativa (Figura 76d) foi maior no período de enchente, principalmente em meia água (84,4%), e menor no início da série temporal (maré vazante) em meia água e junto ao fundo.

A razão 480/665nm (Figura 76g) não apresentou uma relação evidente com a salinidade, mas os maiores valores foram observados em meia água e próximo ao fundo em quase todo o período amostrado. Os valores aumentaram em direção ao fundo, mas sempre se mantiveram entre 0,8 e 1,2 indicando que as células não estão sofrendo nenhuma deficiência nutricional.

4.2.1.6. Dezembro de 2005

Canal de Santos

A Figura 77 apresenta o início das amostragens em período de enchente e o fim das amostragens em período de vazante, com a estufa de

maré enchente em torno da sétima amostragem. Essa figura apresenta também o alto grau de cisalhamento da coluna de água presente neste mês, com correntes em sentido opostos em vários momentos. De uma maneira geral as velocidades foram maiores em períodos de enchente, principalmente junto ao fundo, com uma velocidade máxima de $0,54 \text{ m s}^{-1}$, e velocidades menores em períodos de vazante (máximo observado de $0,3 \text{ m s}^{-1}$). Observaram-se dois eventos durante o período de enchente, em horários alternados, de inversão do sentido da corrente para condição de vazante em superfície, em oposição a correntes no sentido estuário acima em meia água e junto ao fundo. O início do período de vazante ocorreu em meia água e próximo ao fundo, por volta das 14:00 h, porém as águas de superfície ainda se apresentavam com velocidades de corrente relativamente baixas estuário acima. Às 16:00 h o quadro se inverteu novamente, podendo ser observadas correntes em sentidos opostos, vazando em superfície e enchendo junto ao fundo. Neste horário a velocidade da corrente em meia água foi muito baixa ($0,02 \text{ m s}^{-1}$). A velocidade junto ao fundo diminuiu se tornando então praticamente nula ($0,004 \text{ m s}^{-1}$) para retornar logo depois à condição de vazante do fim da série temporal.

Na Figura 78 observa-se que a distribuição da zona eufótica foi semelhante à do mês de novembro. A zona eufótica permaneceu a maior parte do tempo em torno de 5,4 m e às 10:15 h apresentou a maior profundidade (8,1 m) que alcançou mais da metade da coluna de água.

No mês de dezembro, observa-se que a salinidade foi mais baixa no início do período amostrado, provavelmente devido a contribuição dos pulsos de vazante que foram observados através das velocidades de corrente. A salinidade aumenta, apontando a condição de maré enchente atuando principalmente junto ao fundo. Os dados de sigma-t acompanham este comportamento. A série temporal da temperatura mostra valores maiores próximo ao fundo no período de enchente e valores mais baixos associados ao período de vazante (Figuras 79a, 79b e 79c).

As concentrações de amônia foram baixas, como no mês de novembro, quando comparadas aos outros meses amostrados, variando de $0,07$ a $1,9 \mu\text{M}$ e apresentando as maiores concentrações em superfície no início e fim da série temporal com uma pequena elevação em meia água ($1,9 \mu\text{M}$) no fim do período de enchente (Figura 79d).

As Figuras 79e, 79f e 79g apresentam a distribuição das concentrações de nitrato (máximo de $7,4 \mu\text{M}$), nitrito (máximo de $0,92 \mu\text{M}$) e NID que variou de $0,04$ a $8,13 \mu\text{M}$. As séries temporais apresentaram padrão semelhante, com valores elevados no início da série em meia água e junto ao fundo para o nitrato e NID e em meia água para o nitrito, permanecendo com valores bem baixos no restante do período de vazante. Durante a maré enchente os valores tornam a aumentar e observam-se elevações nas concentrações em toda a coluna de água. Esse mesmo padrão também foi observado para a razão N:P, que apresentou uma variação de $0,05$ a $33,2$ em seus valores, indicando uma possível limitação por fósforo na primeira hora da série temporal próximo ao fundo (Figura 79j).

A série temporal das concentrações de silicato evidenciou pulsos em toda a coluna de água do início do perfil às 15:00 h, com diminuição dos valores a partir de então, não apresentando nenhuma relação com períodos de maré vazante ou maré enchente (Figura 79h). O fosfato, que apresentou uma variação de $0,23$ a $0,67 \mu\text{M}$, apresentou maiores concentrações em superfície e meia água durante a enchente e no fim da série temporal, também não apresentando uma relação evidente com a salinidade da água, assim como foi observado para o silicato (Figura 79i).

O ST, que variou somente de 46 a 76 mg l^{-1} neste mês, apresentou concentrações mais elevadas junto ao fundo e em superfície, associados ao período de enchente. O pico de superfície foi claramente dominado pelo SO e os altos valores próximos ao fundo foram devidos a maior concentração do SI. Na distribuição temporal todas as concentrações se mantiveram relativamente baixas, sendo a fração inorgânica responsável pela maior parte do ST ($40,8$ a $57,6 \text{ mg l}^{-1}$) (Figura 80a, 80b e 80c).

A clorofila-a apresentou uma variação de $8,8$ a $26,4 \text{ mg m}^{-3}$. Os maiores valores de clorofila-a (Figura 80d), clorofila-c (Figura 80e), porcentagem de clorofila-a ativa (máximo de $84,2\%$) (Figura 80f) e carotenóides a (Figura 80g) foram verificados em superfície e meia água principalmente durante a enchente, diminuindo em direção ao final da série temporal e em direção ao fundo, não mostrando uma relação clara com a variação de salinidade. Apesar disso, através da matriz de correlação desta

estação fixa, observa-se que a clorofila a, clorofila-c e os carotenóides apresentaram correlações negativas significativas com a salinidade ($r^2 = -0,48$, $r^2 = -0,45$ e $r^2 = -0,44$, respectivamente). A distribuição da clorofila-b não foi apresentada por ter estado abaixo do limite de detecção do método em toda a coluna de água e ao longo de toda a série temporal.

A série temporal de feopigmentos (Figura 80h) apontou maiores concentrações em superfície e meia água, com uma diminuição dos valores em direção ao fundo e ao fim da série, a partir, principalmente, das 12:00 h. Os valores da razão 480/665nm estiveram entre 0,6 e 1,03, apresentando um evidente núcleo de valores menores em torno das 09:00 h, mantendo-se relativamente constante no restante da série temporal (Figura 80i).

4.2.2. *Transporte Resultante Médio de Propriedades*

Os valores temporais médios das velocidades de corrente em todos os meses, ao longo da coluna de água no estuário de Santos são apresentados na Figura 81. Resultados positivos de transporte das propriedades indicam o sentido da descarga fluvial, ou seja, saindo em direção à baía de Santos. Valores negativos indicam um transporte no sentido de entrada para os canais estuarinos. Através dessa figura verifica-se que houve predomínio de exportação apenas no mês de outubro. Nos demais meses, verifica-se um predomínio de importação ao longo da coluna de água. No estuário de São Vicente, (Figura 82) é apresentada a média da coluna de apenas uma ocasião, em que foi possível realizar as medidas de modo completo. Através dessa figura, verifica-se que neste canal, houve predomínio de exportação na ocasião dessa amostragem.

As Figuras 83 e 84 apresentam o transporte resultante de propriedades para o canal de Santos, nos meses de amostragem e a Figura 85 para o canal de São Vicente, na única ocasião de amostragem (outubro).

De maneira geral, os maiores valores de transporte das propriedades (Tabela 28), ocorreram no mês de julho, no canal de Santos e os menores no mês de outubro na entrada do canal de São Vicente. Nesta ocasião, as únicas

propriedades que sofreram importação foram o séston total e sua fração orgânica e o nitrito, sendo que este último em valores muito baixos ($-0,67 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) quando comparado aos outros meses.

No canal de Santos, o transporte de sal foi mais intenso no mês de julho, atingindo o valor de $-88,66 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ em sentido ao interior do canal. Em outubro, o transporte de sal foi mais efetivo no canal de Santos ($39,95 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), quando comparado ao canal de São Vicente que apresentou um valor pouco significativo ($0,23 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

O transporte da amônia foi quase dez vezes maior no mês de julho ($-105,94 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), quando comparado a novembro e dezembro ($-7,28$ e $-13,66 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, respectivamente). No mês de outubro, a estação do canal de Santos apresentou taxas de transporte maiores ($128,82 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) do que as observadas para a amônia no canal de São Vicente ($18,11 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), ambas no sentido de exportação.

O transporte de nitrato em Santos foi muito significativo estuário acima em julho e agosto, com valores em torno de $-450,13 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Os valores de outubro foram bem mais baixos tanto na estação fixa de Santos ($4,81 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) quanto na de São Vicente, ($23,38 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), mas ambas no sentido de exportação.

O transporte de nitrito em Santos no sentido estuário acima foi muito intenso em julho, agosto e novembro e pouco significativo em outubro e dezembro no sentido da baía. No canal de São Vicente verificou-se importação em outubro, apesar de pouco intensa.

O transporte de NID no canal de Santos apresentou o mesmo padrão observado para o nitrato, porém com taxas de transporte mais significativas. Em outubro, tanto no canal de Santos como no de São Vicente verificou-se exportação, mas mais significativa em Santos. Em geral, o mês de dezembro apresentou baixas taxas de transporte das formas nitrogenadas estuário acima, com uma exportação de nitrito pouco significativa.

O transporte de fosfato no canal de Santos foi mais intenso em julho (importando) e outubro (exportando), com valores em torno de $200 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$. No canal de São Vicente este nutriente foi exportado, mas a uma baixa taxa ($15,45 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

O silicato foi o nutriente que apresentou as maiores taxas de transporte na estação do canal de Santos, com valores superiores a $1000 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ em julho, novembro e dezembro estuário acima, e em outubro em direção à baía. O transporte no canal de São Vicente foi o menos intenso ($68,34 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), exportando silicato em direção à baía.

O padrão do transporte sazonal foi muito semelhante para todos os pigmentos analisados. No canal de Santos, verificou-se importação sempre, exceto no mês de outubro. Em São Vicente, ao contrário, o mês de outubro apresentou exportação de todos os pigmentos.

O transporte resultante de séston total, no canal de Santos predominou no sentido da importação, mas, em outubro foi em direção à baía, de modo significativo ($724,52 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), sendo que a fração orgânica contribuiu com cerca de 86% deste total. O transporte estuário acima foi mais intenso no mês de novembro ($-787,03 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), porém não foi possível calcular o transporte das frações devido à perda destas amostras, como já comentado anteriormente. O canal de São Vicente, amostrado em outubro, apresentou transporte do séston total e de sua fração orgânica no sentido estuário acima, em taxas de $-92,94 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ e $-122,64 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, enquanto foi observado um transporte de $31 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ de séston inorgânico em direção à baía. O transporte mais efetivo do séston inorgânico ($-162,25 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foi observado no mês de julho, no canal de Santos, estuário acima.

5. Discussão

5.1. Rede de Estações

5.1.1. Variáveis abióticas e biomassa

Sabendo-se que o ciclo hidrológico da região de estudo é caracterizado por alta precipitação no verão e menores precipitações no inverno, mas com ausência de uma marcada estação seca (DAEE, 2005), a quantidade de chuva se torna particularmente importante no estudo do sistema que abrange o estuário e baía de Santos. Essa importância é devida ao fato das chuvas aumentarem o aporte de água doce propiciando o transporte das águas mais internas do sistema, região mais eutrofizada, para a baía, diminuindo a salinidade e aumentando a concentração de organismos fitoplanctônicos em degradação e os níveis de eutrofização (Moser, 2002).

Os maiores índices pluviométricos observados ao longo do período estudado, novembro e dezembro de 2004, estiveram acima da média histórica para região sudeste e foram ocasionados por frentes frias semi-estacionárias que, na maioria das vezes, contribuíram para a configuração de episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e o desenvolvimento de áreas de instabilidade que propiciaram o aumento das chuvas em áreas do litoral do Estado de São Paulo (Climanálise, 2004). A quantidade de chuvas abaixo da média histórica dos meses de junho e agosto na região sudeste, ocorreu principalmente pela fraca atuação dos sistemas frontais, situação consistente com a época de estiagem da região sudeste (Climanálise, 2005).

Inicialmente optou-se por analisar apenas os dados do dia da coleta e dos cinco dias anteriores à coleta, dado que este período seria o de maior influência direta sobre o fitoplâncton e em função do pequeno tempo de residência da água no sistema. Assim, observou-se em maio uma chuva significativa durante o dia de coleta (34,7mm) enquanto que em janeiro os maiores valores de pluviometria foram registrados 4 dias antes do início das coletas (Fig. 3). As elevações nas concentrações de ST, SO, Cl-a, Cl-c e carotenóides no mês de maio, a princípio, podem estar relacionadas a forte chuva ocorrida no dia da coleta neste mês, porém não houve durante o período amostrado, outros dias de coleta com fortes chuvas para que pudesse ser

observada a repetição desse padrão. Apesar disso, neste mês a salinidade foi alta em toda a coluna de água, indicando que, possivelmente, esta região encontrou-se sob influência de mistura turbulenta, ocasionada pela maré.

A influência da pluviosidade sobre as variáveis, entretanto, parece ser mais evidente quando se considera o total mensal, como ocorreu em janeiro com as elevações nos valores observados para as formas nitrogenadas, fosfato e silicato inorgânico, principalmente no canal, porém esse padrão não tornou a se repetir nos outros meses quando altos índices pluviométricos também foram registrados. Os gráficos da variação temporal da salinidade mostram a queda significativa na salinidade de superfície, principalmente nas estações estuarinas, em janeiro e dezembro de 2005, meses que apresentaram os maiores índices pluviométricos mensais, além da ocorrência de uma tendência, na baía e no canal, à diminuição da estratificação halina da coluna de água durante os meses mais frios, e conseqüentemente mais secos. Os dados de sigma-t e do parâmetro de estratificação tornam evidente a estratificação das águas da baía, mas principalmente do canal, durante os meses mais quentes, e uma maior mistura vertical nos meses mais frios. Essa tendência a uma maior mistura vertical ocorre devido ao menor aporte de água doce para o sistema, que acaba por potencializar a ação, já mais efetiva durante os meses mais frios, das condições meteorológicas e oceanográficas causadoras da mistura da coluna de água.

A temperatura apresentou um padrão sazonal bem definido, com elevação dos valores nos meses de verão, e diminuição devido ao resfriamento sazonal de inverno. Durante os meses de janeiro, fevereiro e março, menores valores de temperatura ocorreram próximo ao fundo associados a altos valores de salinidade, nas estações mais externas da baía (1 e 3), indicando a presença de uma massa de água com forte contribuição da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) neste período como observado por Andutta *et al.* (2006).

A análise da distribuição anual e espacial do séston total e suas frações orgânica e inorgânica indicou que o sistema tanto pode apresentar elevações nestas variáveis associadas a períodos de chuva, como aquela ocorrida no dia da coleta no mês de maio, como também apresentar aumentos da fração orgânica em pontos isolados, independente da ocorrência de chuvas e da

variação da biomassa fitoplanctônica. As fontes desse material em suspensão são de difícil identificação com a metodologia que foi utilizada neste trabalho, onde as amostragens foram pontuais e, portanto, refletem somente um momento específico. Diversas hipóteses para a origem desse material podem ser discutidas, como detritos oriundos da vegetação natural do entorno do sistema, emissões de efluentes industriais e lançamentos irregulares de esgotos domésticos. Deve ser considerado também o fato do canal de Santos ser um canal de navegação e que a ressuspensão de material depositado junto ao fundo pela passagem de embarcações pode ter provocado o aumento dos teores de séston na coluna de água.

As estações localizadas no canal de Santos (5 e 6) apresentaram, na maior parte do tempo, a zona eufótica restrita à camada superficial da coluna de água, com penetração de luz nula em meia água e junto ao fundo, devido à alta hidrodinâmica local e ativa ressuspensão de sedimentos causada pelo intenso tráfego de embarcações na área. A estação mais interna (7), ao contrário do que era esperado, apresentou altas porcentagens de penetração de luz na maior parte do ano. Este padrão talvez possa ser explicado devido à alta estratificação e baixa profundidade local, fazendo com que a zona eufótica atinja o fundo. Além disso, as estações 5 e 6 podem estar situadas na zona de máxima turbidez estuarina, além de serem áreas de intenso tráfego de embarcações.

De uma maneira geral as profundidades da zona eufótica foram maiores na baía devido à maior profundidade e às características da hidrodinâmica local.

Os compostos nitrogenados inorgânicos dissolvidos mostraram grandes variações nas concentrações, em especial nas estações do canal de Santos. Na baía os valores máximos foram superiores aos observados por Aidar et al. (1999) e inferiores aos observados por Gínesella-Galvão (1982), Pereira (1985), Moser (2002) e Aguiar (2005) (Tabela 29). Apesar disso, os valores continuam sendo elevados, provavelmente relacionados aos despejos de efluentes industriais e domésticos, mantendo o status de eutrofia para a região. Assim como observado por Moser (2002), o nitrogênio amoniacal, que está diretamente relacionado à atividade biológica e decomposição da matéria orgânica, foi a forma nitrogenada predominante, tanto na baía como no canal,

sugerindo um domínio dos processos que regeneram esse composto. Esta forma nitrogenada esteve acima do limite imposto pela resolução do CONAMA (2005) durante as amostragens de janeiro, no canal, em superfície. Este mês foi o de maior pluviosidade, indicando claramente a contribuição do *run-off* continental para a elevação das concentrações deste nutriente.

Os valores máximos de silicato observados no canal e baía de Santos foram maiores do que os registrados por Moser (2002) para a desembocadura do canal de Santos e para as estações localizadas na baía, e menores em relação às estações internas estudadas pela mesma autora. De maneira geral, os maiores valores estiveram associados à região do canal, que é submetida a uma maior influência de água doce. As elevações nas concentrações observadas nas estações da baía no mês de outubro, em toda a coluna de água, em conjunto com a diminuição da temperatura, a presença da estratificação halina da coluna de água e também a diminuição da salinidade (principalmente em superfície), sugerem a contribuição das águas menos salinas no aumento deste composto no sistema estuarino.

As concentrações de fosfato inorgânico, de uma maneira geral, foram maiores no canal de Santos e menores na baía, porém as maiores concentrações foram registradas no mês de outubro em todas as estações da baía. Os máximos ocorreram associados ao retorno da estratificação halina da coluna de água, após o período de mistura vertical observado no inverno, com maior contribuição também de água doce. Não houve, entretanto, uma estratificação térmica marcada, com baixas temperaturas ao longo de toda a coluna de água. No presente estudo, a baía apresentou valores mais elevados que os reportados para a região por Ganesella-Galvão (1978), Pereira (1985), Aidar *et al.* (1999), Moser (2002) e Aguiar (2005). No canal de Santos foi possível observar valores mais elevados que os encontrados por Aguiar (2005) e menores do que os valores reportados por Pereira (1985). O índice constituído pela Resolução 357 do CONAMA (Brasil, 2005) para fósforo total caracteriza principalmente o canal de Santos como região eutrofizada, já que este apresentou valores acima de 2 μM , especialmente nos meses mais quentes, em toda a coluna de água. A baía, nas amostragens do mês de outubro, também apresentou valores acima de 2 μM em toda a coluna de água.

Os valores da razão N:P, que na maior parte do tempo apresentaram-se abaixo de 10, indicam que o ambiente pode estar sofrendo limitação por nitrogênio, porém as altas concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido apontam que, na realidade, o ambiente pode estar em processo de distrofia, ou seja, há uma grande quantidade de nutrientes, tanto de fosfato como de nitrogênio, e provavelmente o fator limitante para os baixos valores de produção primária seja a luz. Este fato é corroborado quando se observam os dados de séston total e de transparência do disco de Secchi, principalmente no canal de Santos, assim como os valores da razão 480/665 nm, que indicaram boas condições tróficas das células fitoplanctônicas.

Estudos de campo e laboratório (Heath et al., 1990) indicaram que valores da razão 480/665 entre 0,5 e 1,5 eram obtidos quando as células fitoplanctônicas encontravam-se em um bom estado fisiológico. Células submetidas a alguma deficiência nutricional apresentavam razões por volta de 2,0 e quando sob depleção de algum nutriente, estes valores apresentavam-se acima de 2,4. Nas estações da Baía e estação 5 do canal, a razão 480/665 apresentou sempre valores entre 1 e 1,5, mostrando o bom estado fisiológico da população fitoplanctônica presente. Nas estações 6 e 7 do canal, entretanto, nota-se valores próximos a 2, indicando alguma deficiência nutricional e, na estação 7, em janeiro, o fitoplâncton de superfície apresentou resultados indicadores de condições fisiológicas desfavoráveis (2,82).

O estudo da biomassa em termos de Cl-a, associado aos parâmetros físicos e químicos, pode detectar possíveis alterações na qualidade das águas, bem como avaliar tendências ao longo do tempo, que se reflitam em modificações no habitat ou no comportamento dos organismos aquáticos.

Os elevados teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos registrados ao longo do período de estudo permitem sustentar os altos valores de biomassa fitoplanctônica observados na região.

Em geral as concentrações mais elevadas de clorofila foram observadas ao longo do primeiro semestre, nas regiões do canal, acompanhando o ciclo de temperaturas mais elevadas. Concentrações de quase 70 mg m⁻³ foram observadas na região mais interna, entre os meses de novembro e dezembro de 2004, confirmando o caráter eutrófico das águas do sistema em estudo. Essas altas concentrações de clorofila-a observadas estão

associadas a uma maior profundidade da zona eufótica, altas temperaturas e uma alta estratificação da coluna d'água, que ocorreram especialmente nos meses de novembro e dezembro de 2004 e que favoreceram o crescimento fitoplanctônico, principalmente em superfície. Eventualmente, também ocorreram altas concentrações de Cl-a próximo ao fundo, que tanto podem ser decorrentes de processos fotoadaptativos, que promovem o aumento do teor de Cl-a por célula como também da presença de microalgas ticopelágicas, ressuspensas devido à ação das correntes de maré e do deslocamento de grandes navios, principalmente dentro do estuário de Santos.

Os resultados obtidos pelas análises de ACP indicam que o principal fator limitante para o desenvolvimento da clorofila-a foi a luz, como denotado pela proximidade dos vetores de clorofila-a ativa e % de luz incidente. A disponibilidade de luz foi principalmente controlada pela quantidade de séston na água, sendo que a clorofila não foi sua componente na maior parte do período amostrado.

As altas temperaturas também pareceram ser um importante fator no aumento da biomassa, mas essa relação pode ter ocorrido devido a outros fatores relacionados à temperatura: no verão, quando as maiores temperaturas foram detectadas, a pluviosidade também foi alta, aumentando a carga de nutrientes do interior do estuário e assim, criando condições favoráveis ao crescimento, se a luz não for um fator limitante. As altas temperaturas ocorrem no verão, quando as condições de estratificação são mais acentuadas. A estratificação também é um fator que favorece o desenvolvimento da biomassa (Demers et al., 1986), principalmente em situações de alta disponibilidade de nutrientes, como é o caso da região de estudo.

Os dados de Cl-a integrada na coluna de água podem conter distorções, quando as profundidades das áreas estudadas são muito diferentes. No caso da região de estudo, a baía apresentou sempre valores mais baixos de concentração de Cl-a integrada do que a região do canal, mesmo sendo mais profunda, evidenciando assim, a condição mais eutrófica do estuário. Apesar disso, a estação 7, onde as profundidades são realmente baixas, apresentou concentrações menores do que as encontradas na baía.

Fica evidente também a variação sazonal da biomassa fitoplanctônica na área, com maiores valores nos meses mais quentes e menores nos mais

frios. Em eventos de turbulência, como os que ocorreram nos meses mais frios, a biomassa fitoplanctônica dependerá do balanço entre a disponibilidade de luz e nutrientes, posto que períodos de maior estratificação da coluna de água favorecem o crescimento das células do fitoplâncton (Demers et al., 1986; Moser, 2002). Além disso, nos meses de inverno a radiação incidente também é menor.

Na baía de Santos, Navas-Pereira (1975) obteve, com dados coletados em 1974, valores máximos de biomassa em torno de 58 mg m^{-3} . Ganesella-Galvão (1978, 1982) detectou concentrações máximas de biomassa fitoplanctônica da ordem de $55,3 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ na baía e $34,2 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ na entrada do canal de Santos. O estudo realizado por Pereira (1985), no âmbito das campanhas desenvolvidas pela CETESB em 1978, obteve valores máximos em torno de $33 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ na baía e de $50 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ para o canal de Santos.

O maior valor de biomassa para a baía de Santos ($84,3 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$) foi verificado em 1998 por Frazão (2001), em um estudo que comparou as condições tróficas dos ecossistemas marinhos em Ubatuba, Praia Grande e Santos, destacando a baía de Santos como a região mais eutrofizada dentre as áreas estudadas.

Avaliando a distribuição espaço-temporal da biomassa entre 1999 e 2000, Moser *et al.* (2005), encontrou valores máximos de biomassa muito significativos para a baía ($36,97 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$), para o canal de São Vicente ($32,29 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$) e em estações localizadas nas regiões mais internas ($30,22 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$). Porém, o maior valor de biomassa fitoplanctônica ($97,37 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$), observado para o sistema como um todo, foi reportado pela mesma autora para o canal de Santos.

Desde o ano 2000, a CETESB realiza estudos de monitoramento bimestrais nas águas interiores do sistema. As estações de coleta que possuem dados de Cl-a estão localizadas no Rio Cubatão e Canal de Fuga da empresa Henry Borden, apresentando máximos de $46,77 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$.

No presente estudo os valores obtidos para a baía estiveram sempre abaixo dos valores observados por esses autores, com exceção do trabalho realizado por Aguiar (2005), que encontrou valores máximos em torno de $10,89 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ no canal de Santos durante o inverno e $1,6 \text{ mg Cl-a m}^{-3}$ na baía

durante o verão. É possível que estes valores representem uma condição de final de floração. No canal, o valor máximo de Cl-a observado neste estudo foi menor somente quando comparado ao valor obtido por Moser et al. (2005). Na Tabela 30 são apresentados os valores mínimos e máximos de clorofila-a obtidos por diferentes autores ao longo de mais de 30 anos, verificando-se que a região em estudo continua apresentando um caráter fortemente eutrófico. Não houve uma redução das concentrações de biomassa fitoplanctônica, em todas as regiões do sistema, apesar dos esforços realizados pelos órgãos públicos no sentido de reduzir o aporte de nutrientes pelos efluentes domésticos e industriais.

As concentrações de clorofila c foram muito mais expressivas ao longo do ano, quando comparadas às concentrações de clorofila b, como esperado. A presença de concentrações elevadas de clorofila-c indica a presença de diatomáceas, dinoflagelados, e diversas classes de fitoflagelados, os quais neste estudo foram os grandes responsáveis pela alta densidade celular ao longo do período amostrado, mas principalmente durante o inverno. Durante esses períodos de intensa mistura vertical, os organismos estão sujeitos a variações nos níveis de luz disponíveis. Esta alternância entre diferentes níveis de luz é um dos fatores que irá determinar a predominância de uma determinada população, dada a sua velocidade de adaptação a estes ciclos de claro/escuro (Demers et al., 1986 & Lewis, 2002). A população de diatomáceas foi mais representativa nos meses de março na baía e abril no canal de Santos, provavelmente devido à estabilidade da coluna de água, com marcada estratificação térmica e halina. Concentrações significativas de clorofila b indicam a presença de algas verdes (clorofíceas, euglenofíceas), típicas de água doce. As euglenofíceas se desenvolvem melhor em locais com muita matéria orgânica, explicando as maiores concentrações observadas no canal de Santos.

De uma maneira geral, as maiores concentrações de carotenóides foram obtidas em meia água e junto ao fundo, o que sugere a adaptação dos organismos do fitoplâncton a baixas intensidades luminosas. De acordo com Falkowski e Raven (2000), a relação entre os carotenóides e a Cl-a se dá através da transferência da energia de excitação para a clorofila, ou no sentido contrário, para os carotenóides, agindo como proteção contra danos causados

pelos radicais de oxigênio gerados fotoquimicamente. As concentrações de carotenóides observadas no presente estudo foram bem menores do que os valores obtidos por Moser (2002) para o canal, e somente $3,02 \text{ mg m}^{-3}$ mais alto que o valor máximo observado pela mesma autora na baía.

O método de obtenção dos pigmentos fotossintéticos do fitoplâncton, utilizado no presente trabalho não permite uma distinção entre os dois produtos de degradação da clorofila: feofitina e feoforbídeos, sendo então designados como feopigmentos. Os feopigmentos são um dos produtos da degradação da clorofila-*a*, e altas concentrações são freqüentemente encontradas em ambientes onde os processos de degradação são intensos ou em águas próximas ao fundo onde se depositam as células senescentes e as pelotas fecais oriundas da herbivoria (Barbosa, 2006). Os valores de feopigmentos foram bem menores que os observados por Moser (2002), tanto para a baía como para o canal. Apresentaram uma distribuição anual semelhante à distribuição da Cl-*a*, devido principalmente à constância dos processos naturais ao longo do período de coleta responsáveis pela decomposição da clorofila realizada pelas enzimas hidrolíticas do fitoplâncton, pastagem do zooplâncton sobre o fitoplâncton e também pela decomposição que pode ter ocorrido no processo de armazenamento antes da realização da análise de clorofila (Abe, 1993).

5.1.2. *Produção Primária do Fitoplâncton*

A metodologia que utiliza o carbono radioativo (^{14}C) como traçador nas medidas de produção primária foi introduzido por Steemann-Nielsen (1952) na década de 50, sendo ainda hoje a mais amplamente utilizada. É importante ressaltar que apesar dessa ampla utilização, existem diversos trabalhos sobre a validade e restrições das medidas realizadas através da técnica proposta por Steemann-Nielsen (1952).

Ao analisarem os efeitos de contaminação nas amostras de fitoplâncton por instrumentos utilizados rotineiramente em estudos de produção primária, Fitzwater et al. (1982) verificaram que utilizando-se o método “clássico”, vários elementos químicos tóxicos ao fitoplâncton são lançados na

água inibindo a fotossíntese, e propuseram diversas modificações, através de um método denominado “limpo”, que forneceu elevações consideráveis nos resultados de produção. Entre essas modificações, realizadas com o intuito de minimizar a contaminação por metais, estão o uso, nas amostragens de água, de garrafas Go-Flo de Teflon, revestidas de PVC, onde toda a parte metálica foi substituída por material plástico, uso de recipientes plásticos de policarbonato transparentes para a incubação das amostras e armazenamento das soluções utilizadas nas medições de produção primária em garrafas de Teflon ao invés dos recipientes de vidro e cuidados com a pureza dos reagentes utilizados.

Uma pesquisa realizada por Sarti (1988), no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, comparou o método “limpo” proposto por Fitzwater et al. (1982) com o método “clássico”, verificando que a produção primária obtida com os cuidados de limpeza propostos apresentou valores (em $\text{mg m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) em média 45% maiores do que os obtidos através do método clássico. No presente estudo, apesar de todos os cuidados metodológicos, foi aplicado o método “clássico”, o que nos leva a supor que os resultados obtidos possam estar um pouco abaixo da verdadeira capacidade produtiva da comunidade fitoplanctônica presente nos períodos amostrados.

A produção primária pode ser definida como a capacidade de um ecossistema, a partir de seus organismos clorofilados, em sintetizar compostos orgânicos de alto potencial energético utilizando energia radiante ou química, que permite estimativas da disponibilidade alimentar para herbívoros e demais consumidores da teia trófica, assim como do potencial pesqueiro do ecossistema aquático (Ryther, 1969). Portanto, a manutenção natural da produtividade primária, em águas costeiras susceptíveis a profundas variações ambientais, é reconhecidamente importante na conservação de seus recursos marinhos (Gaeta *et al.*, 1990).

No presente estudo é considerada como produção primária a quantidade de matéria orgânica que é produzida através da fotossíntese, a partir da energia radiante.

Gianesella-Galvão (1982), estudando a produção primária em três estações localizadas na baía de Santos, em meses alternados, durante o ano de 1976, verificou que as taxas de produção máxima foram geralmente maiores durante o verão ($34,3$ a $488,4 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) do que durante o inverno ($21,6$ a

204,3 mgC m⁻³ h⁻¹), variando entre 21,6 e 488,4 mgC m⁻³ h⁻¹ na baía e entre 21,7 e 430,4 mgC m⁻³ h⁻¹ na estação localizada na desembocadura do canal de Santos, sempre associadas a altas concentrações de nutrientes e clorofila-a, que confirmam a eutrofização do ambiente, assim como a um isolamento termohalino da camada superficial. O parâmetro fotossintético P^B_{max} (mgC mgCla⁻¹ h⁻¹) encontrado por esta autora variou de 2,8 a 13,2 mgC mgCla⁻¹ h⁻¹ na baía e de 3,1 a 12,7 mgC mgCla⁻¹ h⁻¹ na estação localizada na desembocadura do canal.

Moser (2002) avaliou o estado trófico das águas nas regiões internas dos canais de Santos e São Vicente até a baía de Santos, realizando medidas de produtividade primária fitoplanctônica, nos meses de agosto de 1999 e janeiro e março de 2000 em condições de sizígia e quadratura. Esta autora verificou que a área sob influência do emissário e o canal de Santos apresentaram a maiores taxas de produção primária (variando entre 0,4 e 221,15 mgC m⁻³ h⁻¹ na baía e com valor máximo de 282,1 mgC m⁻³ h⁻¹ para o canal) e de taxa de assimilação (máxima de 109,55 mgC mgCla⁻¹ h⁻¹ na baía e variando entre 0,04 e 7,33 no canal de Santos), associadas às águas mais salinas, com menor concentração de nutrientes e de material em suspensão e portanto com uma maior penetração de luz, que é um dos principais fatores limitante da produtividade na região.

Em um estudo comparativo sobre as condições tróficas dos ecossistemas costeiros de Ubatuba, Praia Grande e Santos, Frazão (2001), destacou a baía de Santos como a região mais eutrofizada dentre as áreas estudadas, obtendo valores de produção primária da ordem de 5620 mg C m⁻³ h⁻¹, na entrada do canal de Santos e associando este valor à maior profundidade da zona eufótica.

No presente trabalho as taxas de produção máxima observadas foram baixas para a região de estudo, atingindo máximos de 48,75 mgC m⁻³ h⁻¹, valor quase seis vezes menor que o máximo encontrado por Moser (2002) na entrada do canal de Santos. Ao contrário do reportado por esta autora e por Ganesella-Galvão (1982), os maiores valores foram verificados geralmente nas estações do canal de Santos e não na baía.

No canal de Santos o período mais produtivo ocorreu nos meses de novembro e dezembro de 2004, quando foram observados os maiores valores

de produção, em especial na estação mais interna do canal (estação 7). Nessa ocasião, as elevadas concentrações de biomassa com grande porcentagem de clorofila-a no estado ativo, maiores profundidades da zona eufótica, alta penetração de luz e maior estabilidade da coluna de água favoreceram o desenvolvimento da população presente. Esse comportamento se estendeu também à baía, favorecendo valores de produção menores quando comparadas ao canal, mas significativas para a região. O período menos produtivo ocorreu no mês de janeiro quando também foram registradas baixas concentrações de clorofila-a e clorofila-a no estado ativo abaixo de 40%, principalmente junto ao fundo. Além disso, em janeiro e agosto foram aplicadas as menores irradiâncias durante os experimentos de incubação, que certamente influenciaram as baixas taxas de produção nesses meses.

Apesar das lâmpadas utilizadas nos experimentos de produção primária serem adequadas em termos de qualidade, a irradiância máxima fornecida não foi suficiente para que todas as amostras atingissem a saturação, o que pode ter prejudicado a obtenção de valores de produção primária.

Para a baía de Santos os meses mais produtivos foram novembro de 2004 e maio de 2005. No mês de maio, a forte chuva que ocorreu no dia da coleta aumentou a mistura vertical da coluna de água e causou uma grande elevação nos teores de séston, tanto pela ressuspensão como pela maior contribuição de águas de origem continental, com conseqüente diminuição nas profundidades da zona eufótica. Segundo Moser (2002), quando uma população é submetida à limitação por luz, a eficiência da captação do recurso limitante será otimizada através de modificações nas concentrações de pigmentos. Foram observadas altas porcentagens de clorofila-a no estado ativo e aumentos nas concentrações de clorofila-c e carotenóides, principalmente em superfície, além dos maiores valores de α^B , fatores que indicam a foto-adaptação do fitoplâncton. O aumento da clorofila-c indicou maior contribuição de organismos que possuem esse pigmento (diatomáceas e dinoflagelados).

Malone & Neale (1981), realizaram experimentos nas regiões do estuário e pluma do Rio Hudson (USA) e quebra da plataforma adjacente para a obtenção dos parâmetros da fotossíntese luz-dependente, em relação às frações de tamanho do fitoplâncton, de 1977 a 1979. Esses autores encontraram valores de P^B_{max} que variaram de 2 a 30,8 mgC mgCl a^{-1} h $^{-1}$ para a

fração do nanoplâncton ($<22\ \mu\text{m}$) que apresentou um padrão de variação altamente relacionado a temperatura e independente da concentração de nutrientes e estabilidade vertical na zona eufótica. A fração do microfitoplâncton ($>22\ \mu\text{m}$) apresentou valores que variaram de 0,3 a $24\ \text{mgC mgCl}^{-1}\ \text{h}^{-1}$ e que não mostraram correlação com a temperatura, nutrientes ou a estabilidade vertical da coluna de água.

De acordo com Falkowski (1981), os números de assimilação apresentam uma amplitude de variação tipicamente entre 2 a $10\ \text{mgC mgCl}^{-1}\ \text{h}^{-1}$, sendo que os dados obtidos neste trabalho apresentaram um valor máximo de $2,23\ \text{mgC mgCl}^{-1}\ \text{h}^{-1}$, encontrando-se, na maioria dos experimentos, abaixo do limite mínimo estabelecido por esses autores.

Assim como ocorreu neste trabalho, Abe (1993), obteve baixos valores de α^B e P^B_{max} através de experimentos de produção primária simulada, que possivelmente ocorreram devido a utilização de luz artificial halógena. Segundo este autor, a utilização deste tipo de luz faz com que as populações recebam apenas uma fração da faixa espectral a qual estariam adaptadas, tornando os experimentos realizados em incubadoras com luz artificial deficientes por não levarem em conta as propriedades da variação espectral da luz com o aumento da profundidade. Somado a esse fator, a cada nova montagem das incubadoras, as lâmpadas forneciam valores diferentes de irradiância (obtidas através do quantameter e medidas antes da realização das incubações) para as mesmas posições do fotossintetron.

Os parâmetros que caracterizam as curvas de luz-fotossíntese correspondem a características fisiológicas dos organismos e estão sob a influência direta de condições ambientais, como o histórico de luz, fotoperíodo, temperatura, estratificação da coluna d'água, turbulência, disponibilidade de nutrientes e estrutura da comunidade fitoplanctônica, podendo afetar a fotossíntese e por conseqüência a produção primária (Côté & Platt, 1983; Harrison & Platt, 1980; Falkowski *et al.*, 1984; Gallegos *et al.*, 1983; Lewis *et al.*, 1984 e Teixeira, 1982).

No presente trabalho, os números de assimilação mais elevados geralmente estiveram associados às maiores concentrações de nutrientes e biomassa presentes ao longo de todo o período de estudo. Côté & Platt (1983)

verificaram pouca influência dos nutrientes nos valores dos parâmetros fotossintéticos, assim como Malone & Neale (1981) verificaram que a concentração de nutrientes não causou nenhum efeito sobre os valores de $P_{\max}^B$ para o nano e microfitoplâncton da região do estuário e pluma do Rio Hudson.

Durante as incubações realizadas no mês de novembro, nas curvas que atingiram a saturação (2F e 3S) e também apresentaram fotoinibição, os valores de I_k foram bastante altos (680 e 1270 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente) indicando a presença do fitoplâncton adaptado a maiores irradiâncias. Nas outras estações, apesar das amostras terem sido submetidas a irradiâncias máximas, que variaram de 896 a 1361 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, os valores não foram suficientes para que as populações presentes entrassem no processo de saturação, sendo compostas, por organismos adaptados a intensidades luminosas mais altas.

De acordo com Steemann-Nielsen (1975), as algas que vivem sob baixas irradiâncias possuem a habilidade de aumentar a sua taxa fotossintética aumentando a quantidade de clorofila nas células e aquelas que vivem sob altas irradiâncias, são capazes de aumentar as taxas dos processos enzimáticos em relação aos processos fotoquímicos e, portanto, irão apresentar parâmetros fotossintéticos diferenciados de acordo com suas condições adaptativas mesmo quando submetidas às mesmas intensidades luminosas.

No mês de dezembro, somente a população presente na estação 1, em superfície, não atingiu a saturação, apontando a presença de organismos adaptados a altas intensidades luminosas. No restante das estações da baía (1F, 3S e 3F) as populações atingiram a saturação sob baixos valores de I_k , e também apresentaram fotoinibição, fatos que indicam a presença de organismos adaptados à sombra. Além disso, a menor estratificação térmica e halina da coluna de água nesta estação, indicativas de processos de mistura, podem explicar a presença de organismos pouco adaptados às maiores intensidades luminosas em superfície. As curvas obtidas para as estações do canal (5, 6 e 7) não apresentaram fotoinibição. As populações presentes nas estações 5 e 7 atingiram a saturação sob altos valores de I_k , sendo provavelmente compostas por organismos que crescem sob altas intensidades

luminosas, como observado por Steemann-Nielsen & Jørgensen (1968). Na estação 5 o fundo esteve submetido a menos de 1% de luz e na estação 7 a luz alcançou o fundo (1%). A população que ocorreu na estação 6 era composta pelo plâncton de sombra, já que atingiu a saturação em baixos valores de I_k tanto em superfície como junto ao fundo, sendo que a penetração de luz nesta estação de coleta ficou restrita a camada superficial. Os maiores valores de produtividade foram observados na desembocadura do canal ($0,98 \text{ mgC mgCl-a}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e junto ao fundo nas estações 6 e 7.

Durante o mês de janeiro, na estação 1, a curva de fotossíntese-irradiância de superfície não atingiu a saturação (plâncton “de sol”) e junto ao fundo houve saturação e fotoinibição associada a um valor relativamente baixo de I_k . As curvas obtidas para o canal (estações 5 e 6 em superfície e fundo) apresentaram valores relativamente semelhantes entre os parâmetros da curva. A estação 3, em superfície, apresentou o maior número de assimilação ao longo do período de estudo, associado a um valor relativamente alto de I_k e uma alta estratificação halina da coluna de água, porém junto ao fundo a população atingiu a saturação em um valor extremamente baixo de I_k , resultante do comportamento de organismos altamente adaptados a sombra.

Em maio as incubações só foram realizadas na baía de Santos, e todas as curvas apresentaram fotoinibição, com a saturação atingida em níveis muito baixos de irradiância (máximo de $100 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e números assimilação relativamente altos. Este fato ocorreu associado à uma grande mistura vertical da coluna de água neste mês e altas concentrações de séston total e orgânico indicando adaptação à pequena disponibilidade de luz no ambiente.

O mês de dezembro apresentou taxas de assimilação muito baixas na baía e relativamente maiores no canal. Os valores de I_k estiveram baixos e a estratificação halina mais pronunciada no canal. Uma alta taxa de assimilação foi observada (estação 7 em superfície) associada a uma alta penetração de luz em toda a coluna de água (20% em meia água e 4% junto ao fundo).

Apesar das altas concentrações de biomassa e da alta disponibilidade de nutrientes, o que confirma mais uma vez a eutrofização do sistema, os valores de produção primária foram relativamente baixos, assim como as taxas de assimilação, indicando a presença de um forte fator limitante, que tanto

pode ser a disponibilidade luminosa como também a baixa estabilidade da coluna de água.

5.2. *Estação Fixa: Série Temporal e Transporte Resultante Médio das Propriedades*

Através das amostragens das séries temporais realizadas neste trabalho, observou-se valores de clorofila-a que indicam condições eutróficas em ambos os canais, em especial no mês de dezembro de 2005. A maior parte da clorofila-a estava no estado funcional (clorofila-a ativa) indicando que a biomassa fitoplanctônica estava em um bom estado fisiológico, crescendo ativamente.

As concentrações de nutrientes dissolvidos não foram muito altas quando comparadas às observadas na estação 5, ao longo do período de coleta da rede de estações. Os nutrientes estiveram associados a águas de origem continental, apresentando correlações negativas com a salinidade na maior parte do tempo. Isto causou um padrão de variação típico nos nutrientes analisados, com aumentos da concentração durante os períodos de vazante, mostrando a alta influência da maré no fluxo estuarino de materiais. As razões N:P indicam depleção relativa de nitrogênio, apesar das elevadas concentrações absolutas de compostos nitrogenados e fósforo oriundos das grandes cargas de efluentes domésticos e industriais.

No canal de Santos, a temperatura média mais alta foi observada em dezembro de 2005, quando ocorreram também as menores médias de concentração de fosfato e nitrogênio inorgânico total (NID). A maior média de salinidade foi observada em julho, por ser o inverno uma estação seca. Além disso, a baixa pluviosidade observada em um período de cinco dias anteriores às coletas não promoveu alterações significativas nas variações de salinidade. Adicionalmente, as amostragens foram realizadas durante marés de sizígia, quando a circulação baroclínica é intensificada pelo gradiente longitudinal de salinidade aumentando o fluxo em direção ao estuário.

Existem poucos estudos no Brasil que focam o transporte de propriedades. Miranda et al. (1998) realizaram estudos sobre o transporte de

sal no canal de Bertioga, observando um valor máximo de importação durante a maré de quadratura de $3,61 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Pereira Filho et al., (2001), estudaram o transporte no estuário fortemente eutrofizado do Rio Camburiú, através da média de dois ciclos de maré completos, e verificaram a exportação de cerca de $0,06 \text{ g s}^{-1}$ de clorofila-a. Este valor muito inferior aos observado por Moser et al. (2005) para o canal de Santos (máximo de exportação de $-57,7 \text{ g s}^{-1}$ em maré de sizígia durante a estação chuvosa) e para o canal de São Vicente (máximo de exportação de $14,1 \text{ g s}^{-1}$ também em maré de sizígia, porém na estação mais seca). Giancesella et al., 2005, estudaram o transporte no canal de Bertioga, em ciclos completos de maré, em sizígia e quadratura e verificaram que os nutrientes foram exportados em ambos os regimes o séston e a clorofila foram exportados na sizígia e a clorofila -a importada na quadratura.

No presente estudo a importação de clorofila-a, principalmente no verão (dezembro) em condição de sizígia, indica que o regime de estratificação e a pluviosidade são fatores determinantes sobre esta variável, promovendo sua retenção no interior do estuário.

Cálculos do fluxo de material em suspensão foram realizados por Bonetti-Filho (1995) na barra de Cananéia, com uma variação nos valores de exportação de 1204 a 2822 g s^{-1} , valores muito inferiores aos observados no presente trabalho, tanto em termos de importação, que ocorreu na maioria dos meses (máximo de $-787,03 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ em novembro) como de exportação, que ocorreu em outubro no canal de Santos ($724,52 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$). Segundo Schubel & Kennedy (apud Giancesella et al., 2005), a deposição do material oriundo da descarga fluvial nos estuários depende do padrão de circulação gravitacional e da morfologia da bacia, além de processos importantes como a floculação.

A variação das velocidades médias obtidas no canal de Santos mostrou que, das cinco ocasiões amostradas, em quatro o fluxo médio foi em direção ao interior do estuário, com exceção do mês de outubro. A média espaço-temporal de uma propriedade não está diretamente relacionada ao seu transporte resultante. A extensão da variação e a sua velocidade, associadas à concentração dessa propriedade, em cada intervalo de tempo e espaço da série de dados, são mais importantes, como foi observado nos dados de amônia em julho e agosto: o valor médio em agosto foi quase duas vezes maior

que a média de julho, porém o transporte resultante da amônia foi maior em julho.

De maneira geral, as maiores taxas de importação ocorreram em julho, quando o perfil de velocidade foi o único com as maiores médias negativas. Em dezembro, as taxas de transporte foram menores que nos outros meses para várias propriedades apesar da velocidade média indicar um intenso fluxo para o interior do estuário. No entanto, durante os dias de coleta em dezembro de 2005, ocorreu uma chuva intensa, que afetou a descarga estuarina e a componente baroclínica (em associação com a condição de maré de sizígia), sendo observado um perfil de velocidades sem a marcada oscilação de maré dos outros meses. Além da maré (enchente ou vazante), constata-se que também os ventos, as correntes locais e a topografia interferem no comportamento das correntes na boca do canal.

Sabidamente a região de estudo recebe significativas cargas de nutrientes e altas concentrações de biomassa fitoplanctônica são encontradas em áreas estuarinas interiores (Braga et al., 2004; Moser et al., 2005; CETESB, 2005, CETESB, 2007). Através de estimativas baseadas nas taxas de transporte instantâneo, Moser et al., (2005), verificaram que os canais de Santos e São Vicente atuaram como exportadores ativos de materiais inorgânicos e particulados para a baía de Santos. Deve-se considerar, entretanto, que o presente estudo retrata amostragens de um ciclo completo de maré, apresentando, portanto, resultados mais consistentes, enquanto aqueles autores relatam resultados de taxas de transporte instantâneo.

No presente estudo, as taxas de transporte resultante no canal de Santos, mostram que a maioria das propriedades analisadas indicaram transporte para o interior do estuário em quatro dentre as cinco ocasiões de amostragem. Somente na amostragem realizada no mês de outubro verificou-se exportação de todas as propriedades estudadas para a baía de Santos. No canal de São Vicente a exportação foi dominante, mas houve importação de nitrito, ST e SO na única amostragem realizada neste ponto.

Essa tendência dos resultados indicando importação das propriedades pode ser explicada pelo fato das amostragens terem sido realizadas em condições de maré de sizígia quando o gradiente baroclínico é intensificado pela maior entrada de água salgada, que pode forçar o fluxo resultante estuário

acima. Além disso, o equipamento utilizado para a obtenção dos registros (ADCP), não possui a habilidade de realizar medições no primeiro metro da coluna de água, devido principalmente as interferências do barco onde foi fixado. Assim, o primeiro registro de velocidade (centralizado em 3 metros de profundidade) foi usado como de superfície. Se o fluxo estuário abaixo estiver muito restrito a camadas superficiais, poderá ocorrer uma subestimativa significativa.

Outro ponto importante é a questão da homogeneidade lateral do estuário assumida neste trabalho. Como as séries de dados foram obtidas em um ponto fixo na porção central do canal, a única maneira de avaliar o transporte resultante, se o canal não for lateralmente homogêneo, é realizar estações fixas, como as que foram realizadas neste trabalho, em estações distribuídas em uma seção transversal do canal.

Harari & Camargo (1997), registraram assimetrias de maré, através de um modelo numérico para a baía de Santos e canais, mostrando que podem ser gerados resultados diferentes do real quando se considera somente um ciclo de maré. Para eliminar esse erro potencial, seria necessário realizar amostragens compreendendo dois ou mais ciclos de maré consecutivos, porém esse tipo de trabalho é de difícil realização nos canais, dada as condições do mar no canal de São Vicente e o tráfego do porto no canal de Santos. Essas assimetrias de maré podem ser causadas pela característica topográfica do sistema estuarino que é composto por uma série de pequenos rios e áreas de menor profundidade que podem atuar como sumidouro de água sob algumas condições.

A ausência de estimativas seguras sobre o tempo de residência das águas dentro do sistema estuarino de Santos é um fator importante para o cálculo do transporte de propriedades, já que influenciam o processamento dos nutrientes, afetando fortemente a especiação de várias substâncias dissolvidas, e assim, determinando a quantidade dos constituintes que alcançam o mar (Balls, 1994; Wollast, 1983).

6. Conclusões

1. Os elevados teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos registrados ao longo do período de estudo permitiram sustentar os altos valores de biomassa fitoplanctônica observados na região e não ofereceram limitação ao desenvolvimento da biomassa e da produção primária fitoplanctônica ao longo do período estudado.
2. Entre as variáveis estudadas, a disponibilidade de luz, que foi controlada principalmente pela quantidade de séston, a temperatura e a estratificação da coluna de água foram os principais fatores limitantes ou controladores do desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica e da produtividade primária, tanto na baía como no canal de Santos.
3. A biomassa fitoplanctônica apresentou uma variação sazonal distinta: com concentrações mais elevadas nos meses mais quentes (estação chuvosa), devido a maior estratificação da coluna de água que permite maiores penetrações de luz e menores nos meses mais frios (estação seca), quando a mistura vertical da coluna de água é mais pronunciada.
4. Os canais estuarinos de Santos e São Vicente foram importadores de biomassa fitoplanctônica e demais propriedades na maioria dos meses amostrados. É possível que estes resultados tenham ocorrido devido à realização das amostragens em períodos de sizígia e à desconsideração das assimetrias de maré já reportadas para o sistema.
5. Os resultados de concentração de nutrientes e biomassa fitoplanctônica obtidos no presente estudo demonstram que a região estudada ainda mantém características altamente eutróficas, semelhantes às descritas pelos autores que

trabalharam na região há mais de 30 anos, apesar dos esforços das autoridades no sentido de reduzir a introdução de agentes eutrofizantes na região.

6. Apesar das lâmpadas utilizadas nos experimentos de produção primária serem adequadas em termos de qualidade, a irradiância máxima fornecida não foi suficiente para que todas as amostras atingissem a saturação, o que pode ter prejudicado a obtenção de valores de produção máxima levando à resultados inferiores aos obtidos por outros autores para a região.
7. As variáveis estudadas não apresentaram informação suficiente para explicar a variabilidade da produção primária observada na região.

7. Referências Bibliográficas

- ABE, D. S. 1993. Contribuição das frações do micro, nano e picofitoplâncton para a biomassa e produtividade primária do ecossistema costeiro de Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 199 p.
- ABESSA, D. M. S. 2002. Avaliação da qualidade de sedimentos do Sistema Estuarino de Santos, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 290 p.
- AGUIAR, V. M. C. 2005. Variação espacial e temporal das características biogeoquímicas do fósforo e do chumbo e transporte de propriedades no sistema estuarino de Santos/S. Vicente e na Porção sul do complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 243 p.
- AIDAR, E.; SIGAUD-KUTNER, T. C. S.; MOSER, G. A. O. & CATTENA, C. O. 1999. Determinação do potencial trófico de águas costeiras sob influência de emissários submarinos no litoral do estado de São Paulo (Brasil), através de bioensaios com *Phaeodactylum tricornutum*. VIII Colacmar. Universidad Nacional de Trujillo. 852-854.
- AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, C.N.E.X.O. 395 p.
- ANDUTTA, F. P., SANTOS, M. R. M. DOS, MIRANDA, L. B., ANCONA, C. M., SALDANHA-CORRÊA, F. M. P., GIANESELLA, S. M. F. 2006. Monthly Variations of Physical and Chemical Properties Observed in Santos Bay and Santos Estuarine Channel. Environmental and Health Word Congress, 16 a 19 de julho de 2006, Santos-Brasil. Natural Resources for the Health of Future Generations. Book of Abstracts.
- APHA (American Public Health Association) 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington, APHA, 1288 p.
- BALLS, P.W., 1994. Nutrient inputs to estuaries from nine Scottish east coast rivers; influence of estuarine processes on inputs to the North Sea. Estuar., Coast. Shelf Sci. 39: 329-352.
- BARBOSA, F. P., 2006. Comparação entre dois métodos para estimativa de biomassa fitoplanctônica no complexo estuarino de Santos e na plataforma continental adjacente à Baixada Santista. Trabalho de conclusão (Bacharelado – Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista. São Vicente. 75 p.
- BARRERA-ALBA, J. J.; GIANESELLA, S. M. F.; HARARI, J.; MIRANDA, L. B.; MOSER G. A. O.; NISHIHARA, L.; PICARELLI, S.; SADANHA-CORRÊA, F. M. P.; JAKOVAC, A. C. & RICCI, F. P. 2002. Transporte de ferro e

- silicato dissolvidos nas entradas do Sistema Estuarino Lagunar de Cananéia-Iguape, Julho 2001. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais, 2°. Santos 2002.CD-Rom.
- BAUMGARTEN, M. da G. Z., ROCHA, J. M. de B., NIENCHESKI, L. F. H. 1996. Manual de análises em oceanografia química. Rio Grande: Ed. FURG, 132p.
- BENDSCHNEIDER, K. & ROBINSON, R.J. 1952. A new spectrophotometric method for determination of nitrite in sea water. J. mar. Res., 11:87-96.
- BONETTI, C. V. D. H. C. 2000. Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos – São Vicente (SP, Brasil). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 229 p.
- BONETTI-FILHO, J. 1995. Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da barra de Cananéia – SP. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 2v.
- BOWDEN, K. F. 1963. The mixing processes in a tidal estuary. Int. J. Air Water Pollut., 7:343-365.
- BRAGA, E. de S., J. BONETTI-FILHO and C. BONETTI, 1997. Eutrophication signals due to industrial wastes at Baixada Santista estuarine system. Sétimo COLACMAR, 22 a 26 de setembro de 1997, Santos-Brasil. Resumos expandidos vol I p 106-107.
- BRAGA, E. S., C. V. D. H. BONETTI, L. BURONE & J. BONETTI FILHO, 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System-Brazil. Mar. Pollut. Bull. 40:165-173.
- BRASIL, 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357. Brasília, 17 março de 2005. 23p.
- BRAY, G.A., 1960. A simple efficient liquid scintillator for counting aqueous solution in a liquid scintillation counter. Analyt. Biochem. 1: 279-285.
- CAMERON, W. M. & PRITCHARD, D. W. 1963. "Estuaries". In: HILL, M. N. (ed.). The sea. Ideas and observations on Progress in the study of the seas. New York, Interscience, pp. 306-324.
- CARMOUZE, J. P. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Ed. FAPESP. 253 pp.

- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 1978. Poluição nas águas do estuário e Baía de Santos. II Vols.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2001. Sistema estuarino de Santos e São Vicente/2000. São Paulo. II Vols.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2002. Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo/2001. CETESB, São Paulo. II Vols.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2003. Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo/2002. CETESB, São Paulo. 279p. + Anexos.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2004. Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo/2003. CETESB, São Paulo. 273p. + Anexos 1-4.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2005. Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo/2004. CETESB, São Paulo. 307p. + Anexos 1-4.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2006. Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo/2005. CETESB, São Paulo. 488p. + Anexos 1-4.
- CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). 2007. Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo/2006. CETESB, São Paulo. 327p. + Anexos 1-8.
- CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M. 1994. Change in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Nat. Environ. Res. Conc. (UK), Plymouth, UK. 144p.
- CLIMANÁLISE. 2004. Boletim de monitoramento e análise climática. vol. 19, (11) e (12).
- CLIMANÁLISE. 2005. Boletim de monitoramento e análise climática. vol. 20, (1), (6), (8) e (12).
- CLOERN, J. E. 1991. Annual variations in riverflow and primary production in the south San Francisco bay estuary (USA). In: Estuaries and Coast: Spatial and Temporal Intercomparisons (Eds. Elliot, M. & Ducrotoy, J. P.). Olsen and Olsen. Fredeusborg. pp 91-96.
- CÔTÉ, R. & PLATT, T. 1983. Day-to day variations in the spring – summer photosynthetic parameters of coastal marine phytoplankton. Limnol. Oceanogr. 28(2):320-344.

- CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., 5(1):1-237.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 1999. Banco de dados pluviográficos do Estado de São Paulo. In: Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica – USP. Cd-Rom.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). 2005. (www.daee.sp.gov.br).
- DAME, R. F. & ALLEN, D. M. 1996. Between estuaries and the sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 200 169-185.
- DAVID, C. J. 2003. Distribuição da Biomassa Microfitobentônica na Baía de Santos (SP, Brasil), com Ênfase na Região do Emissário Submarino. Aspectos da Produção Primária e da Florística. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 203 p.
- DEMERS, S., LEGENDRE, L., THERRIault, J. C. 1986. Phytoplankton responses to vertical tidal mixing. In: Bowman, J.; Yentsch, M., Peterson, W. T. (Eds). Lect. Not. Coast. Estuarine Stu.. Vol. 17. Springer, Berlin, pp 1-40.
- DORTCH, Q. & WHITLEDGE, T.E. 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi river plume and nearby regions? Cont. Shelf Res. 12: 1293-1309.
- DYER, K. R., 1974. The Salt Balance in Stratified Estuaries. Estuar. Coast. Shelf Sci., 2: 273-281.
- FALKOWSKI, P.G. 1981. Light-shade adaptation and assimilation numbers. J. Plankton. Res., 3:203-216.
- FALKOWSKI, P.G. 1984. Physiological responses of phytoplankton to natural light regimes. J. Plankton Res. 6: 295-307.
- FALKOWSKI, P.G. & RAVEN, J. A. 2000. Aquatic Photosynthesis. 4th edition, USA, Blackwell Science. 375 pp.
- FITZWATER, S. E.; KNAUER, G. A.; MARTIN, J.H. 1982. Metal contamination and its effect on primary production measurements. Limnol. Oceanogr. 27:544-551.
- 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. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 152 p.
- FUKUMOTO, M. M. 2003. Caracterização da sedimentação atual e reconstituição da história deposicional recente na Baía de Santos, a

partir das características composicionais e isotópicas da matéria orgânica. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 109 p.

FÚLFARO, V. J. & PONÇANO, W. L. 1996. Sedimentação atual do estuário e baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de expansão da zona portuária. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1. Anais. Rio de Janeiro, ABGE. 2:67-90.

FUNDESPA 1998. Relatório do projeto SABESP. Ed. TOMMASI, L. R.

GAETA, S. A.; RIBEIRO, S. M. S.; LOPES, R. M.; METZLER, P. M. 1990. Produtividade primária, plâncton e covariáveis ambientais no Canal de São Sebastião durante o inverno. Bol. Inst. Oceanogr., Rio de Janeiro, v. 50, n. 4, p. 963-974.

GALLEGOS, C. L., PLATT, T., HARRISON, W. B. & IRWIN, B. 1983. Photosynthetic parameters of arctic marine phytoplankton: vertical variations and time scale of adaptation. Limnol. Oceanogr. 28: 698-708.

GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. 1978. Produção primária da Baía de Santos, Estado de São Paulo. Aspectos sobre a eficiência fotossintética num ambiente marinho poluído. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 53 p.

GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. 1982. Standing-stock and potential of phytoplankton production in the Bay of Santos, Brazil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 31(2): 85-94.

GIANESELLA, S. M. F., SALDANHA-CORRÊA, F.M.P. & TEIXEIRA, C. 2000. Tidal effects on nutrients and phytoplankton distribution at Bertioga Channel (SP). Aquat. Ecos. Health & Manag., 3: 533-544.

GIANESELLA, S.M.F., SALDANHA-CORRÊA, F.M.P.; MIRANDA, L. B.; CORRÊA, M. A & MOSER, G. A. O. 2005. Short-term variability and transport of nutrients and chlorophyll-a in Bertioga channel. São Paulo State, Brazil. Braz. J. Oceanogr., 53(3-4):99-114.

GOLDMAN, J.C., MCCARTHY, J.J. & PEAVEY, D.G. 1979. Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. Nature, 279:210-215.

GRASSHOFF, F. 1964. Zur bestimmung von nitrat in meer und trinkwasser. Kieler Meeresforsch., 20(1):5-11.

GRASSHOFF, F., EHRHARDT, M. & KREMLING, K. 1983. Methods of seawater analysis. 2nd. Revised and extended ed. Wienhien Verlag Chemie, 419 pp.

- HARARI, J. & R. CAMARGO, 1997. Simulações da circulação de maré na região costeira de Santos (SP) com modelo numérico hidrodinâmico. *Pesq. Nav.* 10:173-188.
- HARARI, J., CAMARGO, R. & CACCIARI, P. L. 2000. Resultados da modelagem numérica hidrodinâmica em simulações tridimensionais das correntes de maré na Baixada Santista. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 5, nº 2, p 71-87.
- HARRISON, W. G., PLATT, T. 1980. Variations in the assimilation number of coastal marine phytoplankton: Effects of environmental covariates. *J. Plankton Res.* 2: 249-260.
- HEATH, M.R.; RICHARDSON, K. & KIORBOE, T. 1990. Optical assessment of phytoplankton nutrient depletion. *J. Plankton Res.*, 12 (2):381-396.
- HUNKINS, K., 1981. Salt dispersion in the Hudson Estuary. *J. Phys. Oceanogr.* 11: 729-738.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2000. www.ibge.gov.br.
- JEFFREY, S.W. & HUMPHREY, G. F. 1975. New espectrofotometric equations for determining chlorophylls a, b, c and c2 in higher plants, algal and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Planzen (BPP)* Bd.167 S:191-194.
- KOROLEFF, F. 1970. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. Information on techniques and methods for seawater analysis. *Interlab. Rep. Cons. Int. Explor. Mer.*, 3:19-22
- KOROLEFF, F. 1971. ICES C.M. C:43 (mimeo).
- LEWIS, M. R., CULLEN, J. J. & PLATT, T. 1984. Relationship between vertical mixing and photoadaptation of phytoplankton: similarity criteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 15: 141-159.
- LEWIS, M. R. 2002. Variability of plankton and plankton processes on the mesoscale. In: Willians, P. J. le B., Thomas, D. N., Reynolds, C. S. (Eds). *Phytoplankton Productivity, carbon assimilation in marine and freshwater ecosystems*. Blackwell science, Oxford. 386 pp.
- LORENZEN, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigment: espectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12:343-346.
- LUND, J. W. G.; KIPPLING, C. & LE GREN, E. D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiol.*, 11:143-170.

- MALONE, T. C. & NEALE, P. J. 1981. Parameters of light dependent photosynthesis for phytoplankton size fractions in temperate estuarine and coastal environments. *Mar. Biol.* 61:289-297.
- MANN, K. H. & LAZIER, J. R. N. 1991. Dynamics of marine ecosystems : Biological-Physical interactions in the oceans. Blackwell, Boston.
- MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M., KJERFVE, B. 1998. Circulation and mixing due to tidal forcing in the Bertioga channel, São Paulo, Brazil. *Estuaries*, 21(2):204-214.
- MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M., KJERFVE, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de estuários. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 424p.
- MORRIS, A.W. & RILEY, J.P. 1963. The determination of nitrate in sea water. *Anal. Chim. Acta.*, 29:272-279.
- MOSER, G. A. O. 2002. Aspectos da eutrofização no Sistema Estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal da biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 410 p.
- MOSER, G. A. O., S. M. F. GIANESELLA, J. J. BARRERA-ALBA, A. L. BÉRGAMO, F. M. P. SALDANHA-CORRÊA, L. B. MIRANDA & J. HARARI, 2005. Instantaneous transport of salt, nutrients, suspended matter and chlorophyll-a in the tropical estuarine system of Santos. *Braz. J. Oceanogr.* 53:115-127.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.*, 27:31-36.
- NAVAS-PEREIRA, D. 1975. Estudos na baía de Santos para avaliar, no futuro, o impacto do lançamento submarino de esgotos sobre as condições ecológicas e sanitárias. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, RJ, 20p. + Anexos.
- NIXON, W. F. 1982. Nutrients primary production and fisheries yields in coastal lagoons. *Oceanol. Acta.* 5:357-371
- PARSONS, T., TAKAHASHI, M., HARGRAVE, B. 1984. Biological oceanographic processes (3° ed.). Pergamon Press, Oxford, 330pp.
- PEREIRA FILHO, J.; SCHETTINI, C. A. F.; RÖRIG, L. & SIEGLE, E. 2001. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the Camboriú River estuary, Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 53:249-257.

- PEREIRA, N. 1985. Eutrofização do Sistema Estuarino e das Baías de Santos e São Vicente (Estado de São Paulo, Brasil). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 157 pp.
- PERES-NETO, P. R.; JACKSON, D. A. & SOMERS, K. M. 2005. How many principal components? Stopping rules for determining the number of non-trivial axes revisited. *CSDA*, 49:974-997.
- PIRES-VANIN, A. M. S. 2005. Novo projeto vai estudar o ecossistema do litoral paulista. *Diário de Bordo*, Publicação bimestral do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – ano 1 – nº1 – jan/fev 2005.
- PLATT, T.; GALLEGOS, C. L. 1980. Modelling primary production. In: Falkowski, P. G. ed. *Primary Productivity in the Sea*. New York, Plenum Press, p.339-362.
- POOLE, H.H. & ATKINS, W.R.G. 1929. Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 16:297-324.
- PROENÇA, L. A. O. 1994. Phytoplankton biomass organic matter sedimentation and nutrient remineralization in a macrotidal estuary, Southampton water. PhD. Thesis. University of Southampton, 179 pp.
- REDFIELD, A.C. 1934. On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. In: Daniel, R.J., ed. *Liverpool*, Liverpool University Press. p. 176-192.
- RYTHER, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, 166:72-76.
- SALDANHA-CORREIA, F.M.P., GIANESSELLA, S.M.F. & BARRERA-ALBA, J. J. 2004. A comparison of the retention capability among three different glass-fiber filters used for chlorophyll determinations. *Braz. J. Oceanogr.*, 52 (3/4): 245-249.
- SARTI, C. C. 1988. Efeitos metodológicos sobre as populações do fitoplâncton estuarino e suas consequências ecológicas. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 85 p.
- SCHUBEL, J. R. & KENNEDY, V. S. 1984. The Estuary As A Filter, An Introduction. In: Kennedy, V. S., ed. *The Estuary as a Filter*. Academic Press, Florida.
- PARSONS, T.R., MAITA, Y. LALLI, C.M. 1984. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon Press, Oxford.
- SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. 2000. www.seade.gov.br

- SILVA, I. X.; MORAES, R. P.; SANTOS, R.P.; POMPEIA, S.L. & MARTINS, S.E. 1993. A degradação dos ecossistemas da Baixada Santista, São Paulo. In: III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental. ACIESP, Serra Negra, São Paulo, vol. 2. pp.129-141.
- SOUSA, E. C. P. M. de. 1983. Primary production of the benthic microflora living on intertidal flats in the Santos estuarine system, São Paulo, Brazil. *Bolm. Inst. oceanogr.* 32: (2) 177 – 186.
- SOUSA, E. C. P. M. de. 1985. Estudos sobre a variação da produção primária bentônica da região entre marés em praias da Baixada Santista. São Paulo – Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 179 p.
- SOUSA, E. C. P. de; & DAVID, C. J. 1996. Variação diária dos pigmentos fotossintetizantes do microfitobentos da praia de Aparecida, Santos, São Paulo, Brasil. *Rev. bras. biol.* 56: (1) 147 – 154.
- STEEMANN-NIELSEN, E. 1952. The use of radio-active carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 18:117-140.
- STEEMANN-NIELSEN, E. & JØRGENSEN, E. G. 1968 The adaptation of plankton algae. I. General part. *Physiol. Plant.* 14:595-616
- STEEMANN-NIELSEN, E. 1975. Physiological adaptation to irradiance in marine photosynthesis with special emphasis on the ecological aspects. Amsterdam, Elsevier Oceanogr. Ser., (13): 67-82.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. Formações quartenárias marinhas do litoral paulista e sul-fluminense. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. Special Publication. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – Sociedade Brasileira de Geologia, 1:1-5.
- TALLING, J. F. 1971. The underwater light climate as a controlling factor in the production ecology of freshwater phytoplankton. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 19:214-243.
- TEIXEIRA, C. 1982. A influência das variações nictemeral e sazonal sobre as curvas de luz-fotossíntese. *Bolm. Inst. Oceanog.*, São Paulo 31: 55-67.
- TENENBAUM, D. R.; VILLAC, M. C. ; VIANA, S. C. ; MATOS, M. ; HATHERLY, M. ; LIMA, I. V. ; MENEZES, M. 2004. *Phytoplankton Atlas of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil*. 1. ed. Londres: IMO, v. 1. 132 p.
- TOMA, C.R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, San Diego, CA, USA. 858p.

- TOMMASI, L. R. 1979. Considerações ecológicas sobre o estuário de Santos, São Paulo. Tese de Livre Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2 Vols.
- TOMMASI, L. R. 1982. Hidrologia e poluição das praias, baías e estuários de Santos-São Vicente (SP). *Atlântica* 5: (2) 120 – 121.
- UTHERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*,9:1-38,pl.1.
- VIVA SANTOS. 2004-2006. Dados geográficos, econômicos e populacionais. <http://www.vivasantos.com.br>. Acessado em 26/05/06.
- VOLLENWEIDER, R. A. 1969. A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environment, 2nd ed., IBP, Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 225p.
- WOLLAST, R. 1983. Interactions in estuaries and coastal waters. In: Bolin, B. & R. B. Cook, eds. *The major biogeochemical cycles and their interactions*. SCOPE. Paris.
- WOOD, E.D. & ARMSTRONG, F.A.J. & RICHARDS, F.A. 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction to nitrite. *J. mar. biol. Ass. U.K.*,47: 23-31.

TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas, em graus, das estações de amostragem da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7).

Estação	Latitude S	Longitude W
1	-24,012	-46,375
2	-23,986	-46,363
3	-24,016	-46,329
4	-23,989	-46,325
5	-23,993	-46,299
6	-23,959	-46,303
7	-23,927	-46,312

Tabela 2 - Datas de amostragens da rede de estações realizadas de novembro de 2004 a dezembro de 2005 e estações onde foram obtidas as medidas de produção primária e datas das estações fixas realizadas nas desembocaduras dos canais de Santos e São Vicente.

Datas de amostragem Rede	Estações de Produção Primária
24/11/04	1, 2, 3, 5, 6 e 7
17/12/04	1, 3, 5, 6 e 7
25/01/05	1, 3, 5 e 6
24/02/05	
22/03/05	
26/04/05	
21/05/05	1, 3 e 4
24/06/05	
23/07/05	
20/08/05	1, 3, 5, 6 e 7
01/10/05	
15/11/05	
13/12/05	
Datas de amostragem das estações fixas	23/05/05
	19/07/05
	19/08/05
	04/10/05
	15/11/05
	11/12/05

Tabela 3 - Estações de amostragens em superfície (S) e fundo (F) na baía e canal de Santos, em cujas amostras foram realizadas as análises quali-quantitativas do fitoplâncton. *Estações onde foram realizadas medidas de produção primária.

Meses	Estações de Identificação e Contagem
2004	
Novembro	1S*; 1F*; 2S*; 2F*; 3S*; 3F*; 4S; 4F; 5S*; 5F; 6S*; 6F*; 7S* e 7F*
Dezembro	1S*; 1F*; 2S; 2F; 3S*; 3F*; 4S; 4F; 5S*; 6S; 7S* e 7F*
2005	
Janeiro	2S; 4F; 7S e 7F
Fevereiro	2S; 2F; 6F; 7S
Março	3S; 6S e 6F
Abril	5S
Maio	3S; 6S e 6F
Junho	2Fe 5S
Julho	2S; 2F; 5S e 6F
Agosto	2S; 2F; 5S e 5F
Outubro	1S; 2F; 7S e 7F
Dezembro	2S; 2F; 5F e 6S

Tabela 4– Estações de coleta com amostras do fitoplâncton total, contadas e identificadas, e respectivas concentrações de clorofila-a (mg m^{-3}), em superfície (S) e fundo (F), de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

Novembro		Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Março		Abril	
Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})
1S	6,38	1S	6,23	2S	6,97	2S	15,41	3S	22,33	5S	5,35
1F	9,54	1F	5,41888	4F	3,37	2F	22,79	6S	14,55		
2S	28,08	2S	11,83	7S	9,66	6F	13,59	6F	21,33		
2F	12,02	2F	16,07876	7F	5,65	7S	10,98				
3S	13,57	3S	20,41								
3F	6,56	3F	4,37248								
4S	27,17	4S	9,06								
4F	9,32	4F									
5S	31,24	5S	20,26								
5F	12,26	6S	23,56								
6S	38,32	7S	45,14								
6F	16,47	7F	46,77								
7S	65,28										
7F	53,90										
Maio		Junho		Julho		Agosto		Outubro		Dezembro	
Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})	Est.	Cl-a (mg m^{-3})
3S	16,30	2F	4,33	2S	5,29	2S	9,10	1S	6,52	2S	9,68
6S	13,00	5S	2,68	2F	5,52	2F	6,27	2F	6,55	2F	13,49
6F	11,84			5S	4,90	5S	7,07	7S	14,96	5F	9,16
				6F	11,89	5F	5,76	7F	5,10	6S	14,60

Tabela 5 - Profundidade local (Prof) (m), profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) e coeficiente de extinção da luz (K) (m^{-1}), nas estações da Baía (1, 2, 3 e 4) e do canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

Estações	N			D			J			F			M			A		
Baía	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K
1	10	6,8	0,68	11	5,4	0,85	10,5			11	2,7	1,70	11	5,4	0,85			
2	7,3	5,4	0,85	8	5,4	0,85	7,6	5,4	0,85	7,6	3,3	1,42	7,6	4,9	0,94			
3	13	5,4	0,77	13	5,4	0,85	12	5,4	0,81	13,7	12,2	0,38	12,8	4,9	0,94			
4	6,4	5,4	0,85	7	5,4	0,81	7	5,4	0,85	6,4	2,4	1,89	6,7	5,1	0,89			
Canal																		
5	13	4,9	0,94	18	4,1	1,13	12,5	4,6	1,00	18,6	3	1,55	18,6	4,9	0,94	17,5	2,4	1,89
6	12,8	5,4	0,85	14	4,1	1,13	13,1	4,6	1,00	13,1	2,7	1,70	15,1	4,1	1,13	14	2,2	2,13
7	4	3	1,55	4,9	4,3	1,06	5,5	4,1	1,13	4	1,4	3,40	5,2	2,7	1,70	5,8	3	1,55
Estações	M			J			J			A			O			D		
Baía	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K	Prof.	Zeu	K
1	10,7	5,4	0,85	8,5	3	1,55	8,5	3	1,55	8,5	4,1	1,13	10	2,7	1,70	9	5,4	0,85
2	7,6	4,1	1,13	6	2,2	2,13	6	2,7	1,70	6,1	4,1	1,13	7,6	4,6	1,00	6	4,9	0,94
3	12,8	5,4	0,85	12	6,8	0,68	12,5	4,3	1,06	12,5	6,8	0,68	12,5	4,1	1,13	12	5,4	0,77
4	6	4,1	1,13	5,5	4,9	0,94	5,5	3,5	1,31	6	5,1	0,89	7,3	5,4	0,85	6	5,4	0,81
Canal																		
5	21	4,1	1,13	16	4,1	1,13	15	3	1,55	15	5,1	0,89	14,5	4,1	1,13	14,5	5,4	0,77
6	14	4,3	1,06	13	4,6	0,97	13	3,3	1,42	13	5,4	0,85	13	4,9	0,94	13	4,9	0,94
7	6	3,3	1,42	5,5	4,1	1,13	5,2	3	1,55	6,1	4,1	1,13	6,5	4,1	1,13	5	5,4	0,85

Tabela 6 – Penetração de luz (%) nos três estratos de coleta, superfície (S) meia água (M) e junto ao fundo (F), nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e do canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

Estações Penetração de luz (%)													
Baía	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	O	D	
1S	100	100		100	100		100	100	100	100	100	100	
1M	5	1		0	1		1	0	0	1	0	5	
1F	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0	
2S	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100	
2M	10	5	10	0	5		5	0	1	5	5	10	
2F	0	0	1	0	0		0	0	0	1	0	1	
3S	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100	
3M	1	1	1	10	0		1	5	1	2	1	1	
3F	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	
4S	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100	
4M	5	10	10	1	5		10	10	5	5	10	10	
4F	1	1	1	0	1		1	1	1	1	1	1	
Canal													
5S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
5M	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
5F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
6M	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
6F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
7M											5	20	
7F	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	4	

Tabela 7 – Concentrações médias entre superfície, meia água e fundo (mg m⁻³) de Cl-a, Cl-b, Cl-c, Feopigmentos (Feo-a) e Carotenóides (Carot.), para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

Novembro					Dezembro					Janeiro					Fevereiro				
Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.
(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)				
7,21					5,66					3,75	0	0,76	2,01	2,88	10,33	0	2,18	3,94	6,45
± 2,03					± 0,49					± 1,15	0	± 0,21	± 0,11	± 0,74	± 4,09	0	± 0,96	± 1,31	± 1,99
18,44					13,95					4,81	0	1,03	2,67	3,49	17,12	0	3,21	8,03	11,04
± 8,51					± 3,00					± 1,93	0	± 0,33	± 0,72	± 1,05	± 5,04	0	± 0,54	± 6,14	± 4,51
9,22					12,67					2,66	0	0,51	1,67	2,12	2,93	0,03	0,70	1,33	2,31
± 3,80					± 8,03					± 0,51	0	± 0,09	± 0,60	± 0,33	± 0,85	± 0,06	± 0,15	± 0,45	± 0,54
15,73					11,81					5,25	0	1,13	2,01	3,84	12,89	0	2,70	6,61	8,72
± 9,93					± 3,88					± 1,65	0	± 0,21	± 0,58	± 1,13	± 3,88	0	± 0,65	± 1,97	± 2,65
22,72					17,08					3,30	0	0,66	2,22	2,57	10,43	0	2,10	4,00	6,56
± 9,63					± 3,87					± 0,40	0	± 0,11	± 0,84	± 0,38	± 0,94	0	± 0,07	± 1,14	± 0,63
26,64					17,11					3,95	0,03	0,90	3,21	2,75	10,01	0	2,13	4,13	6,64
± 11,00					± 6,36					± 0,82	± 0,05	± 0,16	± 1,35	± 1,24	± 3,85	0	± 0,81	± 1,50	± 2,43
48,02					35,58					6,22	0	1,47	3,47	5,07	10,63	0	2,13	4,15	6,79
± 8,04					± 1,15					± 2,83	0	± 0,81	± 1,83	± 0,66	± 0,72	0	± 0,78	0	± 0,68
Março					Abril					Maio					Junho				
Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.
(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)				
12,57	0	2,66	2,70	8,64						11,47	0	2,66	4,19	8,10	3,24	0,67	0,73	2,07	1,83
± 7,73	0	± 1,46	± 1,72	± 4,85						± 1,47	0	± 0,12	± 2,95	± 1,91	± 0,75	± 0,32	± 0,06	± 0,99	± 0,29
18,94	0	3,71	7,53	12,98						14,80	0	3,91	2,42	9,53	4,30	0,21	1,38	2,55	1,61
± 6,38	0	± 1,19	± 5,35	± 4,30						± 0,55	0	± 1,01	± 0,70	± 0,46	± 0,07	± 0,18	± 0,73	± 0,43	± 1,01
13,46	0,56	3,93	5,32	6,78						12,43	0	2,87	3,49	7,55	3,04	0,34	0,83	1,61	1,10
± 7,72	± 0,96	± 1,83	± 3,67	± 7,36						± 4,49	0	± 1,09	± 0,47	± 2,42	± 0,03	± 0,06	± 0,32	± 0,52	± 0,97
14,92	0	3,05	3,90	10,31						11,50	0	3,32	1,15	7,22	1,98	0,32	0,86	1,48	0,83
± 1,00	0	± 0,51	± 1,67	± 0,35						± 2,91	0	± 1,60	± 1,30	± 1,64	± 1,01	± 0,19	± 0,16	± 0,46	± 0,77
14,12	0	2,77	7,04	10,53	9,24	0,48	2,69	4,70	6,87	11,26	0	2,81	2,30	7,57	4,06	0,20	1,07	2,82	2,30
± 1,78	0	± 0,35	± 2,10	± 2,19	± 3,46	± 0,50	± 1,35	± 3,11	± 2,87	± 0,42	0	± 0,10	± 1,70	± 0,09	± 2,15	± 0,17	± 0,39	± 2,87	± 2,07
16,43	0	2,85	9,77	12,50	4,83	0,47	1,21	4,17	3,70	12,60	0	2,89	3,86	7,30	3,41	0,53	0,93	2,63	1,35
± 4,28	0	± 0,95	± 4,06	± 3,75	± 1,95	± 0,60	± 0,64	± 4,63	± 2,27	± 0,66	0	± 0,34	± 1,96	± 1,92	± 2,14	± 0,47	± 0,78	± 2,94	± 0,56
16,65	0	3,31	8,16	11,74	6,54	0	1,33	7,12	2,96	10,46	0	2,43	2,39	6,14	2,57	0,15	0,78	2,72	0
± 3,30	0	± 1,39	± 0,08	± 0,32	± 1,74	0	± 0,73	± 9,43	± 4,15	± 0,54	0	± 1,21	± 0,73	± 0,40	± 0,76	± 0,21	± 0,05	± 1,68	0
Julho					Agosto					Outubro					Dezembro				
Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.	Cl-a	Cl-b	Cl-c	Feo	Car.
(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)					(mg m ⁻³)				
4,81	0,13	1,22	2,07	3,04	5,34	0,02	1,45	1,65	3,90	5,47	0,43	1,72	2,07	1,40	10,75	0,16	2,35	3,95	5,13
± 0,27	± 0,06	± 0,14	± 0,25	± 0,38	± 0,27	± 0,04	± 0,14	± 0,45	± 0,48	± 1,90	± 0,32	± 0,64	± 1,23	± 2,43	± 0,93	± 0,29	± 0,39	± 0,68	± 0,39
5,81	0,15	1,55	3,60	3,84	9,01	0,22	2,51	3,04	5,67	5,35	0,15	1,23	1,55	2,58	11,98	0	2,61	3,98	5,88
± 0,70	± 0,22	± 0,20	± 1,29	± 0,64	± 2,70	± 0,38	± 0,35	± 0,71	± 1,71	± 1,73	± 0,21	± 0,68	± 1,95	± 0,93	± 1,31	± 0,08	± 0,39	± 0,65	± 0,92
3,92	0,17	1,24	2,08	2,74	5,03	0,03	1,19	2,01	3,48	4,97	0,74	2,43	3,25	0,55	6,67	0	1,54	2,81	3,23
± 0,12	± 0,14	± 0,31	± 0,47	± 0,17	± 0,83	± 0,05	± 0,23	± 1,54	± 0,64	± 1,11	± 0,94	± 0,92	± 1,41	± 0,52	± 2,83	± 0,08	± 0,66	± 1,27	± 0,93
4,73	0,22	1,22	1,79	3,41	5,87	0	1,55	1,50	3,62	5,36	0,10	1,25	2,16	2,41	8,83	0,18	2,20	2,92	4,16
± 0,14	± 0,29	± 0,24	± 0,30	± 0,92	± 0,16	0	± 0,38	± 1,09	± 0,44	± 1,03	± 0,06	± 0,32	± 1,82	± 0,20	± 0,49	± 0,21	± 0,22	± 0,10	± 0,51
5,79	0,20	1,64	2,91	3,62	6,06	0,00	1,42	1,51	3,78	4,61	0,06	1,32	1,59	2,81	9,77	0,11	2,27	2,77	4,58
± 0,78	± 0,11	± 0,30	± 0,70	± 0,75	± 0,89	0,00	± 0,24	± 0,45	± 0,54	± 0,36	± 0,11	± 0,12	± 0,75	± 1,21	± 0,53	± 0,09	± 0,07	± 0,41	± 0,24
7,00	0,37	1,92	6,79	4,26	4,30	0,08	1,26	0,59	2,56	4,31	0,19	1,66	2,21	2,75	9,48	0	1,86	4,08	4,49
± 4,30	± 0,25	± 0,79	± 5,39	± 4,10	± 1,21	± 0,14	± 0,26	± 0,41	± 0,77	± 0,81	± 0,29	± 0,67	± 0,77	± 1,39	± 4,45	± 0,32	± 0,82	± 0,50	± 2,27
4,26	0,30	0,89	3,08	2,42	3,92	0	0,71	1,53	2,06	10,03	0	0,97	1,59	2,73	9,10	0,57	1,78	4,12	4,22
± 1,07	± 0,13	± 0,27	± 1,89	± 0,57	± 0,99	0	± 0,29	± 0,88	± 0,59	± 1,76	0	± 0,21			± 3,41	± 0,95	± 0,78	± 1,58	± 1,13

Tabela 8 – Valores de clorofila-a (Cl-a) integrada na coluna de água (mg m⁻²) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7) de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

Cl-a Integrada (mg m ⁻²)												
Baia	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	O	D
1	54,75	55,82	32,15	100,56	104,25		101,03	23,00	34,11	43,26	46,36	86,99
2	105,76	48,84	27,99	111,02	107,46		89,32	21,39	30,04	48,40	31,64	59,55
3	105,60	153,77	27,41	36,72	145,74		152,30	29,22	39,48	57,83	49,75	80,33
4	72,40	57,24	32,45	71,55	89,92		56,65	8,25	19,00	29,56	32,19	44,77
Canal												
5	278,40	255,98	32,28	192,20	217,71	152,40	225,09	52,99	82,29	82,44	56,09	127,44
6	315,20	204,70	46,55	121,61	188,04	56,13	165,32	37,95	78,90	52,36	53,86	113,83
7	80,85	93,53	11,31	14,93	32,55	18,48	25,05	6,86	8,58	10,24	45,95	34,51

Tabela 9 – Gêneros identificados na análise qualitativa do fitoplâncton realizada nas estações da baía e canal de Santos ao longo do período amostrado.

Gêneros identificados		
Classe Bacillariophyceae		Classe Dinophyceae
Ordem Centrales	Ordem Pennales	<i>Ceratium</i> spp.
<i>Actinoptychus</i> sp.	<i>Amphora</i> sp.	<i>Gonyaulax</i> sp.
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Asterionelopsis</i> spp.	<i>Oxytoxum</i> sp.
<i>Corethron</i> sp.	<i>Cymbella</i> spp.	<i>Peridinium</i> spp.
<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Cylindrotheca</i> spp.	<i>Prorocentrum</i> spp.
<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Diploneis</i> sp.	<i>Protoperidinium</i> spp.
<i>Dactyliosolen</i> sp.	<i>Fragillariopsis</i> spp.	
<i>Guinardia</i> spp.	<i>Navicula</i> spp.	Classe Chlorophyceae
<i>Hemiaulus</i> spp.	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Dictyosphaerium</i> sp.
<i>Leptocylindrus</i> spp.	<i>Pleurosigma</i> spp.	
<i>Melosira</i> spp.	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	Classe Cyanophyceae
<i>Meuniera</i> sp.	<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Anabaena</i> sp.
<i>Odontella</i> spp.	<i>Thalassionema</i> spp.	
<i>Skeletonema</i> spp.		
<i>Stephanopyxis</i> spp.		
<i>Thalassiosira</i> spp.		
<i>Triceratium</i> sp.		

Tabela 10 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em novembro de 2004.

Novembro																															
1S			1F			2S			2F			3S			3F			5S			6F			7S			7F				
I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B		
1295	6,41	1,00	963	2,43	0,25	1295	11,84	0,42	963	1,62	0,13	1361	8,33	0,61	896	1,83	0,28	1361	44,25	1,42	830	5,66	0,34	1361	46,81	0,72	896	19,78	0,37		
1179	6,57	1,03	913	1,62	0,17	1179	11,26	0,40	913	1,11	0,09	1328	8,57	0,63	830	1,69	0,26	1328	39,81	1,27	747	6,40	0,39	1328	47,14	0,72	830	23,67	0,44		
1129	5,98	0,94	830	1,39	0,15	1129	11,09	0,40	830	1,65	0,14	1228	11,45	0,84	830	1,42	0,22	1162	48,13	1,54	664	4,73	0,29	1228	48,75	0,75	830	22,03	0,41		
996	4,69	0,74	747	1,47	0,15	996	9,51	0,34	747	1,35	0,11	1162	10,93	0,81	747	0,92	0,14	863	30,99	0,99	432	3,49	0,21	1162	42,21	0,65	747	20,01	0,37		
631	4,08	0,64	730	1,45	0,15	631	7,07	0,25	730	1,80	0,15	863	8,00	0,59	564	1,50	0,23	863	29,36	0,94	432	2,74	0,17	863	37,29	0,57	614	16,88	0,31		
598	4,14	0,65	664	1,36	0,14	598	5,98	0,21	664	1,91	0,16	863	7,28	0,54	332	0,28	0,04	390	14,51	0,46	108	0,74	0,04	863	36,28	0,56	564	15,28	0,28		
249	1,23	0,19	432	0,58	0,06	249	1,96	0,07	432	1,26	0,10	390	3,20	0,24	332	0,24	0,04	374	8,83	0,28	66	1,30	0,08	390	16,02	0,25	332	9,50	0,18		
199	1,33	0,21	432	0,53	0,06	199	1,38	0,05	432	0,93	0,08	374	3,28	0,24	116	0,12	0,02	291	1,52	0,05				374	15,24	0,23	332	6,35	0,12		
100	0,26	0,04	125	0,17	0,02	100	0,72	0,03	125	0,22	0,02	291	0,16	0,01	116	0,10	0,01	291	-0,05	0,00				116	3,83	0,06	116	2,39	0,04		
100	0,25	0,04	108	0,03	0,00	100	0,13	0,00	108	0,31	0,03	291	-0,05	0,00	58	0,17	0,03	116	3,45	0,11				100	2,58	0,04	116	0,87	0,02		
50	0,23	0,04	75	0,11	0,01	50	0,31	0,01	75	0,20	0,02	116	0,30	0,02	58	-0,02	0,00	100	1,13	0,04				29	0,27	0,00	58	0,74	0,01		
42	0,14	0,02	66	-0,02	0,00	42	-0,10	0,00	66	0,28	0,02	100	2,70	0,20	25	0,18	0,03							29	-0,17	0,00	58	0,12	0		
27	0,01	0,00	30	0,00	0,00	27	0,15	0,01	30	-0,11	-0,01				25	0,06	0,01												25	0,19	0
27	-0,03	0,00	27	-0,06	-0,01	27	-0,08	0,00	27	0,34	0,03				15	-0,02	0,00												25	-0,14	-0
14	0,00	0,00	11	-0,01	0,00	14	0,08	0,00	11	-0,15	-0,01				13	0,06	0,01												15	0,03	0
			7	-0,08	-0,01				7	0,18	0,02				8	-0,04	-0,01													13	-0,22
																											8	0,18	0		

Tabela 11 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em dezembro de 2004.

Dezembro																													
1S			1F			3S			3F			5S			5F			6S			6F			7S			7F		
I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B
1328	4,14	0,66	1394	0,34	0,06	1029	1,92	0,09	1394	0,36	0,08	1029	18,73	0,92	1394	10,91	0,60	581	10,86	0,46	581	6,84	0,63	1328	25,25	0,56	1029	32,22	0,69
1228	4,15	0,67	1361	0,34	0,06	996	0,71	0,03	1361	0,28	0,06	996	20,80	1,03	1361	10,50	0,58	531	12,97	0,55	498	6,68	0,62	1228	24,61	0,55	996	31,25	0,67
1096	2,68	0,43	1062	1,24	0,23	465	3,03	0,15	1062	1,03	0,24	465	16,51	0,82	1062	9,29	0,51	216	12,23	0,52	166	5,40	0,50	1096	22,33	0,49	465	27,82	0,59
1079	2,54	0,41	830	1,54	0,28	398	4,18	0,20	830	1,25	0,29	398	15,30	0,76	830	8,94	0,49	191	12,61	0,54	149	5,93	0,55	1079	23,56	0,52	398	28,25	0,60
581	1,87	0,30	581	2,27	0,42	166	4,93	0,24	581	1,99	0,46	166	9,00	0,44	581	6,02	0,33	86	7,56	0,32	42	2,63	0,24	581	16,24	0,36	166	16,72	0,36
531	2,31	0,37	498	2,22	0,41	149	5,09	0,25	498	1,86	0,43	149	11,50	0,57	498	5,88	0,32	56	5,04	0,21	33	3,39	0,31	531	15,80	0,35	149	19,75	0,42
216	2,06	0,33	166	3,24	0,60	100	5,65	0,28	166	1,81	0,41	100	2,54	0,13	166	2,04	0,11	32	1,43	0,06	8	0,56	0,05	216	3,21	0,07	100	5,88	0,13
191	1,71	0,27	149	2,57	0,47	100	4,99	0,24	149	1,93	0,44	100	1,21	0,06	149	1,73	0,10	28	0,97	0,04	5	1,00	0,09	191	5,31	0,12	100	3,33	0,07
86	0,57	0,09	42	0,06	0,01	23	0,08	0,00	42	-0,01	0,00	23	0,40	0,02	42	0,54	0,03	15	0,19	0,01	5	0,21	0,02	86	0,71	0,02	23	0,28	0,01
56	0,67	0,11	33	-0,05	-0,01	20	0,10	0,00	33	-0,13	-0,03	20	0,71	0,04	33	0,82	0,05	9	0,45	0,02				56	1,69	0,04	20	1,33	0,03
32	0,94	0,15				12	0,00	0,00	8	-0,02	-0,01	12	0,14	0,01	8	0,46	0,03							32	0,14	0,00	12	0,09	0,00
28	0,63	0,10				9	0,02	0,00	5	0,07	0,02	9	0,07	0,00										28	0,53	0,01			
15	0,92	0,15							5	0,00	0,00																		
									2	0,10	0,02																		

Tabela 12 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em janeiro de 2005.

[illegible]

Tabela 13 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em maio de 2005.

Maio														
1S			1F			3S			3F			4S		
I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B
2042	1,06	0,10	1909	7,78	0,59	2042	1,02	0,06	1909	3,59	0,48	1527	4,20	0,30
1461	2,13	0,20	1826	10,11	0,77	1461	1,68	0,10	1826	11,87	1,58	1361	7,82	0,55
1029	5,23	0,50	963	3,45	0,26	1029	7,28	0,45	963	2,39	0,32	1262	8,55	0,60
913	4,25	0,41	714	9,25	0,70	913	4,59	0,28	714	8,69	1,16	1245	2,14	0,15
415	13,87	1,33	714	9,24	0,70	415	18,45	1,13	714	5,86	0,78	432	14,26	1,01
299	14,92	1,43	714	5,38	0,41	299	19,61	1,20	714	3,29	0,44	382	12,28	0,87
83	15,94	1,52	174	10,52	0,80	83	24,91	1,53	174	2,94	0,39	105	13,57	0,96
65	15,86	1,52	153	8,56	0,65	65	24,51	1,50	153	10,12	1,35	71	13,48	0,95
30	4,43	0,42	86	0,99	0,08	30	2,07	0,13	86	3,55	0,47	33	0,79	0,06
23	11,12	1,06	43	0,40	0,03	23	2,24	0,14	43	2,71	0,36	30	1,71	0,12
13	6,36	0,61	20	1,98	0,15	13	1,86	0,11	20	2,43	0,32	15	1,39	0,10
13	2,65	0,25	17	2,10	0,16	13	0,84	0,05	17	1,34	0,18	11	0,89	0,06
8	3,54	0,34	11	1,88	0,14	8	1,87	0,11	11	4,33	0,58			
			9	0,42	0,03									

Tabela 14 - Valores de irradiâncias (I) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$); produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) e números de assimilação (PP^{B}) ($\text{mgC mgCl}^{-1} \text{h}^{-1}$) obtidos nas incubações realizadas para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), em agosto de 2005.

Agosto																							
1S			3S			3F			5S			5F			6S			6F			7S		
I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B	I	PP	PP ^B
697	0,41	0,08	548	0,38	0,07	448	0,09	0,02	448	1,81	0,26	548	2,36	0,41	548	3,43	1,15	448	2,85	0,53	448	5,09	1,89
631	0,34	0,07	465	0,49	0,10	398	0,11	0,02	382	2,90	0,41	465	2,44	0,42	465	3,49	1,17	398	2,93	0,54	382	5,22	1,94
448	0,52	0,10	299	0,38	0,07	365	0,15	0,03	365	3,86	0,55	299	1,31	0,23	349	4,22	1,42	332	2,14	0,40	365	4,86	1,81
432	0,41	0,08	249	0,25	0,05	332	0,11	0,02	332	2,13	0,30	241	1,59	0,28	299	3,48	1,17	191	2,41	0,45	332	4,21	1,56
133	0,62	0,12	241	0,19	0,04	191	0,45	0,08	149	1,66	0,24	88	0,38	0,07	249	3,41	1,14	5	0,99	0,19	149	3,34	1,24
125	0,27	0,05	96	0,10	0,02	85	0,30	0,05	149	1,33	0,19	25	0,39	0,07	241	3,91	1,31	5	0,33	0,06	56	2,05	0,76
46	0,19	0,04	88	0,07	0,01	83	0,25	0,04	56	0,38	0,05	25	0,37	0,06	96	2,75	0,92				56	1,57	0,58
45	0,20	0,04	25	0,06	0,01	33	0,06	0,01	14	0,09	0,01	5	0,05	0,01	88	2,22	0,74				14	0,28	0,10
9	0,05	0,01	25	0,04	0,01	22	0,09	0,01	13	0,20	0,03	5	0,01	0,00	25	0,66	0,22				13	0,39	0,15
8	0,09	0,02	5	0,04	0,01	22	0,04	0,01	5	0,03	0,00				25	0,52	0,18				5	0,08	0,03
			5	0,03	0,01	5	0,09	0,02	5	0,01	0,00				5	0,11	0,04				5	0,06	0,02
						5	0,08	0,01							5	0,10	0,03						

Tabela 15 – Valores máximos de produção primária (PP) ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) e irradiâncias máximas (Imáx) ($\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a que foram submetidas as amostras, para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (S) e fundo (F), nos meses de realização das incubações.

Estações	Novembro		Dezembro		Janeiro		Maio		Agosto	
	Imáx ($\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	PP ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)	Imáx ($\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	PP ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)	Imáx ($\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	PP ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)	Imáx ($\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	PP ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)	Imáx ($\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	PP ($\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)
1S	1295	6,57	1328	4,15	432	6,34	2042	15,94	697	0,62
1F	963	2,43	1394	3,24	697	2,52	1909	10,52	448	0,52
2S	1295	11,84								
2F	965	1,91								
3S	1361	11,45	1029	5,66	2141	6,51	2042	24,91	548	0,49
3F	896	1,83	1394	1,99	564	1,06	1909	11,87	448	0,45
4S							1527	14,26		
4F							1179	8,97		
5S	1361	48,13	1029	20,8	432	2,34			448	3,86
5F	896	7,48	1394	10,91	697	2,05			548	2,44
6S	1361	33,80	581	12,97	498	1,34			548	4,22
6F	962	6,40	581	6,84	564	3,68			448	3,03
7S	1361	48,75	1328	25,25					448	5,22
7F	896	23,67	1029	32,22						

Tabela 16 – Parâmetros das curvas P-I: α^B ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{ h}^{-1}(\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$), I_k ($\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e P^B_{max} ($\text{mgC mgCl a}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e Irradiâncias máximas (Imáx), em $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, à que foram submetidas as amostras, para as estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) em superfície (S) e fundo (F), nos meses de realização das incubações. Os valores de alfa marcados com * indicam as curvas que apresentaram fotoinibição. N. Sat : curvas que não atingiram ponto de saturação.

Estações	Novembro				Dezembro				Janeiro				Maio				Agosto			
	α^B	I_k	P^B_{m}	Imáx.	α^B	I_k	P^B_{m}	Imáx.	α^B	I_k	P^B_{m}	Imáx.	α^B	I_k	P^B_{m}	Imáx.	α^B	I_k	P^B_{m}	Imáx.
Baía																				
1 S	0,0008	N. Sat.	1295		0,0005	N. Sat.	1328		0,0042	N. Sat.	432		0,0214*	80	1,52	2042	0,0007*	140	0,12	697
1 F	0,0002	N. Sat.	963		0,0032*	180	0,54	1394	0,0022*	380	0,85	697	-	-	-	-	-	-	-	-
2 S	0,0003	N. Sat.	1295		-	-	-		-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
2 F	0,0002*	680	0,15	965	-	-	-		-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
3 S	0,0007*	1270	0,83	1361	0,0025*	110	0,26	1029	0,0051	420	2,19	2141	0,0181*	90	1,52	2042	0,0002	N. Sat.		548
3 F	0,0003	N. Sat.	896		0,0025*	180	0,43	1394	0,0073	70	0,50	564	-	-	-	-	0,0005*	170	0,08	448
4 S	-	-	-		-	-	-		-	-	-		0,0096*	100	0,94	1527	-	-	-	-
4 F	-	-	-		-	-	-		-	-	-		0,0138*	80	1,01	1179	-	-	-	-
Canal																				
5 S	0,0011	N. Sat.	1361		0,0019	490	0,98	1029	0,0030	230	0,70	432	-	-	-	-	0,0015	N. Sat.		448
5 F	-	-	-		0,0006	920	0,56	1394	0,0022	300	0,47	697	-	-	-	-	0,0008	N. Sat.		548
6 S	-	-	-		0,0027	190	0,53	581	0,0017	210	0,35	498	-	-	-	-	0,0046	290	1,42	548
6 F	0,0004	N. Sat.	962		0,0035	180	0,62	581	0,0026	210	0,56	564	-	-	-	-	0,0013	N. Sat.		448
7 S	0,0006	N. Sat.	1361		0,0005	1190	0,55	1328	-	-	-		-	-	-	-	0,0091	200	1,8	448
7 F	0,0005	N. Sat.	896		0,0015	450	0,68	1029	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 17 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados anuais obtidos na baía e canal de Santos. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=168$.

	Cl a	NH ₄	PO ₄	SiO ₄	NO ₂	NO ₃	Cl b	Cl c	ST	SO	SI	NID	Feo	Car	S	T	Sigt	% Cla	% Luz	480/665	N:P
Cl a	1,00																				
NH ₄	-0,25*	1,00																			
PO ₄	-0,15	0,44*	1,00																		
SiO ₄	-0,31*	0,54*	0,73*	1,00																	
NO ₂	-0,20	0,39*	0,40*	0,37*	1,00																
NO ₃		0,27*	0,40*	0,29*	0,41*	1,00															
Cl b	-0,29*		0,21*	0,17			1,00														
Cl c	0,89*	-0,30*		-0,27*	-0,19			1,00													
ST		-0,32*		-0,20*	0,26*			0,21*	1,00												
SO		-0,28*		-0,18	0,27*			0,16	0,99*	1,00											
SI	0,19	-0,26*					0,27*	0,32*	0,33*	0,18	1,00										
NID	-0,37*	0,76*	0,54*	0,52*	0,66*	0,66*		-0,40*				1,00									
Feo	0,59*							0,55*		-0,17	0,28*		1,00								
Car	0,84*	-0,21*	-0,25*	-0,31			-0,42*	0,68*				-0,28*	0,43*	1,00							
S		-0,50*	-0,64*	-0,36*	-0,36*	-0,35*			0,23*	0,21*		-0,54*			1,00						
T	0,43*		-0,15				-0,28*	0,28*			-0,37*		0,33*	0,45*		1,00					
Sigt	-0,20	-0,50*	-0,56*	-0,30*	-0,35*	-0,32*			0,23*	0,20*	0,24*	-0,50*	-0,19		0,96*	-0,36*	1,00				
% Cla	0,30*	-0,25*	-0,21*	-0,38*	-0,17		-0,30*	0,25*	0,17	0,21*	-0,18	-0,25*	-0,38*	0,36*				1,00			
% Luz		0,27*	0,24*								-0,29*	0,24*	-0,21*		-0,42*		-0,43*	0,26*	1,00		
480/665	-0,26*	0,29*		0,37*	0,22*	0,17		-0,27*			0,19	0,27*		-0,19				-0,46*	-0,24*	1,00	
N:P	-0,26*	0,21*	-0,38*	-0,17	0,24*	0,23*		-0,27*				0,37*	-0,15		0,16		0,17				1,00

Tabela 18 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados das variáveis e valores de PP^B nas estações da baía e canal de Santos onde foram realizados os experimentos de incubação. Correlações significativas em p<0,050. *Correlações significativas em p<0,010. n=13.

	PP ^B	Cl a	NH ₄	PO ₄	SiO ₄	NO ₂	NO ₃	Cl b	Cl c	ST	SO	SI	NID	Feo	Car	S	T	Sigt	480/665	% Cla	N:P	% Luz
PP ^B	1,00																					
Cl a	-0,58	1,00																				
NH ₄			1,00																			
PO ₄			0,94*	1,00																		
SiO ₄			0,75*	0,69*	1,00																	
NO ₂			0,81*	0,78*	0,68*	1,00																
NO ₃							1,00															
Cl b								1,00														
Cl c		0,91*							1,00													
ST										1,00												
SO										0,95*	1,00											
SI		0,68	-0,65			-0,67			0,77*			1,00										
NID			0,98*	0,97*	0,78*	0,83*						-0,56	1,00									
Feo														1,00								
Car		0,91*	-0,60	-0,66					0,76*			0,66	-0,56		1,00							
S			-0,94*	-0,88*	-0,58	-0,78*						0,61	-0,91*			1,00						
T			0,66		0,69*	0,76*			-0,62			-0,80*	0,64			-0,56	1,00					
Sigt			-0,95*	-0,87*	-0,63	-0,83*						0,69*	-0,92*			0,99*	-0,68	1,00				
480/665														0,63					1,00			
% Cla														-0,84*			-0,71*		-0,71*	1,00		
N:P																					1,00	
% Luz			0,62	0,61									0,59						-0,60			1,00

Tabela 19 – Médias mensais e desvio padrão de temperatura (°C), salinidade, densidade (kg m⁻³) nutrientes inorgânicos (µM), clorofila-a (mg m⁻³) e séston (mg l⁻¹) nas estações fixas no canal de Santos (maio, julho, agosto, outubro e dezembro) e canal de São Vicente (maio e outubro) durante o ano de 2005.

Variáveis	Santos					S. Vicente	
	M	J	A	O	D	M	O
T (°C)	24,87 ± 0,08	22,11 ± 0,12	21,94 ± 0,08	22,05 ± 1,46	23,75 ± 0,20	24,19 ± 0,54	21,66 ± 0,52
Sal	33,34 ± 0,80	34,36 ± 0,45	33,04 ± 0,57	30,56 ± 1,87	31,51 ± 0,99	29,97 ± 4,73	30,87 ± 1,60
Sigma-t (kg m ⁻³)	22,13 ± 0,60	23,70 ± 0,37	22,75 ± 0,43	20,90 ± 1,43	21,08 ± 0,74	19,78 ± 3,41	21,18 ± 1,23
NH ₄ ⁺ (µM)	4,09 ± 3,61	2,84 ± 1,70	5,94 ± 2,83	3,33 ± 2,22	0,73 ± 0,39	9,56 ± 10,50	2,97 ± 3,06
NO ₃ ⁻ (µM)	3,56 ± 3,00	2,86 ± 1,60	4,91 ± 3,14	1,02 ± 2,06	1,12 ± 1,75	2,52 ± 0,90	1,35 ± 2,51
NO ₂ ⁻ (µM)	1,41 ± 0,86	0,50 ± 0,21	0,65 ± 0,28	0,30 ± 0,52	0,15 ± 0,24	1,29 ± 0,56	0,52 ± 0,61
NID (µM)	9,06 ± 4,55	6,20 ± 3,02	11,50 ± 5,14	4,65 ± 4,05	2,00 ± 1,89	13,38 ± 11,34	4,84 ± 4,77
PO ₄ ⁻³ (µM)	1,35 ± 0,65	1,02 ± 0,35	1,87 ± 0,88	1,58 ± 0,89	0,39 ± 0,11	1,55 ± 0,77	1,21 ± 0,62
SiO ₄ (µM)	11,51 ± 3,41	4,83 ± 1,60	2,05 ± 0,61	9,39 ± 3,61	8,84 ± 2,33	33,68 ± 61,31	9,43 ± 3,52
N:P	7,86 ± 5,71	6,09 ± 2,17	6,61 ± 3,02	2,57 ± 1,33	5,97 ± 6,72	5,94 ± 1,85	3,49 ± 2,39
Cl-a (mg m ⁻³)	6,79 ± 1,64	9,07 ± 3,03	6,73 ± 1,32	9,12 ± 4,92	15,76 ± 3,85	5,79 ± 3,06	6,75 ± 2,05
Cl-b (mg m ⁻³)	0,00 0,00	0,06 ± 0,14	0,01 ± 0,04	0,00 0,00	0,00 0,00	0,19 ± 0,23	0,08 ± 0,17
Cl-c (mg m ⁻³)	1,65 ± 0,55	2,25 ± 0,65	1,53 ± 0,34	2,02 ± 1,22	3,12 ± 0,74	2,05 ± 1,19	1,57 ± 0,54
Feo. (mg m ⁻³)	2,87 ± 1,70	4,61 ± 2,41	2,05 ± 0,76	4,58 ± 3,05	4,57 ± 2,12	3,30 ± 1,66	2,94 ± 2,18
Carot. (mg m ⁻³)	4,94 ± 1,58	4,71 ± 2,42	3,89 ± 1,00	5,00 ± 2,21	8,64 ± 2,10	3,01 ± 1,59	4,18 ± 1,45
Cl-a ativ (%)	65,05 ± 12,39	58,26 ± 9,74	71,48 ± 10,23	57,94 ± 12,17	73,53 ± 8,32	51,59 ± 11,15	65,47 ± 15,37
Clc/Cla	0,24 ± 0,06	0,25 ± 0,04	0,23 ± 0,03	0,23 ± 0,08	0,20 ± 0,02	0,37 ± 0,19	0,23 ± 0,04
480/665	1,31 ± 0,10	1,11 ± 0,08	1,14 ± 0,16	1,06 ± 0,17	0,94 ± 0,07	1,25 ± 0,14	1,12 ± 0,13
ST (mg l ⁻¹)	1094,27 ± 632,73	80,56 ± 28,98	178,03 ± 198,68	519,02 ± 370,02	54,89 ± 6,53	76,60 ± 35,81	552,86 ± 431,37
SI (mg l ⁻¹)	90,53 ± 52,41	68,40 ± 18,71	60,57 ± 13,87	62,40 ± 14,68	48,33 ± 5,21	67,21 ± 32,23	70,90 ± 22,97
SO (mg l ⁻¹)	1028,79 ± 574,08	12,16 ± 21,56	117,46 ± 193,09	456,62 ± 364,41	6,56 ± 3,86	9,38 ± 3,79	481,96 ± 429,15

Tabela 20 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em maio. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=28$.

	T	S	Sig-t	NH4	Cla	Clb	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	SO	PO4	SiO4	NO3	NO2	NP	NID
T	1,00																			
S		1,00																		
Sig-t		1,00*	1,00																	
NH4		-	-																	
		0,70*	0,70*	1,00																
Cla		0,54*	0,55*	-0,41	1,00															
Clb						1,00														
Clc		0,51*	0,51*		0,70*		1,00													
Feop					0,78*	0,44	0,68*	1,00												
Car			0,37		0,88*		0,52*	0,63*	1,00											
% Cla						-0,57*	-0,42	-0,86*		1,00										
480/665					0,59*	0,45	0,62*	0,92*	0,53*	-0,89*	1,00									
ST					0,51*		0,42	0,76*	0,45	-0,78*	0,74*	1,00								
SI					0,57*	0,53*	0,56*	0,86*	0,44	-0,86*	0,84*	0,85*	1,00							
SO					0,50*		0,41	0,73*	0,44	-0,73*	0,69*	0,99*	0,84*	1,00						
PO4					0,38*			0,40	0,38			0,47	0,41	0,49*	1,00					
SiO4					0,40*			0,38	0,40						0,82*	1,00				
NO3									0,43								1,00			
NO2		0,47	0,47	-0,58*		-0,43											0,60*	1,00		
NP									0,43								0,89*	0,72*	1,00	
NID									0,39								0,89*	0,56*	0,88*	1,00

Tabela 21 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de São Vicente em maio. Correlações significativas em $p < 0,050$. $n=9$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	PO4	NP	SiO4	Cla	Clb	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	NID	SO
T	1,00																			
S	0,99*	1,00																		
Sig-t	0,99*	1,00*	1,00																	
NH4	-0,97*	-0,98*	-0,98*	1,00																
NO3	-0,67	-0,67	-0,67	0,73	1,00															
NO2						1,00														
PO4	-0,95*	-0,96*	-0,96*	0,97*	0,75		1,00													
NP	-0,80*	-0,80*	-0,80*	0,86*	0,86*		0,78	1,00												
SiO4									1,00											
Cla										1,00										
Clb											1,00									
Clc												1,00								
Feop										0,85*		0,78	1,00							
Car	0,87*	0,82*	0,82*	-0,75			-0,75			0,79				1,00						
% Cla															1,00					
480/665											0,73				-0,88*	1,00				
ST										0,90*			0,84*	0,67			1,00			
SI										0,91*			0,85*	0,69			1,00*	1,00		
NID	-0,96*	-0,97*	-0,97*	0,99*	0,80*		0,97*	0,90*						-0,75					1,00	
SO										0,76			0,74				0,95*	0,94*		1,00

Tabela 22 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em julho. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=40$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	NID	PO4	NP	SiO4	Cla	Clb	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	SO
T	1,00																			
S	-0,88*	1,00																		
Sig-t	-0,90*	1,00*	1,00																	
NH4		-0,50*	-0,49*	1,00																
NO3		-0,38	-0,37	0,54*	1,00															
NO2	0,49*	-0,61*	-0,61*	0,39	0,66*	1,00														
NID	0,36	-0,55*	-0,54*	0,86*	0,88*	0,66*	1,00													
PO4	0,61*	-0,75*	-0,74*	0,54*	0,54*	0,72*	0,65*	1,00												
NP				0,63*	0,66*		0,71*		1,00											
SiO4		0,35	0,35							1,00										
Cla	0,77*	-0,76*	-0,77*			0,47*	0,37	0,60*			1,00									
Clb	-0,38								0,43*	0,39		1,00								
Clc	0,48*	-0,55*	-0,55*	0,40	0,51*	0,48*	0,53*	0,52*			0,83*		1,00							
Feop	0,38	-0,32	-0,32								0,80*		0,72*	1,00						
Car	0,57*	-0,54*	-0,55*					0,36			0,73*		0,52*	0,61*	1,00					
% Cla														-0,70*		1,00				
480/665	-0,55*	0,69*	0,69*	-0,34		-0,50*	-0,35	-0,58*				0,43*				-0,55*	1,00			
ST		0,07												0,41*		-0,37		1,00		
SI		0,04									0,45*		0,41*	0,67*	0,48*	-0,51*	0,43*	0,69*	1,00	
SO		0,01																0,79*		1,00

Tabela 23 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em agosto. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=38$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	NID	PO4	NP	SiO4	Cla	Clb	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	SO
T	1,00																			
S		1,00																		
Sig-t		1,00*	1,00																	
NH4		-0,88*	-0,87*	1,00																
NO3	-0,35	-0,36	-0,34	0,36	1,00															
NO2		-0,73*	-0,72*	0,71*	0,42*	1,00														
NID	-0,33	-0,72*	-0,70*	0,79*	0,85*	0,66*	1,00													
PO4		-0,92*	-0,92*	0,91*	0,37	0,67*	0,75*	1,00												
NP	-0,37	0,35	0,37		0,63*			-0,40	1,00											
SiO4		-0,60*	-0,59*	0,59*		0,41	0,44*	0,73*	-0,41*	1,00										
Cla	0,37	0,61*	0,58*	-0,69*	-0,47*	-0,49*	-0,70*	-0,66*		-0,37	1,00									
Clb												1,00								
Clc	0,45*	0,52*	0,49*	-0,60*			-0,56*	-0,53*			0,77*		1,00							
Feop	-0,45*													1,00						
Car				-0,35			-0,34				0,57*		0,74*		1,00					
% Cla														0,60*		1,00				
480/665	-0,38	-0,38	-0,36	0,48*			0,32	0,46*		0,43*	-0,51*		-0,38	0,40			1,00			
ST		0,37	0,37	-0,45*	-0,34	-0,45*	-0,47*	-0,37										1,00		
SI		0,47*	0,47*	-0,53*		-0,43*	-0,39	-0,44*			0,38							0,46*	1,00	
SO				-0,40		-0,41*	-0,42*											0,99*	0,33	1,00

Tabela 24 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em outubro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=34$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	NID	PO4	NP	SiO4	Cla	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	SO
T	1,00																		
S	-0,85*	1,00																	
Sig-t	-0,88*	1,00*	1,00																
NH4		-0,38		1,00															
NO3				0,37	1,00														
NO2				0,39	0,86*	1,00													
NID				0,91*	0,72*	0,69*	1,00												
PO4		-0,36		0,91*	0,43	0,46*	0,87*	1,00											
NP				0,67*	0,69*	0,63*	0,81*	0,46*	1,00										
SiO4				0,81*	0,47*	0,45*	0,81*	0,93*	0,44*	1,00									
Cla				-0,87*		-0,40	-0,81*	-0,91*	-0,45*	-0,78*	1,00								
Clc				-0,60*			-0,54*	-0,67*		-0,53*	0,76*	1,00							
Feop	0,37			-0,58*		-0,40	-0,58*	-0,65*		-0,50*	0,82*	0,65*	1,00						
Car				-0,80*		-0,36	-0,76*	-0,86*	-0,39	-0,73*	0,95*	0,75*	0,80*	1,00					
% Cla													-0,60*		1,00				
480/665	-0,41			0,71*			0,61*	0,67*	0,41	0,60*	-0,71*	-0,38	-0,55*	-0,50*		1,00			
ST																	1,00		
SI																0,59*	0,39	1,00	
SO																	1,00*	0,35	1,00

Tabela 25 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de São Vicente em outubro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=34$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	NID	PO4	NP	SiO4	Cla	Clb	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	SO
T	1,00																			
S		1,00																		
Sig-t		0,99*	1,00																	
NH4	0,47*	-0,55*	-0,60*	1,00																
NO3		-0,72*	-0,70*		1,00															
NO2		-0,65*	-0,62*	0,32	0,71*	1,00														
NID		-0,76*	-0,78*	0,87*	0,71*	0,64*	1,00													
PO4		-0,83*	-0,84*	0,68*	0,62*	0,51*	0,81*	1,00												
NP		-0,51*	-0,53*	0,79*	0,57*	0,59*	0,88*	0,47*	1,00											
SiO4		-0,77*	-0,78*	0,52*	0,49*	0,52*	0,66*	0,78*	0,40	1,00										
Cla	-0,32							-0,38			1,00									
Clb		-0,64*	-0,61*		0,48*	0,49*	0,38	0,37		0,39	0,36	1,00								
Clc	-0,41*										0,90*	0,63*	1,00							
Feop		-0,36	-0,33			0,44*					0,76*	0,69*	0,81*	1,00						
Car				-0,34				-0,39			0,86*		0,78*	0,58*	1,00					
% Cla		0,55*	0,53*	-0,33	-0,42*	-0,54*	-0,46*	-0,32	-0,41*		-0,47*	-0,73*	-0,57*	-0,92*		1,00				
480/665				0,32		0,33	0,33		0,43*					0,34		-0,36	1,00			
ST										0,47*								1,00		
SI											0,70*	0,60*	0,78*	0,83*	0,66*	-0,70*	0,45*		1,00	
SO										0,45*								1,00*		1,00

Tabela 26 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em novembro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=39$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	NID	PO4	NP	SiO4	Cla	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST
T	1,00																
S	-0,51*	1,00															
Sig-t	-0,61*	0,99*	1,00														
NH4				1,00													
NO3		-0,35	-0,32		1,00												
NO2						1,00											
NID					0,92*	0,55*	1,00										
PO4		-0,38	-0,38					1,00									
NP					0,74*	0,42*	0,81*	-0,67*	1,00								
SiO4	0,40	-0,37	-0,40		0,37	0,35	0,45*			1,00							
Cla		-0,57*	-0,54*					0,33			1,00						
Clc		-0,40	-0,37								0,95*	1,00					
Feop								0,47*			0,63*	0,63*	1,00				
Car		-0,52*	-0,47*		0,33		0,34				0,96*	0,89*	0,55*	1,00			
% Cla								-0,40					-0,82*		1,00		
480/665	-0,63*	0,68*	0,71*							-0,39	-0,54*	-0,48*		-0,45*		1,00	
ST														-0,34			1,00

Tabela 27 – Matriz de Correlação de Pearson para o conjunto de dados da estação fixa do canal de Santos em dezembro. Correlações significativas em $p < 0,050$. *Correlações significativas em $p < 0,010$. $n=39$.

	T	S	Sig-t	NH4	NO3	NO2	NID	PO4	NP	SiO4	Cla	Clc	Feop	Car	% Cla	480/665	ST	SI	SO
T	1,00																		
S		1,00																	
Sig-t		1,00*	1,00																
NH4				1,00															
NO3					1,00														
NO2					0,64*	1,00													
NID					0,91*	0,70*	1,00												
PO4								1,00											
NP					0,86*	0,60*	0,96*	-0,51*	1,00										
SiO4										1,00									
Cla		-0,48*	-0,47*								1,00								
Clc		-0,45*	-0,43*								0,93*	1,00							
Feop											0,55*	0,43*	1,00						
Car		-0,44*	-0,42*								0,97*	0,87*	0,59*	1,00					
% Cla													-0,82*		1,00				
480/665										-0,33						1,00			
ST																	1,00		
SI											-0,33						0,84*	1,00	
SO																	0,60*		1,00

Tabela 28 – Valores de transporte médio resultante das propriedades nos meses de julho, agosto, outubro, novembro e dezembro para o canal de Santos e outubro para o canal de São Vicente. Valores negativos indicam importação e positivos indicam exportação.

Propriedades	Julho	Agosto	Outubro	Outubro SV	Novembro	Dezembro
Sal ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-88,66	-47,27	39,95	0,23	-64,95	-34,57
NH ₄ ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-105,94	-76,91	128,82	18,11	-7,28	-13,66
NO ₃ ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-450,13	-444,87	4,81	23,38	-146,02	-52,72
NO ₂ ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-55,35	-44,61	8,24	-0,67	-63,38	0,89
NIT ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-611,28	-575,08	141,8	40,82	-222,62	-64,66
PO ₄ ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-210,75	-145,54	213,34	15,45	-139,33	-37,9
SiO ₄ ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-1445,8	-215,36	1268,1	68,34	-1124,9	-1004,1
Cla ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-17,07	-12,5	12,51	2,05	-5,41	-19,19
Cla at. ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-10,8	-10,29	4,99	0,52	-2,09	-13,84
Cla c ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-4,46	-2,6648	2,7901	0,45	-1,2927	-3,7564
Feop. ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-6,27	-2,1942	7,5113	1,53	-3,3183	-5,3587
Carot ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-10,18	-7,8052	7,898	1,35	-2,7807	-10,103
ST ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-235,98	-90,92	724,52	-92,94	-787,03	-58,62
SI ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-162,25	-55,79	101,71	31		-51,89
SO ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	-73,73	-35,15	622,84	-122,64		-6,73

Tabela 29 – Nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), amônia (NH₄), nitrato (NO₃), nitrito (NO₂) e fosfato (PO₄), em μM , encontrados no sistema estuarino de Santos em estudos realizados de 1978 a 2006.

Valores mínimos e máximos de nutrientes (μM)					
Baía de Santos					
Referência	NID(μM)	NH ₄ (μM)	NO ₃ (μM)	NO ₂ (μM)	PO ₄ (μM)
Gianesella- Galvão, 1978	58,5	50	19,3	7,8	0,19 a 9,6
Pereira, 1985	10,71 a 145,7				0,33 a 5,30
Aidar <i>et al.</i> , 1999	5,78 (verão) e 7,64 (inverno)		2,02 (verão) e 1,2 (inverno)	1,19 (verão) e 1,2 (inverno)	0,47 (verão) e 2,21 (inverno)
Aguiar, 2005		0,4 a 47,11			
Presente estudo	25,1	0,07 a 21,5			
Canal de Santos					
Pereira, 1985	10,7 a 550				0,74 a 15,4
Aguiar, 2005		0,57 a 27,62			
Presente estudo	41,1	0,01 a 32,35			

Tabela 30 - Biomassa fitoplanctônica, em termos de clorofila-a (mg m^{-3}), encontrados no sistema estuarino de Santos em estudos realizados de 1974 a 2006.

Valores mínimos e máximos de Biomassa (Cl-a)		
BAÍA DE SANTOS		
Referência	Período de coleta	Cl-a (mg m^{-3})
Navas-Pereira, D., 1975	1974	0,11 a 58,6
Gianesella-Galvão, S. M. F., 1982	1975	3,6 a 55,3
Pereira, N., 1985	1978	1,58 a 33,05
Frazão, L. R., 2001	1998	3 a 84,3
Pinto, R. F., 2003	1998	3,71 a 48,37
Moser, G. A. O. et al. , 2005	1999/2000	1,77 a 36,97
Aguiar, V. M. C., 2005	2003/2004	0 a 1,6
Presente estudo	2004/2005	0,85 a 28,08
CANAL DE SANTOS		
Referência	Período de coleta	Cl-a (mg m^{-3})
Gianesella-Galvão, S. M. F., 1982	1975	7,3 a 34,2
Pereira, N., 1985	1978	1,12 a 50,31
Moser, G. A. O. et al. , 2005	1999/2000	1,32 a 97,37
Aguiar, V. M. C., 2005	2003/2004	0 a 10,89
Presente estudo	2004/2005	1,93 a 65,28
CANAL DE SÃO VICENTE		
Referência	Período de coleta	Cl-a (mg m^{-3})
Moser, G. A. O. et al. , 2005	1999/2000	1,03 a 32,29
Aguiar, V. M. C., 2005	2003/2004	0 a 3,52
ÁGUAS INTERIORES (Rio Cubatão e Canal de fuga Henry Borden)		
Referência	Período de coleta	Cl-a (mg m^{-3})
CETESB, 2001	2000	0,40 a 0,95
CETESB, 2002	2001	0,27 a 46,77
CETESB, 2003	2002	0,27 a 24,59
CETESB, 2004	2003	0,27 a 40,19
CETESB, 2005	2004	1,27 a 36,53
CETESB, 2006	2005	0,14 a 25,59
CETESB, 2007	2006	11,62 a 37,64
ÁGUAS INTERIORES (Largo do Canéu)		
Moser, G. A. O. et al. , 2005	1999/2000	1,02 a 30,22

FIGURAS

Figura 1 – Imagem de Santos obtida por satélite. (Fonte: Embrapa in www.vivasantos.com.br).

Figura 2 – Localização das estações de coletas da Rede de Estações (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e da Estação Fixa (2 e 5).

Figura 3 - Totais pluviométricos mensais (mm) para o período entre outubro de 2004 e dezembro de 2005. Dados fornecidos pelo Serviço Nacional de Proteção ao Voo do Estado de São Paulo.

Figura 4 - Totais pluviométricos diários (mm) dos cinco dias anteriores a cada coleta e mais o correspondente ao dia da coleta (indicado pela seta) na baía e canal de Santos.

Figura 5 - Evolução temporal da temperatura (°C) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal de Santos (5, 6 e 7), em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 6 - Evolução temporal da salinidade nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (- - - ● - - -) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 7 - Evolução temporal da densidade (Sigma-t) (kg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 8 – Variações temporais do parâmetro de estratificação nas estações: a) baía (estação 1 —●—; estação 2 ---●---; estação 3●..... e estação 4 -.-●-.-) e b) canal de Santos (estação 5 —●—; estação 6 ---●--- e estação 7●.....).

Figura 9 – Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) em relação à profundidade local nas estações da baía e canal de Santos, entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 10 – Evolução temporal do séston total (ST) (mg l^{-1}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 11 – Evolução temporal da porcentagem de séston orgânico (%SO) (mg l⁻¹) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (- - - ● - - -) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 12 – Evolução temporal do séston orgânico (SO) (mg l⁻¹) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 13 – Evolução temporal do séston inorgânico (SI) (mg l⁻¹) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 14 - Evolução temporal das concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (uM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 15 – Evolução temporal das concentrações de amônia (uM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 16 - Evolução temporal das concentrações de nitrato (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 17 - Evolução temporal das concentrações de nitrito (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 18 – Evolução temporal das concentrações de fosfato (µM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 19 - Evolução temporal das concentrações de silicato (μM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (-.-●-.-) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 20 - Evolução temporal da razão N:P (uM) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (.....●.....), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 21 – Evolução temporal das concentrações de clorofila-a (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (- - ● - -) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 22 - Distribuição horizontal da Cl-a (mg m⁻²) integrada na coluna de água, de novembro de 2004 a abril de 2005.

Figura 23 - Distribuição horizontal da CI-a (mg m⁻²) integrada na coluna de água, de maio a dezembro de 2005.

Figura 24 - Evolução temporal da clorofila-a ativa (%) em relação à clorofila total nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (- - - ● - - -) e próximo ao fundo (—●—), entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

Figura 25 – Evolução temporal das concentrações de feopigmentos (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (.....●.....), de janeiro a dezembro de 2005.

Figura 26 - Evolução temporal da clorofila-b (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.

Figura 27 - Evolução temporal da clorofila-c (mg m^{-3}) nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (- - -●- - -) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.

Figura 28 – Evolução temporal das concentrações de carotenóides (mg m^{-3}), nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (- - -●- - -) e próximo ao fundo (.....●.....), entre janeiro e dezembro de 2005.

Figura 29 - Evolução temporal da razão Clb/Clc na baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.

Figura 30 – Evolução temporal da Razão 480/665 nas estações da baía (1, 2, 3 e 4) e canal (5, 6 e 7) de Santos, em superfície (—●—), meia água (---●---) e próximo ao fundo (—●—), de janeiro a dezembro de 2005.

Figura 31 – Composição relativa dos principais grupos do fitoplâncton na baía (a) e canal de Santos (b), de novembro de 2004 a dezembro de 2005. Fitoflagelados inclui: Euglenophyceae, Prasinophyceae, Haptophyceae e os fitoflagelados não identificados.

Figura 32 – Composição relativa dos principais grupos de organismos do fitoplâncton excluindo-se os fitoflagelados, na baía (a) e canal de Santos (b), de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

Figura 33 - Valores de PP (mgC m⁻³ h⁻¹) nas estações de coleta da baía (1, 2, 3 e 4) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em superfície (S) e fundo (F) nos meses de realização das incubações. * Curvas que atingiram a saturação.

Figura 34 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (F) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em novembro de 2004.

Figura 35 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (S) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em dezembro de 2004.

Figura 36 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (F) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em janeiro de 2005.

Figura 37 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (F) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em maio de 2005.

Figura 38 - Relação Fotossíntese-Irradiância (P-I) em superfície (S) e próximo ao fundo (S) das estações da baía (1, 2 e 3) e do canal de Santos (5, 6 e 7) em agosto de 2005.

Figura 39 – Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos ao longo do período de estudo.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 40 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) novembro e b) dezembro de 2004.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Siglt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

a)

b)

Figura 41 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) janeiro e b) fevereiro de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH4), nitrito (NO2), nitrato (NO3), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO4), silicato (SiO4), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 42 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) março e b) abril de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Siglt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 43 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) maio e b) junho de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigmt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 44 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) julho e b) agosto de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

a)

b)

Figura 45 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos em 2004: a) outubro e b) dezembro de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 46 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados obtidos nas estações de produção primária em novembro e dezembro de 2004 e janeiro, maio e agosto de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH4), nitrito (NO2), nitrato (NO3), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO4), silicato (SiO4), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 47 - Plano fatorial definido pela Análise de Componentes Principais aplicada para o conjunto de dados aleatorizados das estações de produção primária em novembro e dezembro de 2004 e janeiro, maio e agosto de 2005.

Símbolos utilizados: temperatura (T), salinidade (S), sigma-t (Sigt), porcentagem de penetração de luz em cada nível amostrado (% Luz), séston total (ST), séston orgânico (SO), séston inorgânico (SI), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fosfato (PO₄), silicato (SiO₄), clorofila-a (Cla), clorofila-b (Clb), clorofila-c (Clc), porcentagem de Cla ativa (% Cla), feopigmentos (Feo), carotenóides (Car), razão 480/665 (480/665) e razão N:P (N:P).

Figura 48 – Variação da altura de maré (m) para Santos, no dia da coleta e ao longo do período amostrado, em maio de 2005.

Figura 49 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---•---) em relação à profundidade local (m) (—•—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em maio de 2005.

Figura 50 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em maio de 2005.

Figura 51 – Série temporal de a) sétion total (mg l^{-1}), b) sétion orgânico (mg l^{-1}), c) sétion inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila b (mg m^{-3}), f) clorofila c (mg m^{-3}), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m^{-3}), i) feopigmentos (mg m^{-3}) e j) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em maio de 2005.

Figura 52 – Variação da altura de maré (m) para São Vicente, no dia da coleta e ao longo do período amostrado, em maio de 2005.

Figura 53 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---•---) em relação à profundidade local (m) (—•—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.

Figura 54 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m^{-3}), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM) e h) silicato (μM), em superfície (—●—) e fundo (---●---), na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.

Figura 55 - Série temporal de a) fosfato (μM), b) razão N:P, c) séston total (mg l^{-1}), d) séston orgânico (mg l^{-1}), e) séston inorgânico (mg l^{-1}), f) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), g) clorofila b (mg m^{-3}), h) clorofila c (mg m^{-3}), em superfície (—●—) e fundo (---●---), na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.

Figura 56 – Série temporal de a) clorofila-a ativa (%), b) carotenóides (mg m⁻³), c) feopigmentos (mg m⁻³) e d) razão 480nm/665nm, em superfície (—●—) e fundo (---●---), na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em maio de 2005.

Figura 57 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (- - - ▲ - - -) e fundo (- - - ■ - - -), em Julho de 2005.

Figura 58 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (- - - ● - - -) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em julho de 2005.

Figura 59 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m⁻³), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em julho de 2005.

Figura 60 - Série temporal de a) séston total (mg l⁻¹), b) séston orgânico (mg l⁻¹), c) séston inorgânico (mg l⁻¹), d) biomassa/clorofila-a (mg m⁻³), e) clorofila b (mg m⁻³), f) clorofila c (mg m⁻³), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m⁻³), i) feopigmentos (mg m⁻³) e j) razão 480nm/665nm na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em julho de 2005.

Figura 61 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em agosto de 2005.

Figura 62 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em agosto de 2005. e fundo

Figura 63 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m⁻³), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em agosto de 2005.

Figura 64 - Série temporal de a) sólidos total (mg l⁻¹), b) sólidos orgânico (mg l⁻¹), c) sólidos inorgânico (mg l⁻¹), d) biomassa/clorofila-a (mg m⁻³), e) clorofila b (mg m⁻³), f) clorofila c (mg m⁻³), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m⁻³), i) feopigmentos (mg m⁻³) e j) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em agosto de 2005.

Figura 65 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em Outubro de 2005.

Figura 66 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em outubro de 2005.

Figura 67 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m⁻³), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em outubro de 2005.

Figura 68 - Série temporal de a) sétion total (mg l⁻¹), b) sétion orgânico (mg l⁻¹), c) sétion inorgânico (mg l⁻¹), d) biomassa/clorofila-a (mg m⁻³), e) clorofila c (mg m⁻³), f) clorofila-a ativa (%), g) carotenóides (mg m⁻³), h) feopigmentos (mg m⁻³) e i) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em outubro de 2005.

Figura 69 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de São Vicente (estação 2), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em Outubro de 2005.

Figura 70 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.

Figura 71 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m⁻³), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM) i) fosfato (μM) e j) razão N:P na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.

Figura 72 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) séston orgânico (mg l^{-1}), c) séston inorgânico (mg l^{-1}), d) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), e) clorofila b (mg m^{-3}), f) clorofila c (mg m^{-3}), g) clorofila-a ativa (%), h) carotenóides (mg m^{-3}), i) feopigmentos (mg m^{-3}) e j) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.

Figura 73 - Variação de corrente (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (---■---), em novembro de 2005.

Figura 74 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em novembro de 2005.

Figura 75 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m⁻³), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em novembro de 2005.

Figura 76 - Série temporal de a) séston total (mg l^{-1}), b) biomassa/clorofila-a (mg m^{-3}), c) clorofila c (mg m^{-3}), d) clorofila-a ativa (%), e) carotenóides (mg m^{-3}), f) feopigmentos (mg m^{-3}) e g) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em novembro de 2005.

Figura 77 - Variação de correntes (m s^{-1}) e altura de maré (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré (13h) na estação fixa realizada na desembocadura do canal de Santos (estação 5), em superfície (—●—), meia água (---▲---) e fundo (----■----), em dezembro de 2005.

Figura 78 - Evolução temporal da profundidade da zona eufótica (Zeu) (m) (---●---) em relação à profundidade local (m) (—●—) ao longo de um ciclo de maré na estação fixa realizada no canal de Santos (estação 5) em dezembro de 2005.

Figura 79 - Série temporal de a) temperatura (°C), b) salinidade, c) sigma-t (kg m⁻³), d) amônia (μM), e) nitrato (μM), f) nitrito (μM), g) nitrogênio inorgânico dissolvido (μM), h) silicato (μM), i) fosfato (μM) e j) razão N:P, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em dezembro de 2005.

Figura 80 - Série temporal de a) séston total (mg l⁻¹), b) séston orgânico (mg l⁻¹), c) séston inorgânico (mg l⁻¹), d) biomassa/clorofila-a (mg m⁻³), e) clorofila c (mg m⁻³), f) clorofila-a ativa (%), g) carotenóides (mg m⁻³), h) feopigmentos (mg m⁻³) e i) razão 480nm/665nm, na estação fixa do canal de Santos (estação 5) em dezembro de 2005.

Figura 81 - Valores temporais médios da componente u (m s^{-1}), obtidos através dos registros do ADCP no canal de Santos em: julho (—▲—), agosto (---◆---), outubro (----■----), novembro (—) e dezembro (—●—) de 2005.

Figura 82 - Valores temporais médios da componente u (m s^{-1}), obtidos através dos registros do ADCP no canal de São Vicente em: outubro (—●—) de 2005.

Figura 83 – Valores de transporte resultante de a) sal ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), b) nitrato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), c) amônia ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), d) nitrito ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), e) NID ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), f) fosfato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), g) silicato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e h) clorofila-a ativa ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), na estação fixa de Santos (estação 5) em julho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2005.

Figura 84 – Valores de transporte resultante de a) clorofila c ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), b) clorofila-a ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), c) feopigmentos ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), d) carotenóides ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), e) séston total ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), f) séston orgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e g) séston inorgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), na estação fixa de Santos (estação 5) em julho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2005.

Figura 85 - Valores de transporte resultante de a) sal ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), sêston total ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), sêston orgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e sêston inorgânico ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$), b) amônia ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), nitrato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), nitrito ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), NID ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), fosfato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e silicato ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e c) clorofila-a ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), clorofila-a ativa ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), clorofila c ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), feopigmentos ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e carotenóides ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1}$), na estação fixa de São Vicente (estação 2) em outubro de 2005.

ANEXO

	Novembro de 2004													
Taxa	# 1S	# 1F	# 2S	# 2F	# 3S	# 3F	# 4S	# 4F	# 5S	# 5F	# 6S	# 6F	# 7S	# 7F
Classe Bacillariophyceae														
Ordem Centrales														
Actinopterychus sp.							13174							
Cêntrica não identificada <20um	316176	79044	1053920	13174	1488662	197610	882658	790440	355698	342524	1119790	395220	7390614	1778490
Cêntrica não identificada >20um		26348	316176	52696			184436	79044	144914	39522	171262	79044	606004	144914
Cêntrica nanoplactônica														
Chaetoceros spp.	223958	158088	118566		882658				144914	329350	1014398		368872	
Chaetoceros curvisetus			92218							52696				
Corethron sp.			26348											
Coscinodiscus spp.		39522				13174		26348				13174		
Cyclotella spp.		26348				26348		26348		13174				
Dactyliosolen sp.	26348													
Guinardia spp.	26348		39522	13174	105392			52696	184436	65870				
Guinardia delicatula		26348				13174								
Guinardia flaccida	79044	184436												
Guinardia striata					105392									
Hemiaulus spp.						13174	26348				26348			13174
Leptocylindrus spp.	131740					158088								
Melosira spp.			79044											
Meuniera sp.														
Odontella sp.								13174						
Skeletonema spp.	26348		39522	52696	65870				26348	52696	197610			
Stephanopyxis spp.														
Thalassiosira spp.	13174		105392	52696	26348		197610	52696	606004	79044	368872		276654	92218
Triceratium sp.										13174				
Ordem Pennales														
Amphora sp.														
Asterionelopsis spp.														
Asterionelopsis kariana														
Cymbella spp.		26348			26348			39522						
Cylindrotheca spp.	26348	13174									52696		26348	
Diploneis sp.														
Fragillariopsis sp.		52696										52696		
Navicula spp.	105392	158088	26348	26348	65870	118566		65870	79044	105392	26348	79044		13174
Nitzschia spp.														
Nitzschia constricta		26348												
Penada não identificada <20		158088	39522	118566	289828	171262		250306	79044	26348		144914	65870	
Penada não identificada >20													52696	197610
Pleurosigma spp.		13174	13174				13174				13174			
Pseudonitzschia spp.	421568		118566		52696					223958	184436		144914	79044
Rhizosolenia spp.		26348	92218				26348	39522	52696	52696	26348			26348
Rhizosolenia robusta														
Thalassionema spp.		131740	92218	105392	92218	52696		52696			39522	52696	13174	39522
Total (cel/l)	1396444	1146138	2252754	434742	3201282	764092	1343748	1488662	1673098	1396444	3240804	816788	8945146	2384494
Classe Cyanophyceae														
Anabaena sp.														
Cianofíceas não identificadas				92218									26348	
Total (cel/l)	0	0	0	92218	0	0	0	0	0	0	0	0	26348	0
Classe Dynophyceae														
Ceratium sp.	13174					13174							13174	
Dinoflagelado não identificado	184436	92218	382046	65870	92218	197610	105392	52696	158088	65870	500612	144914	513786	13174
Gonyaulax sp.	13174													
Oxytoxum sp.	13174													
Peridinium sp.	13174													
Prorocentrum sp.	39522				13174		13174	13174	13174		13174			
Proto-peridinium sp.				13174										
Total (cel/l)	276654	92218	382046	79044	105392	210784	118566	65870	171262	65870	513786	144914	526960	13174
Classe Chlorophyceae														
Dictyosphaerium sp.	26348													
Classe Euglenophyta														
Euglenofíceas não identificadas													79044	
Classe Prasinophyta														
Prasinofíceas não identificadas		13174												
Classe Dictyochophyceae														
Silicoflagelado não identificado									13174					
Classe Haptophyceae														
Coccolitoforídeos não identificados	355698	210784	105392	65870	105392	355698	26348	144914	52696	65870		171262	26348	26348
Fitoflagelados não identificados	2463538	4610900	3952200	2213232	2424016	4426464	3398892	5862430	21289184	8220576	7654094	11843426	17784900	19787348
Células não identificadas	922180	303002	856310	158088	1119790	777266	974876	171262	447916	210784	1040746	408394	329350	289828
Outras células														
Tintínídeo não identificado														
Ciliado não identificado														
Mesodinium sp.														
Total (cel/l)	5440862	6376216	7548702	3043194	6955872	6534304	5862430	7733138	23647330	9959544	12449430	13384784	27718096	22501192

	Dezembro de 2004												
Taxa	# 1S	# 1F	# 2S	# 2F	# 3S	# 3F	# 4S	# 4F	# 5S	# 5F	# 6S	# 6F	# 7S
Classe Bacillariophyceae													
Ordem Centrales													
Actinoptychus sp.													
Cêntrica não identificada <20um	447916	342524	579656	1646750	118566	5427688	685048	1119790	1462314	2516234	7166656	5164208	447916
Cêntrica não identificada >20um	13174	13174		13174		13174							13174
Cêntrica nanoplanctônica							2068318			144914	540134	26348	
Chaetoceros spp.	26348	26348		52696	118566		39522						26348
Chaetoceros curvisetus													
Corethron sp.													
Coscinodiscus spp.													
Cyclotella spp.								13174					
Dactyliosolen sp.													
Guinardia spp.	105392		39522										105392
Guinardia delicatula													
Guinardia flaccida													
Guinardia striata													
Hemiaulus spp.													
Leptocylindrus spp.													
Melosira spp.	303002												303002
Meuniera sp.												26348	
Odontella sp.									39522				
Skeletonema spp.		26348	131740						79044	487438			
Stephanopyxis spp.							26348						
Thalassiosira spp.	250306				19761		750918	540134		13174	434742	52696	250306
Triceratium sp.													
Ordem Pennales													
Amphora sp.													
Asterionelopsis spp.							237132	13174					
Asterionelopsis kariana													
Cymbella spp.													
Cylindrotheca spp.					6587		52696	13174					
Diploneis sp.													
Fragillariopsis sp.													
Navicula spp.							52696	39522		13174	13174		
Nitzschia spp.		13174					13174				13174	13174	
Nitzschia constricta													
Penada não identificada <20		39522				13174	39522	52696			13174	13174	
Penada não identificada >20	197610	26348	13174	26348		39522	13174	52696	13174	13174	13174		197610
Pleurosigma spp.	13174						13174	13174					13174
Pseudonitzschia spp.	619178	39522	276654			131740	92218	65870					619178
Rhizosolenia spp.	13174	13174		13174		13174	118566			13174			13174
Rhizosolenia robusta							26348						
Thalassionema spp.	92218			171262			13174			26348		118566	92218
Total (cel/l)	2081492	540134	1040746	1923404	263480	5638472	4242028	1923404	1594054	3227630	8194228	5414514	2081492
Classe Cyanophyceae													
Anabaena sp.		118566											
Cianofíceia não identificada			26348										
Total (cel/l)	0	118566	26348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe Dynophyceae													
Ceratium sp.													
Dinoflagelado não identificado	237132	52696	26348	13174	52696	184436	171262	118566	79044	13174	223958		237132
Gonyaulax sp.													
Oxytoxum sp.													
Peridinium sp.	39522												39522
Prorocentrum sp.	39522											13174	39522
Protoperidinium sp.									13174				
Total (cel/l)	316176	52696	26348	13174	52696	184436	171262	118566	92218	13174	223958	13174	316176
Classe Chlorophyceae													
Dictyosphaerium sp.													
Classe Euglenophyta													
Euglenofíceia não identificada											52696		
Classe Prasinophyta													
Prasinofíceia não identificada													
Classe Dictyochophyceae													
Silicoflagelado não identificado													
Classe Haptophyceae													
Cocolitoforídeos não identificados	39522	13174				131740	118566	52696	26348		13174		39522
Fitoflagelados não identificados	11342814	12146428	6534304	10868550	3188108	13977614	12726084	18720254	6995394	5743864	18035206	6218128	11342814
Células não identificadas	368872	210784	526960	368872	98805	368872	382046	316176	342524	131740	223958	52696	368872
Outras células													
Tintinídeo não identificado						13174						26348	
Ciliado não identificado							13174						
Mesodinium sp.	13174												13174
Total (cel/l)	14162050	13081782	8154706	13174000	3603089	20314308	17653160	21131096	9050538	9116408	26743220	11724860	14162050

Taxa	Janeiro de 2005				Fevereiro de 2005				Março de 2005			Abril
	# 2S	# 4F	# 7S	# 7F	# 2S	# 2F	# 6F	# 7S	# 3S	# 6S	# 6F	# 5S
Classe Bacillariophyceae												
Ordem Centrales												
Actinocyclus sp.												
Cêntrica não identificada <20um	974876	197610	171262	13174	2015622	267869,3	1989274	434742	2252754	882658	250306	79044
Cêntrica não identificada >20um					39522	4391,3		13174	105392			
Cêntrica nanoplancônica	355698		92218	39522	1330574		329350		1449140		13174	39522
Chaetoceros spp.				13174	171262	43913	1409618	6863654	1659924	131740		
Chaetoceros curvisetus												
Corethron sp.												
Coscinodiscus spp.						4391,3						
Cyclotella spp.	13174											
Dactyliosolen sp.												
Guinardia spp.	13174					30739,1			223958		52696	
Guinardia delicatula												
Guinardia flaccida												
Guinardia striata					711396		171262		276654			
Hemiaulus spp.									52696			
Leptocylindrus spp.									250306			
Melosira spp.												
Meuniera sp.												
Odontella sp.	13174					13173,9						
Skeletonema spp.	26348				79044							
Stephanopyxis spp.												
Thalassiosira spp.						13173,9	65870		724570	434742	26438	
Triceratium sp.												
Ordem Pennales												
Amphora sp.												
Asterionelopsis spp.	118566											
Asterionelopsis kariana								52696				
Cymbella spp.												
Cylindrotheca spp.	13174						39522		13174			
Diploneis sp.												
Fragillariopsis sp.	26348											
Navicula spp.	118566		13174			52695,6	39522					13174
Nitzschia spp.												
Nitzschia constricta						4391,3						
Penada não identificada <20	263480	105392	13174	6587	250306	57086,9	105392		210784		26348	26348
Penada não identificada >20	65870		13174	6587			65870		105392	13174		13174
Pleurosigma spp.					13174	4391,3						
Pseudonitzschia spp.	65870				408394	17565,2	171262		553308			
Rhizosolenia spp.					26348		39522		13174			
Rhizosolenia robusta												
Thalassionema spp.	79044		13174			43913	92218					
Total (cel/l)	2147362	303002	316176	79044	5045642	557695,1	4518682	7364266	7891226	1462314	368962	171262
Classe Cyanophyceae												
Anabaena sp.												
Cianofíceas não identificadas												
Total (cel/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe Dynophyceae												
Ceratium sp.					13174				13174			
Dinoflagelado não identificado	92218	13174	65870	13174	223958	35130,4	39522		408394	79044	79044	39522
Gonyaulax sp.												
Oxytoxum sp.												
Peridinium sp.	13174											
Prorocentrum sp.					39522	4391,3	13174		26348			
Protoperidinium sp.												
Total (cel/l)	105392	13174	65870	13174	276654	39521,7	52696	0	447916	79044	79044	39522
Classe Chlorophyceae												
Dictyosphaerium sp.												
Classe Euglenophyta												
Euglenofíceas não identificadas	13174				39522							
Classe Prasinophyta												
Prasinofíceas não identificadas												
Classe Dictyochophyceae												
Silicoflagelado não identificado						13173,9	13174					
Classe Haptophyceae												
Coccolitofóridos não identificados	52696	13174			65870		39522		197610		26348	
Fitoflagelados não identificados	12818302	5440862	4742640	3240804	11211074	834347	12106906	8760710	17350158	5506732	5137860	6297172
Células não identificadas	276654	118566	342524	52696	276654	526956	671874	197610	1172486	158088	237132	92218
Outras células												
Tintinídeo não identificado												
Ciliado não identificado												
Mesodinium sp.												
Total (cel/l)	15413580	5888778	5467210	3385718	16915416	1971693,7	17402854	16322586	27059396	7206178	5849346	6600174

Taxa	Maio de 2005			Junho de 2005		Julho de 2005				Agosto de 2005			
	# 3S	# 6S	# 6F	# 2F	# 5S	# 2S	# 2F	# 5S	# 6F	# 2S	# 2F	# 5S	# 5F
Classe Bacillariophyceae													
Ordem Centrales													
Actinocyclus sp.													
Cêntrica não identificada <20um	513786	935354	790440	276654	144914	52696	92218	65870	355698	223958	52696	158088	52696
Cêntrica não identificada >20um	13174	26348	118566				13174		105392	13174	26348	26348	26348
Cêntrica nanoplancônica	79044	39522	92218				92218	13174					
Chaetoceros spp.	474264	105392	52696										
Chaetoceros curvisetus													
Corethron sp.													
Coscinodiscus spp.		13174	26348										
Cyclotella spp.	39522						13174						
Dactyliosolen sp.													
Guinardia spp.	513786	158088											
Guinardia delicatula													
Guinardia flaccida													
Guinardia striata													
Hemiaulus spp.					26348								
Leptocylindrus spp.			26348										
Melosira spp.													
Meuniera sp.													
Odontella sp.													
Skeletonema spp.											26348		
Stephanopyxis spp.													
Thalassiosira spp.													
Triceratium sp.													
Ordem Pennales													
Amphora sp.				13174									
Asterionelopsis spp.	39522	26348		79044									
Asterionelopsis kariana													
Cymbella spp.													
Cylindrotheca spp.													
Diploneis sp.			13174										
Fragillariopsis sp.		79044											
Navicula spp.			13174				26348		26348				
Nitzschia spp.	13174												
Nitzschia constricta													
Penada não identificada <20	65870	92218	316176	65870			92218	52696	79044	26348	39522		
Penada não identificada >20	92218	92218	250306			13174	52696		52696		26348	13174	52696
Pleurosigma spp.	13174		13174										
Pseudonitzschia spp.	118566	171262	566482										
Rhizosolenia spp.			13174										
Rhizosolenia robusta													
Thalassionema spp.		52696	184436				105392			92218	65870	26348	
Total (cel/l)	1976100	1791664	2476712	434742	171262	65870	487438	131740	619178	355698	237132	223958	131740
Classe Cyanophyceae													
Anabaena sp.													
Cianofíceia não identificada			105392	276654									
Total (cel/l)	0	0	105392	276654	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe Dynophyceae													
Ceratium sp.													
Dinoflagelado não identificado	26348	39522	39522	65870	26348	13174	52696	13174	79044	39522	39522	131740	39522
Gonyaulax sp.													
Oxytoxum sp.													
Peridinium sp.													
Prorocentrum sp.										13174			
Protoperidinium sp.													
Total (cel/l)	26348	39522	39522	65870	26348	13174	52696	13174	79044	52696	39522	131740	39522
Classe Chlorophyceae													
Dictyosphaerium sp.													
Classe Euglenophyta													
Euglenofíceia não identificada													
Classe Prasinophyta													
Prasinofíceia não identificada													
Classe Dictyochophyceae													
Silicoflagelado não identificado	13174			13174									
Classe Haptophyceae													
Coccolitofídeos não identificados	13174	39522	158088			13174	39522		26348			39522	
Fitoflagelados não identificados	5058816	12133254	11856600	6389390	6652870	22870064	8299620	9854152	9709238	8102010	8207402	5598950	5085164
Células não identificadas	474264	184436	553308	65870	0		144914	144914	329350	421568	65870	210784	210784
Outras células													
Tintinídeo não identificado													
Ciliado não identificado													
Mesodinium sp.													
Total (cel/l)	7561876	14188398	15189622	7245700	6850480	22962282	9024190	10143980	10763158	8931972	8549926	6204954	5467210

Taxa	Outubro de 2005				Dezembro de 2005			
	# 1S	# 2F	# 7S	# 7F	# 2S	# 2F	# 5F	# 6S
Classe Bacillariophyceae								
Ordem Centrales								
Actinocyclus sp.								
Cêntrica não identificada <20um	922180	619178	3952200	777266	1620402	540134	6317196,	553308
Cêntrica não identificada >20um	26348	52696	79044	26348	105392	26348	43869	39522
Cêntrica nanoplancônica								
Chaetoceros spp.		52696		13174				
Chaetoceros curvisetus								
Corethron sp.								
Coscinodiscus spp.		52696			79044	13174		
Cyclotella spp.		26348			26348			
Dactyliosolen sp.								
Guinardia spp.					65870		87738,84	
Guinardia delicatula								
Guinardia flaccida								
Guinardia striata								
Hemiaulus spp.				13174				
Leptocylindrus spp.		158088	210784		39522			
Melosira spp.								
Meuniera sp.								
Odontella sp.		26348			13174			
Skeletonema spp.		39522		171262		26348		
Stephanopyxis spp.								
Thalassiosira spp.	39522	26348	105392	26348	52696			
Triceratium sp.								
Ordem Pennales								
Amphora sp.		39522			39522			
Asterionellopsis spp.	26348	671874		92218	39522			
Asterionellopsis kariana								
Cymbella spp.								
Cylindrotheca spp.								
Diploneis sp.								
Fragillariopsis sp.		92218						
Navicula spp.	26348	52696	26348		92218	65870	307085	
Nitzschia spp.								
Nitzschia constricta		13174			65870		43869	
Penada não identificada <20	79044	342524		92218	263480	355698	614171	92218
Penada não identificada >20	92218	276654	52696	26348	210784	39522	175477	
Pleurosigma spp.								
Pseudonitzschia spp.					13174	65870		
Rhizosolenia spp.								
Rhizosolenia robusta								
Thalassionema spp.	197610	92218	131740		276654	223958	350995	
Total (cel/l)	1409618	2634800	4558204	1238356	3003672	1356922	7940405	685048
Classe Cyanophyceae								
Anabaena sp.								
Cianofíceas não identificadas								
Total (cel/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe Dynophyceae								
Ceratium sp.					13174			
Dinoflagelado não identificado	118566	79044	52696	92218	79044	92218	219347	52696
Gonyaulax sp.								
Oxytoxum sp.								
Peridinium sp.								
Prorocentrum sp.		13174						
Protoperdinium sp.								
Total (cel/l)	118566	92218	52696	92218	92218	92218	219347	52696
Classe Chlorophyceae								
Dictyosphaerium sp.								
Classe Euglenophyta								
Euglenofíceas não identificadas	13174							
Classe Prasinophyta								
Prasinofíceas não identificadas								
Classe Dictyochophyceae								
Silicoflagelado não identificado					26348			
Classe Haptophyceae								
Coccolitofóridos não identificados	13174	26348	52696		92218	26348	131608,26	26348
Fitoflagelados não identificados	11474554	12093732	12225472	4136636	13556046	7917574	28690600	6283998
Células não identificadas	724570	408394	1053920	540134	329350	237132	1272213	316176
Outras células								
Tintinídeo não identificado								
Ciliado não identificado								
Mesodinium sp.								
Total (cel/l)	13753656	15255492	17942988	6007344	17099852	9630194	38254174	8102010