

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
OCEANOGRAFIA**

**NUTRIENTES DISSOLVIDOS E BIOMASSA
PRIMÁRIA NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS BOTAFOGO
E CARRAPICHO-PE.**

ANTONIO AUGUSTO S. DE MELO



RECIFE

2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
OCEANOGRAFIA**

**NUTRIENTES DISSOLVIDOS E BIOMASSA
PRIMÁRIA NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS BOTAFOGO
E CARRAPICHO-PE.**

ANTONIO AUGUSTO S. DE MELO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Oceanografia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Manuel de Jesús Flores Montes.

CO-ORIENTADORA: Prof^a Dr^a. Kátia Muniz P. Costa

RECIFE

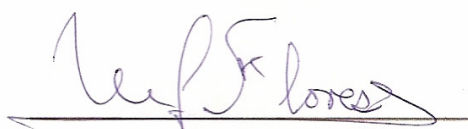
2007

ANTONIO AUGUSTO S. DE MELO

**NUTRIENTES DISSOLVIDOS E BIOMASSA PRIMÁRIA NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS
BOTAFOGO E CARRAPICHO-PE.**

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA EM: 14 de FEVEREIRO de 2007.

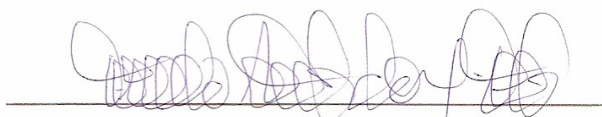
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manuel de Jesús Flores Montes

Orientador

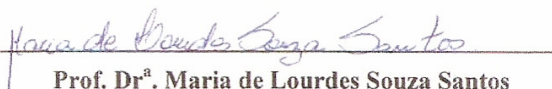
Departamento de Oceanografia da UFPE



Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa

Titular

Departamento de Oceanografia da UFPE



Prof. Dr.ª Maria de Lourdes Souza Santos

Titular

Departamento de Engenharia de Pesca da UFPA

Recife

2007

M528n Melo, Antonio Augusto Santana de

Nutrientes dissolvidos e biomassa primária nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho - PE / Antonio Augusto Santana de Melo. – Recife: O Autor, 2007.

93 f., il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2007.

Inclui referências bibliográficas e anexos.

1. Oceanografia. 2. Nutrientes Dissolvidos. 3. Biomassa Primária. 4. Canal de Santa Cruz. 5. Estuários. I. Título.

551.46 CDD (22.ed.)

UFPE/BCTG/2007-70

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à participação e colaboração de profissionais da Oceanografia e dos amigos. Agradeço de coração pela confiança, apoio, paciência.

- Agradeço primeiramente a Deus que é a força que nos conduz e nos dignifica, e que é o caminho a verdade e a vida;
- ao Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes, pela orientação, pelo conhecimento passado, paciência, apoio e amizade;
- a Prof^a Dr^a Kátia Muniz, pela valiosa co-orientação, apoio e incentivo;
- ao Prof. Dr. Silvio Macêdo, pelos valiosos ensinamentos e ajuda;
- Prof. Dr. Fernando Feitosa pelos dados cedidos e pela participação na avaliação deste trabalho;
- Prof. Dr^a. Maria de Lourdes Souza Santos pela participação na avaliação e pelo incentivo;
- a todos os professores do Departamento de Oceanografia da UFPE, que contribuíram para o meu crescimento científico;
- a Iara Lins e Keila Travassos pela amizade e companheirismo;
- A minha noiva Bruna pelo amor incondicional e pela força nos momentos mais difíceis, como também a toda sua família pelo apoio e amizade.
- a todos os meus colegas de turma pela amizade e os bons momentos;
- a todos os meus amigos da graduação que ainda se fazem presentes demonstrando companheirismo e amizade, em especial Rodolfo, Cleudson, Isaac, Amaro e Henrique;
- a toda minha família pela força e coragem passadas e em particular aos meus irmãos pelo apoio;
- em especial ao meu Pai e minha Mãe pelos bons ensinamentos e pelos exemplos de vida passados.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01. Mapa da área estudada, com indicativo das estações de coleta nos estuários poluído (p) e controle (c).	30
Figura 02. Índices de precipitação pluviométrica nos períodos chuvoso e seco.	32
Figura 03. Temperatura do ar (°C) nos períodos chuvoso e seco.	32
Figura 04. Variação da temperatura (°C) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	34
Figura 05. Variação da temperatura (°C) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	34
Figura 06. Variação da salinidade no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	36
Figura 07. Variação da salinidade no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	36
Figura 08. Variação das concentrações de oxigênio dissolvido (mL.L ⁻¹) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	38
Figura 09. Variação das concentrações de oxigênio dissolvido (mL.L ⁻¹) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	38
Figura 10. Variação do percentual de saturação do oxigênio dissolvido no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	40
Figura 11. Variação do percentual de saturação do oxigênio dissolvido no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	40
Figura 12. Variação da D.B.O. (mg.L ⁻¹) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	42
Figura 13. Variação da D.B.O. (mg.L ⁻¹) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	42
Figura 14. Variação do pH no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	44
Figura 15. Variação do pH no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	44
Figura 16. Variação das concentrações de amônia-N (μmol.L ⁻¹) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	46
Figura 17. Variação das concentrações de amônia-N (μmol.L ⁻¹) no rio	46

	Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	
Figura 18.	Variação das concentrações de nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	48
Figura 19.	Variação das concentrações de nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	48
Figura 20.	Variação das concentrações de nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	50
Figura 21.	Variação das concentrações de nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	50
Figura 22.	Variação das concentrações de fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	52
Figura 23.	Variação das concentrações de fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	52
Figura 24.	Variação das concentrações de silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	54
Figura 25.	Variação das concentrações de silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	54
Figura 26.	Variação das concentrações de clorofila- <i>a</i> (mg.m^{-3}) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	56
Figura 27.	Variação das concentrações de clorofila- <i>a</i> (mg.m^{-3}) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	56
Figura 28.	Variação das concentrações de nitrato-N, fosfato-P e clorofila- <i>a</i> no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	57
Figura 29.	Variação das concentrações de nitrato-N, fosfato-P e clorofila- <i>a</i> no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	57
Figura 30.	Análise dos Componentes Principais para o Rio Botafogo e Carrapicho nos dois períodos estudados.	59
Figura 31.	Gráfico dos escores nos dois primeiros fatores (Fator 1 e Fator 2), das estações no rio Botafogo e Carrapicho nos dois períodos estudados.	60

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1 Valores máximos e mínimos de Temperatura (°C) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	34
Tabela 2 Valores máximos e mínimos de Salinidade nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	37
Tabela 3 Concentrações máximas e mínimas de Oxigênio Dissolvido (ml.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	38
Tabela 4 Valores máximos e mínimos do Percentual de Saturação do O.D. nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	40
Tabela 5. Valores máximos e mínimos de D.B.O. (mg.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	42
Tabela 6. Valores máximos e mínimos do Potencial Hidrogeniônico nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	44
Tabela 7. Concentrações máximas e mínimas de Amônia-N (μmol.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	46
Tabela 8. Concentrações máximas e mínimas de Nitrito-N (μmol.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	48
Tabela 9. Concentrações máximas e mínimas de Nitrato-N (μmol.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	50
Tabela 10. Concentrações máximas e mínimas de Fosfato-P (μmol.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	52
Tabela 11. Concentrações máximas e mínimas de Silicato-Si (μmol.L ⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	54
Tabela 12. Concentrações máximas e mínimas de Clorofila - <i>a</i> (mg.m ⁻³) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.	56
Tabela 13. Fatores da análise dos componentes principais para o rio Botafogo e Carrapicho.	59

LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Dados Hidrológicos do período chuvoso (agosto/2003; junho/2004 e agosto/2004)	91
Anexo 2. Dados Hidrológicos do período seco (outubro/2003; janeiro/2004 e fevereiro/2004).	92
Anexo 3. Variação dos parâmetros hidrológicos no rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.	93
Anexo 4. Variação dos parâmetros hidrológicos no rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.	93

RESUMO

A preservação das áreas estuarinas foi um dos temas do programa Recursos Costeiros-RECOS (Instituto do Milênio), quando foi realizada uma ampla avaliação em diferentes regiões do Brasil, para determinar o nível de contaminação dos estuários pelas atividades antrópicas. Em Pernambuco foram escolhidos dois estuários, inseridos no complexo estuarino do Canal de Santa Cruz, situado a 50 km ao norte do Recife-PE. Foram realizadas análises hidrológicas, com o objetivo de determinar a amplitude das variações dos principais parâmetros físico e químicos da água (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, percentual de saturação de oxigênio, pH, nitrogênio amoniacal, nitrito-N, nitrato-N, fosfato-P, silicato-Si) e clorofila - a, em 4 estações pré-definidas, durante a maré vazante, num ciclo sazonal entre agosto/2003 e junho/2004, nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, denominados como impactado e controle, respectivamente. Os resultados de temperatura apresentaram um valor máximo de 31°C e mínimo de 27,20°C. Os valores de salinidade oscilaram desde o regime marinho ao mesoalino, apresentando sazonalidade com maiores valores no período seco. O oxigênio dissolvido (O.D.) variou entre 33,81% de saturação no rio Botafogo a 154,96% de saturação no rio Carrapicho, estando às águas do estuário do rio Carrapicho mais oxigenadas. A D.B.O. apresentou valores inferiores a 5 mg.L⁻¹ nos dois estuários, porém a maior demanda foi registrada no rio Botafogo indicando um maior aporte de matéria orgânica. Os nutrientes dissolvidos nitrogenados (amônia-N, nitrito-N e nitrato-N) apresentaram concentrações mais elevadas no estuário do rio Botafogo, principalmente no período de elevado fluxo fluvial, indicando a forte influência do material particulado e dissolvido. Os valores máximos registrados para a amônia-N e nitrito-N foram de 3,005 µmol.L⁻¹ e 0,610 µmol.L⁻¹ respectivamente, na estação P-2, enquanto que os valores do nitrato-N variaram entre 0,116 µmol.L⁻¹ (C-2) e 33,103 µmol.L⁻¹ (P-1). As variações de fosfato-P não apresentaram um ciclo sazonal definido, havendo um discreto aumento no período seco, e as concentrações foram mais elevadas no rio Botafogo, onde o máximo registrado foi de 0,818 µmol.L⁻¹ (P-1), enquanto no rio Carrapicho o máximo foi de 0,504 µmol.L⁻¹. Os teores de silicato-Si foram mais elevados no estuário do rio Botafogo, com valores máximo coincidindo com o período de maior precipitação pluviométrica (242,868 µmol.L⁻¹, P-1). Os teores de Clorofila - a foram mais elevados no período seco no rio Carrapicho, com máxima de 22,01 mg.m⁻³ em C-1, tendo relação direta com o aumento dos sais nutrientes neste período, no rio Botafogo foi registrado um máximo de 20,56 mg.m⁻³ em P-1. As concentrações de clorofila-a aumentaram no período seco, no rio Carrapicho, o que foi consequência dos aportes de nutrientes, pela diminuição da turbidez e pelo aumento da temperatura. No rio Botafogo os valores foram menores, tendo o nitrato-N como fator limitante, como indicado pela relação inversa deste parâmetro com a clorofila-a, na análise de componentes principais (ACP). Os valores dos parâmetros analisados apresentaram uma maior variação no estuário do rio Botafogo, em alguns momentos com valores bastante elevados, indicando uma influência dos despejos industriais e urbanos dentro da bacia deste rio, com grande diluição pelas águas marinhas costeiras, que mantiveram elevados os níveis de oxigenação das águas circulantes. No estuário do rio Carrapicho os níveis de saturação de oxigênio dissolvido foram elevados, com maiores valores de salinidade e menores concentrações dos nutrientes dissolvidos.

Palavras-Chave: Oceanografia, Nutrientes dissolvidos, Biomassa primária, Canal de Santa Cruz.

ABSTRACT

Estuarine water preservation was discussed in RECOS (Millennium Institute) program, when Brazilian regions were comprehensively evaluated to determine contamination levels caused by anthropogenic activities in estuaries. Two estuaries were selected from Canal de Santa Cruz area, 50km north of Recife, Pernambuco. Hydrologic analyses determined the variation amplitude in the main physical and chemical parameters (temperature, salinity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, oxygen saturation percent, pH, ammoniacal nitrogen, nitrite-N, nitrate-N, phosphate-P, silicate, material in suspension and chlorophyll-*a*) of the water, at 4 predefined stations, during ebb tide, in a seasonal cycle between August 2003 and August 2004, at estuaries of Botafogo and Carrapicho Rivers, named impacted and control respectively. Maximum and minimum temperatures were 31°C and 27.20°C. Salinity values oscillated from marine regime to mesoalin regime, presenting seasonality with higher values in the dry period. Dissolved Oxygen (D.O.) ranged from 33.81% saturation in Botafogo River to 154.96% saturation in Carrapicho River, the latter with more oxygenated water. B.O.D. values were under 5 mg.L⁻¹ in both estuaries, but the highest demand was in Botafogo River, indicating greater organic material amount. Nitrogenated dissolved nutrients (ammonia-N, nitrite-N and nitrate-N) presented higher concentrations in Botafogo River estuary, mainly during higher fluvial flow period, indicating strong particulate and dissolved material influence. Maximum values for ammonia-N and nitrite-N were 3.005 µmol.L⁻¹ and 0.610 µmol.L⁻¹ respectively (station P-2), while nitrate-N values ranged from 0.116 µmol.L⁻¹ (C-2) to 33.103 µmol.L⁻¹ (P-1). Phosphate-P variations did not present a defined seasonal cycle, with small increase in the dry period, but higher concentrations in Botafogo River: maximum value of 0.818 µmol.L⁻¹ (P-1), while Carrapicho River presented maximum value of 0.504 µmol.L⁻¹. Silicate-Si contents were higher in Botafogo River estuary, with maximum values coinciding with the rainiest period (242.868 µmol.L⁻¹, P-1). Chlorophyll-*a* values were higher in Carrapicho River dry period, maximum value of 22.01 mg.m⁻³ at C-1, with direct relation to increased nutrient salts in this period; Botafogo River presented the maximum value of 20.56 mg.m⁻³ at P-1. Chlorophyll-*a* concentrations increased in Carrapicho River dry period due to nutrient accumulations caused by reduced turbidity and increased temperature. Botafogo River presented lower values, with nitrate-N as the limit factor, as indicated by the reverse relation of this parameter with chlorophyll-*a*, in the analysis of principal components (PCA). The analyzed parameters presented a higher variation in Botafogo River estuary, in some parts with very high values, indicating industrial and urban waste influence on this river basin, with high dilution by coastal marine waters, which kept oxygenation levels high for circulating waters. Carrapicho River estuary presented elevated saturation levels of dissolved oxygen, with higher salinity values and lower concentrations of dissolved nutrients.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	ix
APÊNDICES	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVO GERAL	21
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2. DESCRIÇÃO DE ÁREA	22
2.1. CANAL DE SANTA CRUZ	22
2.2. RIO BOTAFOGO	24
2.3. RIO CARRAPICHO	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. PERÍODO DE COLETA	27
3.2. PARÂMETROS ABIÓTICOS	27
3.2.1. Climatologia	27
3.2.2. Profundidade local (m)	28
3.2.3. Temperatura da água (°C)	28
3.2.4. Salinidade	28
3.2.5. Oxigênio Dissolvido (ml.L⁻¹) e Percentual de Saturação	28
3.2.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹)	28
3.2.7. Potencial Hidrogeniônico (pH)	28
3.2.8. Nutrientes Dissolvidos	38
3.3. PARÂMETROS BIÓTICOS	29
3.3.1. Biomassa Primária	30
3.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	29
3.5. NORMATIZAÇÃO DO TEXTO	29
4. RESULTADOS	31
4.1. CLIMATOLOGIA	31

4.1.1.	Precipitação Pluviométrica (mm)	31
4.1.2.	Temperatura do Ar (°C)	31
4.2.	Hidrologia	33
4.2.1.	Temperatura (°C)	33
4.2.2.	Salinidade	35
4.2.3.	Oxigênio Dissolvido (ml.L⁻¹)	37
4.2.4.	Percentual de Saturação do Oxigênio Dissolvido	39
4.2.5.	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹)	41
4.2.6.	Potencial Hidrogeniônico (pH)	43
4.2.7.	Sais Nutrientes	45
4.2.7.1.	Amônia (NH₃ + NH₄⁺ - N)	45
4.2.7.2.	Nitrito (NO₂⁻ - N)	47
4.2.7.3.	Nitrato- (NO₃⁻ - N)	49
4.2.7.4.	Fosfato (PO₄⁻ - P)	51
4.2.7.5.	Silicato (SiO₂⁻ - Si)	53
4.3.	PARÂMETRO BIÓTICO	55
4.3.1.	Biomassa Primária (Clorofila <i>a</i>)	55
5.	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS	58
5.1.	Rio Botafogo e Carrapicho	58
5.2.	Análise dos Escores	60
5.	DISCUSSÃO	61
6.	CONCLUSÕES	80
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
8.	ANEXOS	91

1. INTRODUÇÃO

A Zona Costeira Brasileira é uma unidade territorial que se estende por 17 estados e acomoda mais de 400 municípios, distribuídos do norte equatorial ao sul temperado do País, cuja importância é objetivo do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

Definida como a faixa de transição entre o continente e o mar, a área costeira inclui alguns dos mais produtivos e valorizados habitat da biosfera, englobando estuários, lagoas, marismas e franjas de recifes de coral. Apresenta uma dinâmica natural bastante intensa, caracterizando um local com grande importância ambiental, cultural e comercial. Como a zona costeira é densamente povoada, a região sofre grandes problemas por modificações estruturais e deterioração ambiental (CLARK, 1996).

O crescimento populacional é um agravante, quando se considera a exploração e extração dos recursos naturais para manutenção da população, somado a isto, o Brasil, possui a maior parte da população residindo na região litorânea, trazendo grandes volumes dos complexos habitacionais, industriais e turísticos, o que aumenta a pressão antrópica sobre os ecossistemas costeiros, provocando elevado grau de poluição com devastação destes ecossistemas, colocando em risco a sobrevivência das populações naturais que deles dependem.

Os resíduos industriais, principalmente de instalações que se dedicam à produção de substâncias químicas, são constantemente lançados na zona costeira. Todos esses agentes químicos associados a substâncias de variadas espécies tais como, aqueles procedentes de esgotos domésticos que contaminam as águas estuarinas e costeiras, proporcionam um acentuado desequilíbrio das características físicas, químicas e biológicas incidindo sobre as atividades humanas e de lazer.

Um ecossistema costeiro muito importante, do ponto de vista ecológico, é o manguezal, que dá proteção e alimento a diversas espécies de organismos aquáticos e terrestres, como também, exerce importantes funções de natureza física, como a diminuição da energia das ondas nos locais onde se desenvolve.

Os ecossistemas estuarinos são reconhecidos pela grande produção de biomassa vegetal e animal e capacidade de suportar importantes pescarias por todo o mundo. Acredita-se que a manutenção do balanço e a alta produtividade destes ambientes estão diretamente relacionadas com os nutrientes, fornecidos por várias fontes, que conduzem à dinâmica da produção costeira, e repõem os nutrientes perdidos por morte, degradação ou transporte (FLORES-MONTES *et al.*, 1998). Kemp *et al.* (1982), relatam que estuários são fontes importantes de produção primária e são caracterizados por uma variabilidade na concentração dos nutrientes.

Os estuários são ambientes costeiros bastante complexos devido ao seu forte hidrodinamismo, sofrendo grandes alterações nos seus parâmetros hidrológicos e biológicos. Estes ambientes vêm sofrendo impactos diversos, tais como aterros, degradação e poluição, causando uma diminuição da biodiversidade e, conseqüentemente, de seus recursos alimentícios. Todos esses impactos causam grandes conseqüências tanto para a biota local como também para o ser humano (BASTOS, 2002).

Estes ambientes apresentam grande diversidade fisiográfica, bem como de padrão de mistura e condições hidrodinâmicas. A geomorfologia destas áreas associada com os regimes de maré e da descarga fluvial geram padrões de circulação distintos para cada estuário, podendo este atuar como filtros ou como exportador de matéria (orgânica e inorgânica) para a zona costeira adjacente (BRANCO, 2001).

As características hidrológicas dos ambientes estuarinos e costeiros são um dos principais condicionantes da flora e fauna ali existentes. Essas características refletem e respondem a fatores como ação dos ventos, marés, aportes de água doce do continente, lançamento de resíduos e esgotos e da batimetria e morfologia do local. Construções de barragens, aterros e obras de retificação de canais, influem em um ou mais daqueles fatores e normalmente resultam em modificações do regime salino e hidrodinâmico local (FLORES-MONTES, 1996).

Segundo Barbieri *et al.* (1991) *apud* Schultz *et al.* (2000) os estuários, como áreas de transição entre o ambiente continental e o marinho, apresentam variações abruptas nas condições ambientais, especialmente na salinidade, representando a principal via de entrada de nutrientes para os oceanos. Para Feitosa (1997), a salinidade interfere na distribuição e fisiologia dos organismos estuarinos atuando em certos casos como uma barreira ecológica, servindo como um indicador do encontro de diferentes corpos d'água e como marcador dos limites de um estuário.

Poucos sistemas sobre o planeta suportam os grandes estoques de peixes dos estuários e lagoas costeiras. Os altos níveis de produtividade e grandes disponibilidades de alimento em um ecossistema de ambientes heterogêneos têm feito dos sistemas estuarinos áreas de elevado trofismo para os peixes e, é aqui ou em suas áreas de influência, onde o homem obtém grandes quantidades de alimentos marinhos. Isto associado ao fato de que os estuários e lagoas costeiras têm uma importância considerável nas atividades humanas relacionadas ao turismo, transporte, navegação, o desenvolvimento costeiro e industrial, porém essencialmente a obtenção de energia e alimento de vários recursos pesqueiros (YAÑEZ-ARANCIBIA, 1985).

Em função do aumento da densidade populacional na zona costeira os estuários podem sofrer vários impactos com a entrada de efluentes domésticos, industriais ou agrícolas. Estas alterações podem afetar a carga de nutrientes com conseqüências que vão desde o aumento na produtividade primária (NIXON, 1992) até a eutrofização excessiva do meio (SPILLERE *et al.*, 2000).

A penetração da luz em águas estuarinas depende da transparência da água. A turbidez é provocada pelo fluxo e refluxo das marés e da mistura da coluna d'água, reduzindo a camada fótica, passando a ser um fator limitante para a produção algal (TUNDISI, 1970 e PERKINS, 1974).

De acordo com Passavante (1979), os mecanismos que regem a fertilidade das águas são numerosos e complexos, sendo necessária à implementação de novos trabalhos, a fim de conhecer melhor a interação de todos os fatores que poderiam inibir ou estimular a produção primária da região, com enormes conseqüências para o meio ambiente. O desenvolvimento adequado dessa extensa região, baseado em premissas de sustentabilidade e de integração sócio-econômica, constitui um desafio a ser enfrentado.

No entanto, considerando os grandes problemas ambientais presentes na costa brasileira, decorrentes, sobretudo, de obras inadequadas e ocupação desordenada (MMA, 1996), é fundamental que os estudos bioecológicos e levantamentos da biodiversidade sejam integrados de forma multi e interdisciplinar com os conhecimentos gerados em outros ramos da oceanografia, como a química, física e geologia, para desta forma obter um diagnóstico e uma relação de causa e efeito entre variações naturais da biodiversidade e as ações antrópicas.

Para Esteves *et. al.* (1990), os fatores que podem determinar modificações na dinâmica de um ecossistema aquático são de origem climatológicos, hidrológicos, biológicos ou a ação conjunta destes fatores. Por outro lado, o amplo e detalhado estudo ao longo do tempo e espaço, da fisiologia de um ambiente aquático, pode mostrar como agir e como aproveitar das condições que o meio pode proporcionar, sem alterar suas características e sem danificá-lo.

A manutenção do balanço ecológico e a alta produtividade em ambientes costeiros e marinhos está diretamente relacionada com os nutrientes fornecidos por várias fontes, incluindo trocas fluviais-estuarinas-costeiras, ressurgências, precipitação, fixação de nitrogênio, regeneração de nutrientes, e outras, menos importantes, para conduzir á dinâmica da produção costeira, que repõem esses nutrientes perdidos por morte ou degradação (FLINT, 1985).

Variações no regime meteorológico, características geomorfológicas regionais e os impactos antrópicos nas áreas costeiras, estabelecem, em conjunto, o regime hidrográfico particular de cada região e, conseqüentemente, as características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal de suas comunidades planctônicas (BRANDINI *et al.*, 1997).

O desenvolvimento do fitoplâncton depende diretamente da dinâmica e da qualidade da água. A principal fonte de impactos ambientais ao fitoplâncton é a poluição das águas, principalmente o aporte de matéria orgânica que altera o balanço de nutrientes. Esse desequilíbrio pode levar a eutrofização, favorecendo o crescimento de algumas espécies em detrimento de outras. O crescimento das cidades litorâneas e da demanda turística, o aumento das atividades portuárias, exploração de petróleo ao longo

da costa e a implantação de atividade de aquicultura aumentam o risco de poluição e eutrofização das águas costeiras.

Os altos níveis de produção primária, freqüentemente observados nos ecossistemas estuarinos, são associados diretamente ao grande suprimento de nutrientes inorgânicos dissolvidos, tanto de origem animal quanto antrópica (BOYNTON, *et. al.* 1982, ABREU *et. al.* 1995, KNOPPERS e KJERFVE, 1999).

Além dos nutrientes dissolvidos o manguezal possui grande quantidade de matéria orgânica. Segundo Jennerjahn e Ittekkot (1996), o sedimento do manguezal possui de três a quatro vezes mais matéria orgânica que o sedimento continental, sendo que a matéria orgânica é mais reativa no sedimento de manguezal. As folhas do mangue são responsáveis pela grande quantidade de matéria orgânica no manguezal. A decomposição das folhas aumenta a quantidade de proteínas e nitrogênio no sedimento, resultando em uma colonização de bactérias.

Para Braga (1999), o estudo da dinâmica dos sais nutrientes serve como um bom indicador das relações abióticas e bióticas que ocorrem em águas marinhas tropicais. Estudos sobre produção primária e biomassa fitoplanctônica em regiões costeiras e oceânicas vem aumentando no país, uma vez que os conhecimentos sobre produção primária dão uma visão geral sobre a relação trófica e o fluxo de energia.

Os componentes dissolvidos da água do mar são transportados de vários lugares por advecção e movem-se na água por difusão. As atividades biológicas que ocorrem na coluna d'água, bem como a migração vertical de organismos e os movimentos da matéria orgânica entre as camadas da coluna d'água, permitem observar a distribuição diferenciada de compostos biogeoquímicos na água (REDFIELD *et al.* 1963).

Esta entrada de nutrientes é intensificada em estuários situados em regiões de elevada concentração populacional, em função do aporte de efluentes domésticos e industriais e do escoamento urbano, além de efluentes agrícolas. O aumento da concentração de nutrientes nas águas estuarinas e costeiras provoca diversas modificações no meio, podendo produzir um aumento da produtividade (NIXON, 1992).

A capacidade de renovação das águas estuarinas e a assimilação de substâncias estranhas a ele, dependem de uma série de condições de natureza física, biológica, geológica e química que interagem entre si de forma complexa (MIRANDA, 1984).

A degradação das áreas estuarinas torna-se mais evidente e exige a implementação de estudos e planos de melhoria das condições ambientes que irão refletir, no futuro, na melhoria da qualidade de vidas das populações envolvidas na exploração destes ecossistemas.

O complexo estuarino do Canal de Santa Cruz pode ser considerado como um dos sistemas mais importantes do litoral do Estado de Pernambuco, como unidade ecológica de grande significado sócio-econômico, pela sua produtividade natural e biodiversidade. A existência de varias espécies marinhas e estuarinas deixa mais clara a importância do Canal de Santa Cruz como habitat, sua função exportadora de nutrientes inorgânicos e orgânicos vegetais, sua fauna variada que o torna um local com muitas possibilidades de alimentação, reprodução, maturação e proteção.

O Canal de Santa Cruz enfrenta graves problemas ambientais em função da ação antrópica, cargas de dejetos lançados pelas indústrias, poluição por esgotos domésticos, pesca criminosa realizada com bombas e a ocupação desordenada do solo, são os principais problemas desta área.

Vários trabalhos foram e vem sendo desenvolvidos neste complexo estuarino com a finalidade de monitoramento e melhoria das condições ambientais para que se possa explorar, porém de forma sustentável e não depredatória, tendo em conta a importância desta área para o litoral norte e para o estado de Pernambuco. Dentre estudos geológicos, físico-químico, biomassa fitoplânctônica, produtividade primária, zooplâncton, ictiologia e piscicultura, na área que compreende o canal de Santa Cruz, podemos citar: Kempf (1970); Lira (1975); Flores-Montes (1996, 1998); Macêdo (1973, 1974, 1978, 1982, 1990); Passavante (1979, 1984); Ezkinazi-Leça (1980, 1984); Lacerda (1994); Broce (1994); Cavalcanti (1976, 1981); Medeiros e Kjerfve (1993); Porto Neto (1996); Silva-Cunha (2001); Macêdo *et. al.* (2000); Schuler *et. al.* (2000); Vasconcelos Filho (1999); Paiva (2002).

O projeto “Recursos Costeiros-RECOS” do Instituto do Milênio, financiado pelo Governo Federal, teve como meta analisar a saúde das áreas costeiras e estuarinas de cinco Estados (Espírito Santo, Pará, Paraná, Pernambuco e Rio Grande do Sul), através de parâmetros ambientais de natureza física, química e biológica, que possibilitassem a comparação entre as diferentes "unidades de habitats" localizados nas distintas regiões da costa brasileira, com o objetivo de contribuir para o levantamento taxonômico e conservação da biodiversidade, manejo e uso sustentável dos recursos naturais destas regiões.

Para poder oferecer elementos que permitissem a solução dos conflitos derivados do uso da zona costeira, foi necessário à construção de um sistema de monitoramento integrado que fornecesse informações e conhecimentos requeridos para:

- Proteger as populações naturais e garantir sua sobrevivência, diminuindo o impacto das atividades humanas na região costeira;
- Gerenciar e restaurar sistemas costeiros saudáveis e seus recursos;
- Prever e mitigar os efeitos de eventos naturais catastróficos;
- Detectar mudanças nos sistemas costeiros, ligadas a fenômenos globais.

1.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as condições ambientais dos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, o primeiro representando um sistema poluído e outro não poluído ou de controle (Canal de Santa Cruz), a fim de diagnosticar os processos de alteração ambiental da qualidade da água e identificar prováveis variações espaciais e sazonais ocorridas no período do estudo na área estuarina dos rios, correlacionando os dados obtidos ao longo das diferentes estações de coleta e períodos do ano, a fim de se ter uma visão mais completa da dinâmica estuarina e estado trófico da área.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar os principais parâmetros hidrobiológicos (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, nutrientes dissolvidos e clorofila - *a*). Os resultados obtidos tiveram como objetivo avaliar e fornecer material para futuras tomadas de decisão na gestão ambiental, promovendo a conservação da biodiversidade costeira e a sustentabilidade das atividades econômicas que dependem dos recursos costeiros destas áreas.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA

2.1. CANAL DE SANTA CRUZ

O território pernambucano, localizado no nordeste do Brasil, possui uma forma estreita e alongada, e seu litoral, com 187 km é um dos menores dentro do território brasileiro.

A Ilha de Itamaracá ($7^{\circ}34'00''$, $7^{\circ}55'16''$ S e $34^{\circ}48'48''$, $34^{\circ}52'24''$ W) está situada a 50 km do Recife, capital do estado de Pernambuco, pela BR-101, na direção S-N.

Esta região é caracterizada por ter um clima tropical do tipo Am', no sistema de Koeppen, com transição para As', à medida que se distância da costa. A taxa de evaporação é inferior à de precipitação, havendo um balanço anual positivo. A temperatura do ar apresenta máxima absoluta de 34°C e mínima de 20°C , com uma compensação média de 27°C (FLORES MONTES, 1996).

O Canal de Santa Cruz, que separa a ilha de Itamaracá da costa, possui uma extensão de 22 km, e larguras variáveis de 0,6 a 1,5 km. Toda a área é muito rasa, com profundidades variando, na baixa-mar, em torno dos 4-5m, e muitas vezes inferior a 2 m (FLORES MONTES, 1996).

Este canal se comunica ao norte com o mar pela Barra Catuama, e ao sul, pela Barra Orange, podendo a profundidade atingir nestes locais até 10 m ou mais, sendo as partes mais sensíveis à ação das marés, que são do tipo semidiurnas.

O Canal de Santa Cruz, bordeia a Ilha de Itamaracá e recebe a descarga de 6 pequenos rios: Catuama, Carrapicho, Arataca, Botafogo, Congo, Paripe e Igarassú. A descarga fluvial desses rios, seguida da interação não-linear das marés com a morfobatimetria do canal, são os dois principais processos que governam a circulação residual ao longo do canal de Santa Cruz (MEDEIROS & KJERFVE, 1993). Lira (1975), relata quanto a batimetria, a divisão do canal em ramo norte e sul. Na parte da Cidade de Itapissuma, ocorre dois padrões morfológicos distintos. O lado norte caracteriza-se por uma topografia mais diversificada, com trechos extremamente planos e pouco profundos, e locais morfologicamente acidentados. Na parte sul, a morfologia é suave e mais simples.

A contribuição por outros mecanismos tais como correntes induzidas pelos ventos e as variações de níveis nas entradas do canal, devido ao forçante meteorológico é localmente pequena. A circulação residual pode assim ser vista como o campo residual das velocidades, uma vez que as correntes de marés tenham sido removidas.

Embora essas correntes tenham uma ordem de magnitude inferior à das correntes das marés, elas desempenham importante papel no transporte de larvas, nutrientes e outros materiais para o estuário e deste para a área costeira (DRONKERS & ZIMMERMAN, 1982).

O regime salino das águas do canal sofre modificações ao longo do ano, em resposta às condições meteorológicas locais, segundo Macêdo *et al.* (1973), e diminuindo em direção às áreas mais interiores. A salinidade oscila entre o regime eualino, no período seco, e regimes mesoalino e polialino, durante a estação chuvosa.

Medeiros (1991) enquadra o sistema Itamaracá no tipo estuário-lagoa (tipo-1), seguindo critério da classificação dinâmica para estuários, desenvolvida por Hansen & Rattray (1966), o qual se caracteriza por apresentar um fluxo líquido das águas dirigidas para o mar (da superfície ao fundo) e um transporte de sais predominantemente à montante, dominado por processos difusivos. No período chuvoso se aproximou do subtipo 1a (moderada estratificação), enquanto que no período de estiagem do subtipo 1b (bem misturado).

Os sedimentos que cobrem o fundo do canal e das áreas costeiras adjacentes se distribuem granulometricamente em função da hidrodinâmica local, com teores de carbonato de cálcio, nitrogênio orgânico, fósforo, carbonato orgânico e matéria orgânica total variáveis, ligados às características como descarga sólida dos rios e movimento das águas, produtividade orgânica, condições de substrato, iluminação e outras características ambientais. Podendo os nutrientes, serem liberados pelo sedimento do fundo ou provenientes da drenagem terrestre, através dos rios que deságuam na região (LIRA, 1975).

O presente trabalho localizou-se em dois rios que deságuam no Canal de Santa Cruz, o rio Botafogo e Carrapicho, sendo definidos como poluído e controle respectivamente.

2.2. RIO BOTAFOGO

O rio Botafogo nasce no município de Araçoiaba, a oeste da cidade homônima, com o nome de Catucá. Segue na direção sudeste no trecho entre a nascente e a Barragem do rio Botafogo, desenvolvendo a maior parte desse percurso em terrenos do Embasamento Cristalino. A jusante desse reservatório toma a direção nordeste na qual se mantém até a desembocadura no Canal de Santa Cruz. Nesse trecho, apresenta várzea relativamente larga, ladeada por sedimentos da Formação Barreiras, até as proximidades do estuário, onde aquela formação cede lugar ao arenito Beberibe.

Pela margem esquerda, o Botafogo tem como principais afluentes o riacho Caiana que deságua a montante da barragem e os rios Pilão e Cumbé que o encontram no trecho entre a barragem e a Usina São José. Pela margem direita, destacam-se como afluentes mais extensos o riacho do Gil, que deságua próximo à Vila Araripe e o rio Itapicuru que conflui a jusante da Vila Botafogo (CPRH, 2004).

A carga de poluentes da bacia é bastante elevada e provém não só dos núcleos populacionais, dotados de sistemas precários de coleta dos resíduos domésticos, mas, sobretudo, das atividades agrícolas e das indústrias, ali, localizadas. A atividade agrícola de maior potencial poluidor dos recursos hídricos da área é a cana-de-açúcar, praticada em toda a bacia, seguindo-se a atividade industrial desenvolvida à margem do rio Botafogo, no trecho a oeste da BR-101, onde estão quatro indústrias químicas, uma indústria de produtos de matérias plásticas e uma usina de açúcar e álcool. O efeito, sobretudo, do cloro utilizado por algumas dessas indústrias tem trazido problemas para as populações que praticam a pesca no rio Botafogo ou vivem da agricultura e da extração de areia nas margens desse rio, no trecho compreendido entre a BR-101 e o Canal de Santa Cruz. A área estuarina estende-se da BR-101 até o Canal de Santa Cruz e tem largura máxima de 1km. É constituída de mangues e alagados que abrigam uma fauna, hoje, reduzida (CPRH, 2004).

Municípios de abrangência do rio Botafogo:

Araçoiaba, Tracunhaém (parte), Igarassu (parte), Itaquitinga (parte), Goiana (parte).

➤ **Constituintes principais:**

Recebe como principais afluentes pela margem esquerda, o Riacho Pilão, Rio Cumbe, Rio Guandú, Riacho Jardim, Rio Itapirema, Rio Arataca; e pela margem direita, o Rio Itapicuru e o Rio Catucá.

➤ **Áreas de proteção:**

Mata da Usina São José e Mata de Miritiba.

➤ **Uso do solo:**

Ocupação urbana e industrial.

Áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Áreas de Mata Atlântica e Mangue.

Policultura, Aquicultura e Silvicultura.

➤ **Uso da água:**

Abastecimento público.

Recepção de efluentes domésticos.

Recepção de efluente industrial.

➤ **Atividades industriais na bacia:**

Química e sucroalcooleira.

2.3. RIO CARRAPICHO

O rio Carrapicho pertence à bacia do rio Itapessoca, que esta localizada na porção sul-oriental do município de Goiana, com uma área total de 12. 584,06 ha, o que representa 9,2% da superfície do Litoral Norte e 25,3% do município de Goiana. Limita-se, ao norte, com a bacia do rio Goiana; ao sul, com a bacia dos rios Botafogo-Arataca e com o Canal de Santa Cruz; a oeste, com a sub-bacia do Botafogo; e, a leste, com as microbacias da vertente atlântica.

As atividades predominantes na bacia são as culturas da cana-de-açúcar, do coco e de outras fruteiras, a avicultura, a exploração de areia, no baixo vale do rio Sirigi bem como a extração de calcário para produção de cimento (na Ilha de Itapessoca) e de cal (no Engenho Megaó de Cima, em Tejucupapo).

A esses problemas, acresce-se o da falta de recuperação das áreas degradadas pela extração mineral, contribuindo para o assoreamento dos rios e do próprio estuário. A área estuarina do rio Itapessoca totaliza cerca de 3.998 hectares e abriga flora e fauna variadas, constituindo, juntamente com a área estuarina do rio Goiana-Megaó, importante fonte de sustento das comunidades urbanas e rurais circunvizinhas. Vale ressaltar que, recentemente, o manguezal da área vem sendo pressionado, do lado do continente (em Tejucopapo e Catuama), com vistas à instalação de empreendimentos de carcinicultura, o que pode alterar de forma significativa às características desse ecossistema (CPRH, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Período de Coleta

Foram realizadas coletas bimestrais entre os meses de agosto/2003 e agosto/2004, correspondendo a um ciclo anual. Foram estabelecidas 4 estações fixas nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, sendo considerado o primeiro como poluído e o segundo como controle, durante a maré vazante na camada superficial, através de garrafa oceanográfica de Niskin, coletadas em frascos adequados, fixadas ou preservadas segundo as indicações de cada método de análise (Figura 01).

As amostras foram transportadas e processadas no laboratório de Oceanografia Química do Departamento de Oceanografia da UFPE, e as de clorofila - *a* no Laboratório de Produtividade Primária do mesmo departamento.

a. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETAS

As estações foram dispostas da parte interna dos rios para a foz.

Controle		Latitude	Longitude	Poluído		Latitude	Longitude
C1		-7,6271	-34,8793	P1		-7,7174	-34,8937
C2		-7,6473	-34,8687	P2		-7,7131	-34,8813
C3		-7,6675	-34,8632	P3		-7,7098	-34,8756
C4		-7,6817	-34,8491	P4		-7,7107	-34,8653

3.2. PARÂMETROS ABIÓTICOS

3.2.1. Climatologia

Os dados climatológicos (precipitação pluviométrica e temperatura do ar), foram referentes ao período de agosto de 2003 a agosto de 2004, colhidos pela Estação Meteorológica do Curado (08°03'00" S e 034°57'00" W), e fornecidos pelo Ministério da Agricultura - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - 3º Distrito de Meteorologia (3º DISME), Seção de Observação e Meteorologia Aplicada (SEOMA) - Recife.

3.2.2. Profundidade local (m)

A profundidade local foi aferida *in situ* por meio de ecossonda manual.

3.2.3. Temperatura da água (°C)

Os dados relativos à temperatura da água foram registrados *in situ* através de um termômetro comum com escala de -10 a 60°C.

3.2.4. Salinidade

Para determinação da salinidade foi empregado o método indireto de Morh-Knudsen, descrito por Strickland e Parsons (1972).

3.2.5. Oxigênio dissolvido (ml.L⁻¹) e taxa de saturação (%)

Para determinação do teor de oxigênio dissolvido, foram coletadas amostras de água utilizando-se frascos especiais tipo âmbar, por meio de garrafa oceanográfica de Niskin. As amostras foram fixadas em campo para posterior análise em laboratório. A determinação do oxigênio dissolvido na água seguiu a metodologia de Winkler, modificada. Para o cálculo da taxa de saturação do oxigênio, foi aplicada a correlação entre a temperatura e a salinidade da água, de acordo com a tabela-padrão da International Oceanographic Tables (UNESCO, 1973).

3.2.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹)

Para a D.B.O. as amostras foram coletas em frascos idênticos aos usados para oxigênio dissolvido e armazenadas em estufa a 20°C por um período de 5 dias. Após este período de incubação foram analisadas segundo metodologia de Winkler modificada.

3.2.7. Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico foi determinado com um potenciômetro de bancada Hanna, utilizando-se as mesmas amostras coletadas para determinação da concentração dos sais nutrientes dissolvidos na água.

3.2.8. Nutrientes dissolvidos

As amostras para determinação dos sais nutrientes foram coletadas na superfície da água, utilizando-se a garrafa de Niskin e armazenadas em garrafas plásticas e resfriadas no gelo ainda a bordo. Para a determinação dos principais nutrientes inorgânicos dissolvidos na água (nitrito NO₂⁻-N; nitrato NO₃⁻-N e fosfato PO₄⁻-P) foram

empregadas às técnicas descritas por Strickland e Parsons (1972) e, para nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$) e o silicato ($\text{SiO}_2 - \text{Si}$), as descritas por GRASHOFF et. al. (1983).

3.3. PARÂMETROS BIÓTICOS

3.3.1. Biomassa Primária

Para análise da biomassa primária, foram coletadas amostras de água na superfície, através de garrafa oceanográfica de Niskin. As amostras foram armazenadas em garrafas plásticas, protegidas do sol e calor até o momento da filtração.

O método para a determinação da clorofila - *a* foi o da análise espectrofotométrica da Unesco (1966).

3.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Para o tratamento estatístico foram utilizados métodos de análise descritiva e Análise dos componentes Principais. Os dados obtidos estão apresentados em tabelas e gráficos, usando-se programas computacionais, tais como Excel®, e Statistica® 6.0.

3.5. NORMATIZAÇÃO DO TEXTO

Para normatização do texto, das citações e referências bibliográficas, foram empregadas as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1989a, 1989b, 2000, 2001a, 2001b).

As tabelas foram elaboradas de acordo com as recomendações da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FUNDAÇÃO IBGE, 1993).

Para os gráficos, foram seguidas as recomendações do Conselho Nacional de Estatística (BRASIL, 1963).

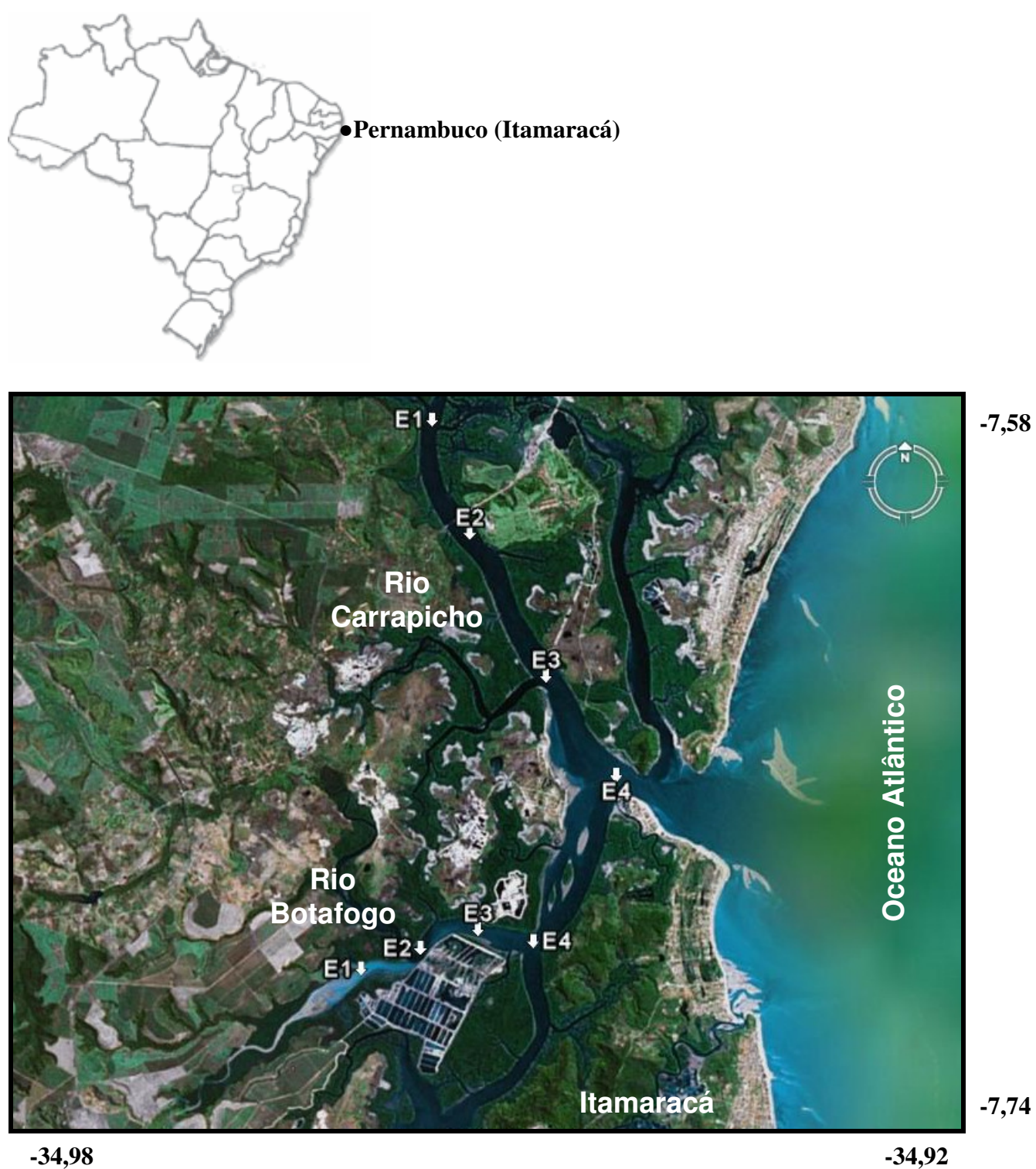


Figura 01: Mapa da área estudada, com indicativo das estações de coleta nos estuários poluído (p) e controle (c).

4. RESULTADOS

4.1.Climatologia

4.1.1. Precipitação pluviométrica (mm)

A precipitação pluviométrica total registrada para o período de agosto de 2003 a agosto de 2004 na estação CURADO-Recife foi de 1208 mm. O maior valor foi registrado no mês de junho de 2004 com 537,3 mm (Figura 02).

No período de estiagem foi registrado um volume de máximo de 226 mm em fevereiro de 2004, valor atípico para este período quando os valores oscilam próximos aos 50.

4.1.2. Temperatura do ar (°C)

A temperatura do ar no período de maior precipitação oscilou 23,9 °C em agosto de 2004 e 24,4 °C em junho de 2004, coincidindo com a maior precipitação pluviométrica (Figura 03).

No período de estiagem o maior valor foi registrado no mês de dezembro de 2003 (27,3 °C).

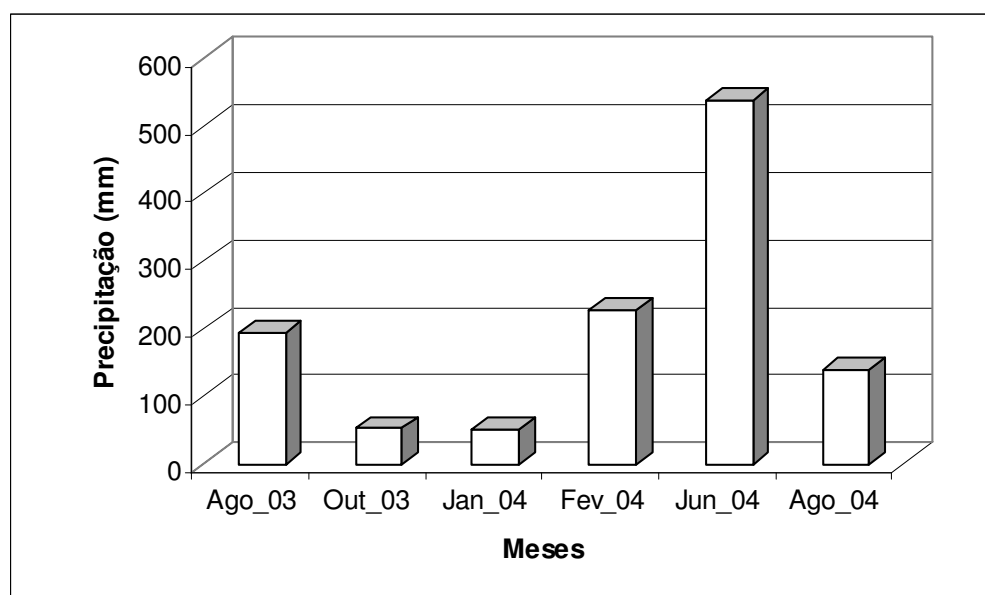


Figura 02: Índices de precipitação pluviométrica nos períodos chuvoso e seco.

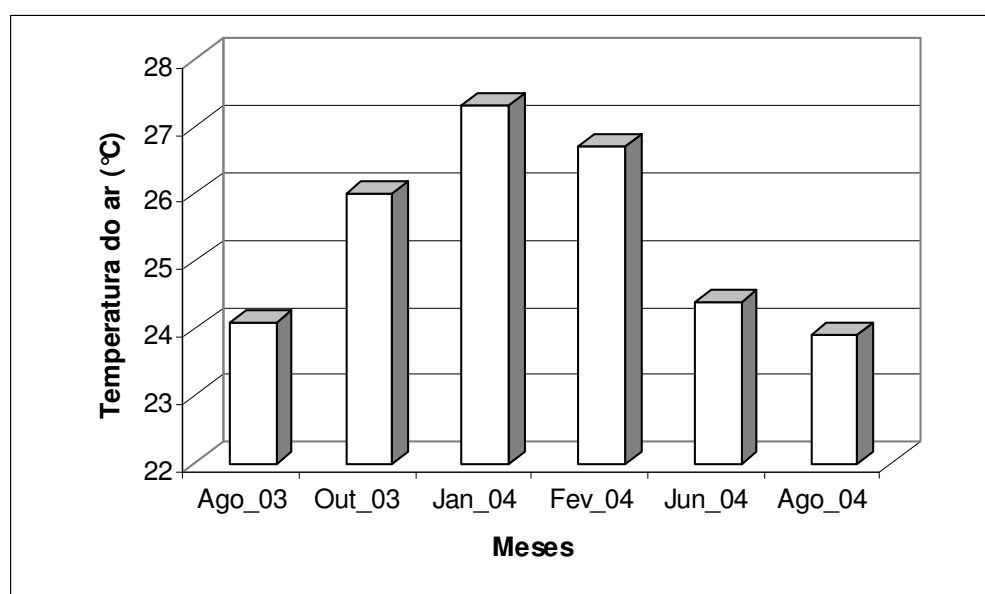


Figura 03: Temperatura do ar (°C) nos períodos chuvoso e seco.

4.2. Hidrologia

4.2.1. Temperatura (°C)

No rio Botafogo, o período chuvoso teve máxima temperatura de 29,40°C na estação 1 no mês de agosto/2004 e mínima de 27,60°C também na estação 1, no mês de junho/2004. No período seco a máxima foi de 30,10°C na estação 4 em fevereiro/2004 e na estação 1 em outubro/2003, e mínima de 28,20°C, na estação 1, no mês de janeiro/2004 (Figura 06). A média para o período de maior precipitação foi 28,45 °C, enquanto que no período de estiagem foi de 29,30 °C (Tabela 1).

No rio Carrapicho a máxima no período chuvoso chegou a 28,9°C na estação 1 em junho/2004 e mínima de 27,20°C também estação 1, no mês de agosto/2004. No período seco a máxima foi de 31°C na estação 1 no mês de outubro/2003 e mínima de 28°C nas estações 3 e 4 no mês de outubro/2003 (Figura 07). O valor médio registrado no período chuvoso foi de 27,92 °C e no período seco foi de 29,62°C.

Foi observado que no período chuvoso a máxima temperatura foi registrada no rio Botafogo e a mínima no rio Carrapicho. Em relação ao período seco a máxima e mínima foram observadas no rio Carrapicho. No rio Botafogo houve um aumento espacial da temperatura em direção a estação 4 nos meses de agosto/2003 e junho/2004. No rio Carrapicho não foi registrado um padrão definido de variação.

Tabela 1. Valores máximos e mínimos de Temperatura (°C) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
R. Botafogo	29,40	27,60	28,45	30,10	28,20	29,30
R. Carrapicho	28,90	27,20	27,92	31	28	29,62

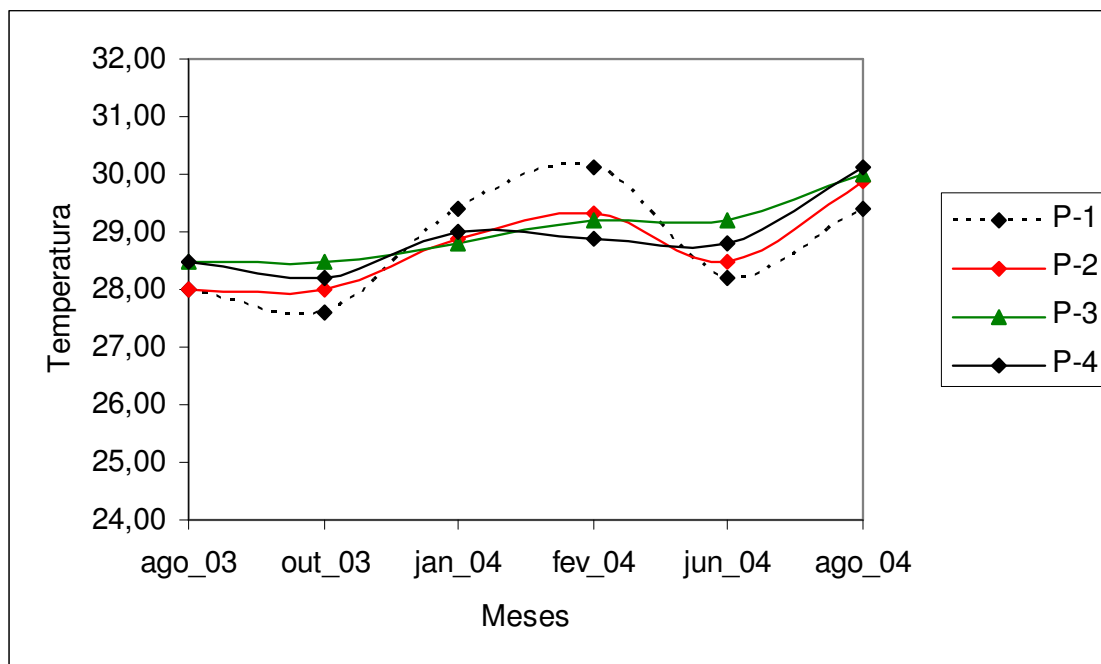


Figura 04: Variação da temperatura (°C) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

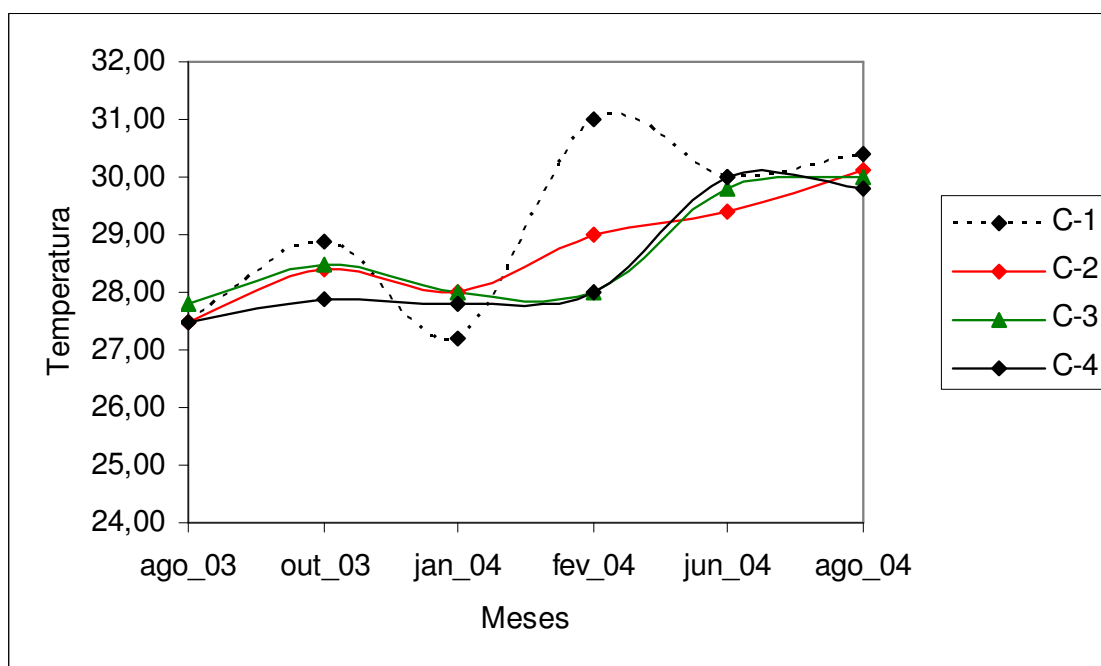


Figura 05: Variação da temperatura (°C) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.2. Salinidade

No rio Botafogo o período chuvoso apresentou uma máxima salinidade de 26,65 na estação 4 no mês de agosto/2004 e mínima de 8,08 na estação 1 em junho/2004. No período seco a máxima foi de 28,61, na estação 4 em janeiro/2004 e mínima de 8,34 na estação 1 em fevereiro/2004 (Figura 08). Os valores de médio do período chuvoso e seco foram 22,72 °C e 20,84 °C respectivamente (Tabela 2).

No rio Carrapicho, a máxima no período chuvoso foi de 31,49 na estação 4 em junho/2004 e mínima de 24,76 na estação 1 no mesmo mês. No período seco a máxima estava em 35,03 nas estações 2, 3 e 4 no mês de janeiro/2004 e mínima de 20,73 na estação 1 em fevereiro/2004 (Figura 09). A média da estação chuvosa foi de 28,79 e na estação seco foi de 30,38, valores superiores aos registrados no rio Botafogo.

Nos dois rios a salinidade aumentou da parte interna para a foz, o que é justificável pela maior influência marinha nesta direção. Porém verificou-se que no período chuvoso a máxima foi no rio Carrapicho e a mínima no rio Botafogo, este mesmo padrão foi registrado no período seco, evidenciando-se uma maior influência marinha no rio Carrapicho.

Tabela 2. Valores máximos e mínimos de Salinidade nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
R. Botafogo	26,65	8,07	22,72	28,61	8,34	20,84
R. Carrapicho	31,49	24,76	28,79	35,03	20,73	30,38

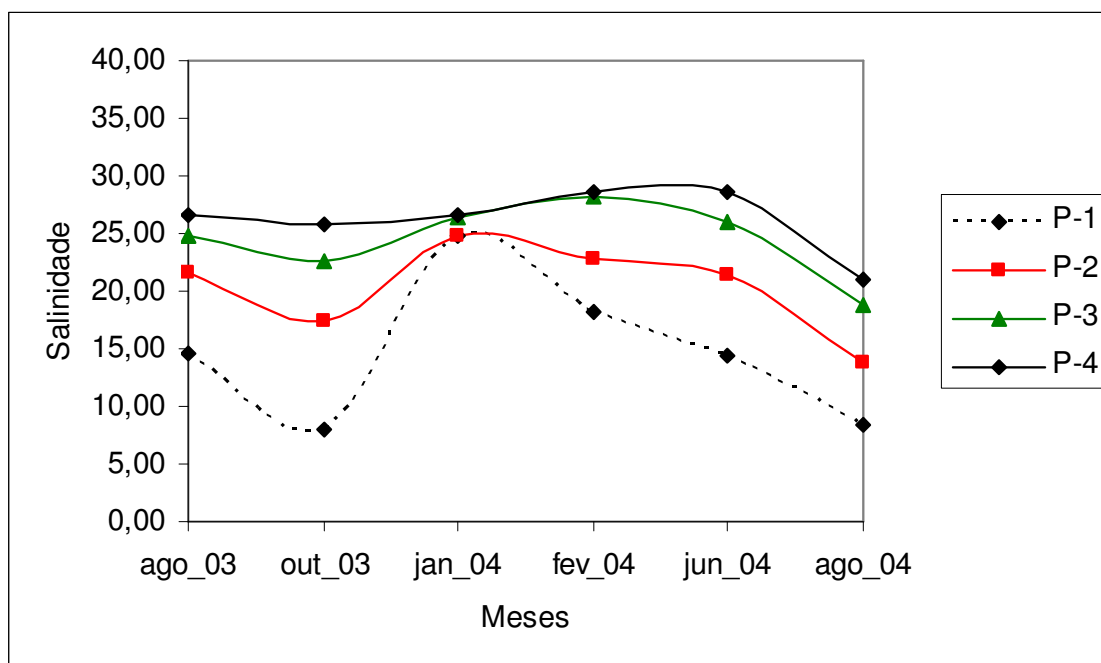


Figura 06: Variação da salinidade no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

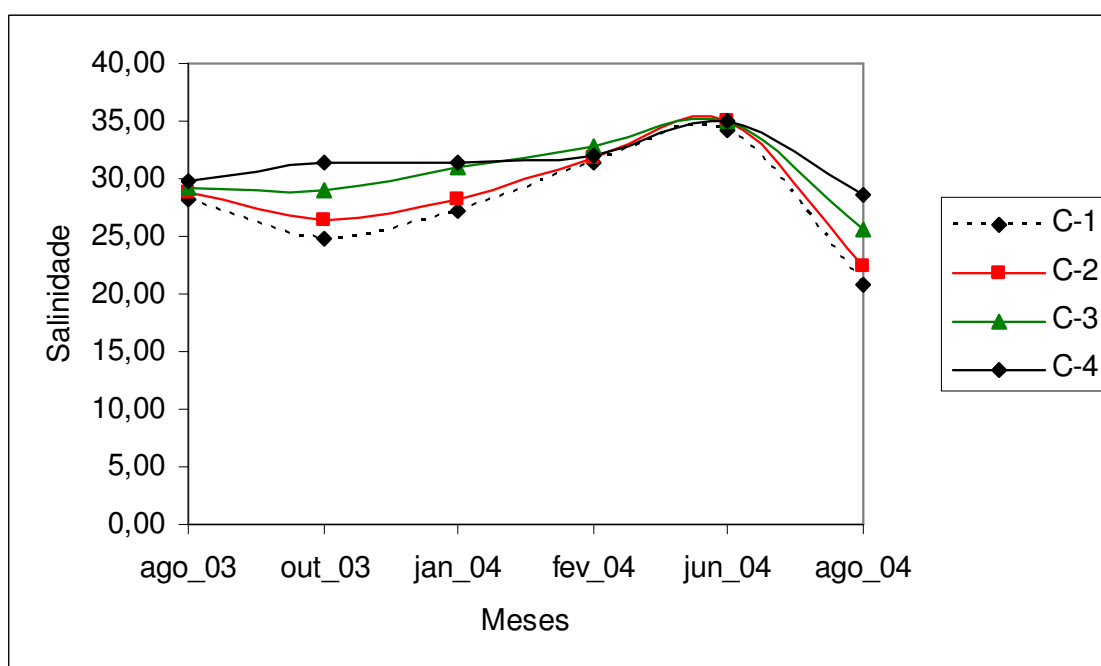


Figura 07: Variação da salinidade no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.3. Oxigênio Dissolvido (O.D)

No período chuvoso o rio Botafogo apresentou uma concentração máxima de 6,03 ml.L^{-1} na estação 4 em agosto/2003 e mínima de 3,82 ml.L^{-1} na estação 2 em junho/2004. No período seco teve máxima de 4,36 ml.L^{-1} na esta 1 em outubro/2003 e mínima de 1,70 ml.L^{-1} também na estação 1 porém no mês de janeiro/2004 (Figura 10). O O.D. teve média de 5,05 ml.L^{-1} no período maior precipitação e 3,21 ml.L^{-1} no período de menor precipitação (Tabela 9).

O rio Carrapicho, no período chuvoso, a máxima foi de 5,94 ml.L^{-1} na estação 4 no mês de agosto/2003 e mínima de 4,49 ml.L^{-1} na estação 2 em agosto/2004. No período seco a máxima foi de 6,77 ml.L^{-1} na estação 1 em outubro/2003 e mínima de 3,61 ml.L^{-1} na estação 2 em janeiro/2004 (Figura 11). A média para o período chuvoso foi de 5,07 ml.L^{-1} e 4,69 ml.L^{-1} para o período seco, valores superiores ao observados no rio Botafogo.

Nos dois períodos estudados as águas do rio Carrapicho apresentaram valores mais elevados de oxigênio dissolvido, sendo registrados as maiores concentrações no período chuvoso nos dois rios. No rio Botafogo no período chuvoso as concentrações aumentaram em direção a estação 4 nos meses de agosto/2003 e junho/2004. No período seco não houve um padrão de variação entre os meses analisados. No rio Carrapicho o período chuvoso apresentou um gradiente crescente em direção a foz, em relação ao período seco os valores aumentaram em direção a foz nos meses de outubro/2003 e janeiro/2004.

Tabela 3. Concentrações máximas e mínimas de Oxigênio Dissolvido (ml.L^{-1}) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	6,03	3,82	5,05	4,36	1,70	3,21
R. Carrapicho	5,94	4,49	5,07	6,77	3,61	4,69

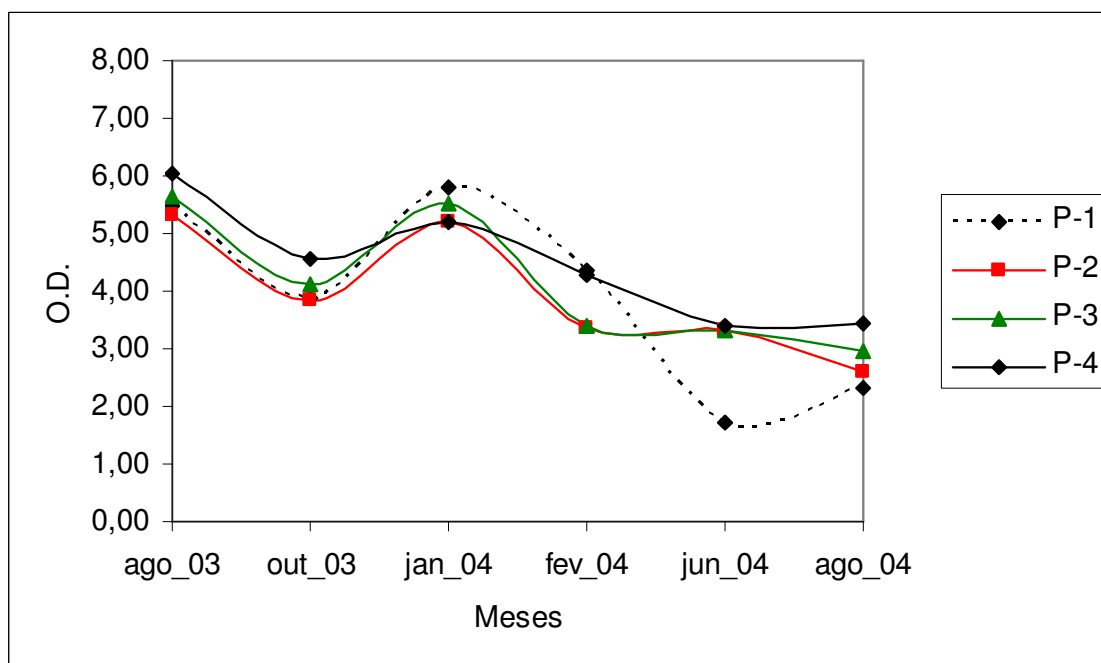


Figura 08: Variação das concentrações de oxigênio dissolvido (ml.L^{-1}) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

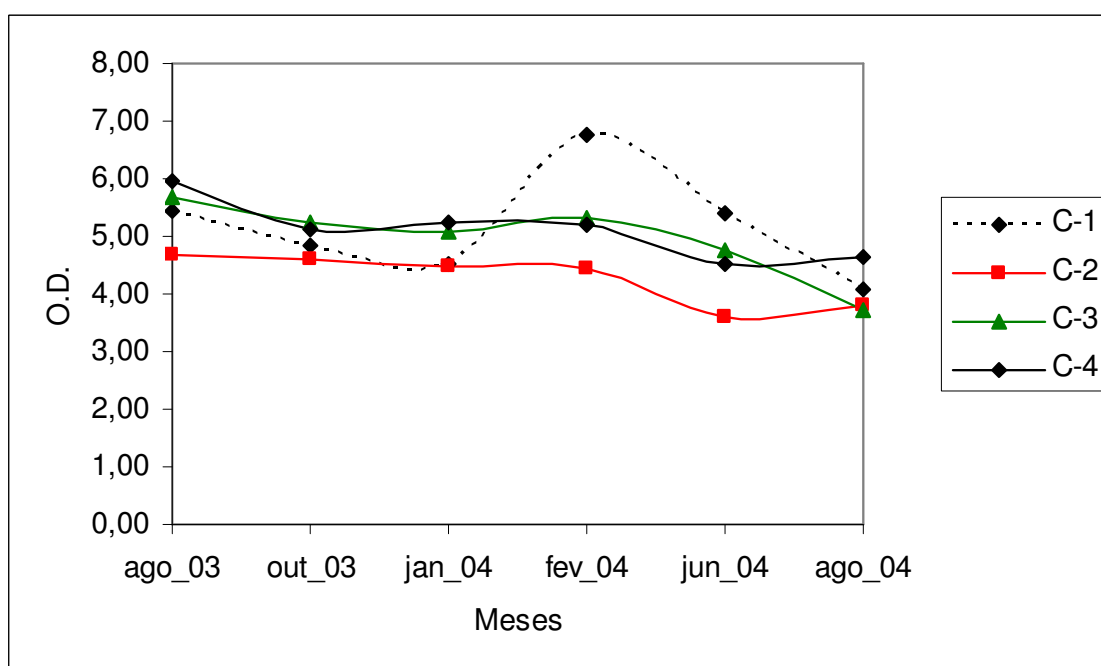


Figura 09: Variação das concentrações de oxigênio dissolvido (ml.L^{-1}) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.4. Percentual de Saturação do Oxigênio Dissolvido

No rio Botafogo, o percentual máximo de oxigênio dissolvido, no período chuvoso, foi de 128,78% na estação 4, em agosto/2003, e mínimo de 73,64% na estação 1 em junho/2004. No período seco a máxima saturação foi de 95,73% na estação 1 em outubro/2003 e mínimo de 33,81% na mesma estação no mês de janeiro/2004 (Figura 12). O percentual médio na estação chuvosa foi de 105,33% e 67,55% na estação de estiagem (Tabela 4).

Para o rio Carrapicho, o período chuvoso teve o máximo de 127,04% na estação 4 em agosto/2003 e mínimo de 94,97% na estação 1 em agosto/2004. A saturação máxima no período seco foi de 154,96% na estação 1 em outubro/2003 e mínima na estação 3 em fevereiro/2004 de 80,93% (Figura 13). A média no período chuvoso foi 108,61% e 104,33%, não havendo um aumento significativo, porém bem maior que a média do Botafogo.

No período chuvoso não houve diferença acentuada dos valores de saturação nos dois rios, porém no período seco o percentual foi maior no rio Carrapicho, mesmo com maiores temperaturas e salinidade, o que indica uma menor carga de matéria orgânica neste ambiente.

Tabela 4. Valores máximos e mínimos do Percentual de Saturação do O.D. nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
R. Botafogo	128,78	73,64	105,33	95,73	33,81	67,55
R. Carrapicho	127,04	94,97	108,61	154,96	80,93	104,33

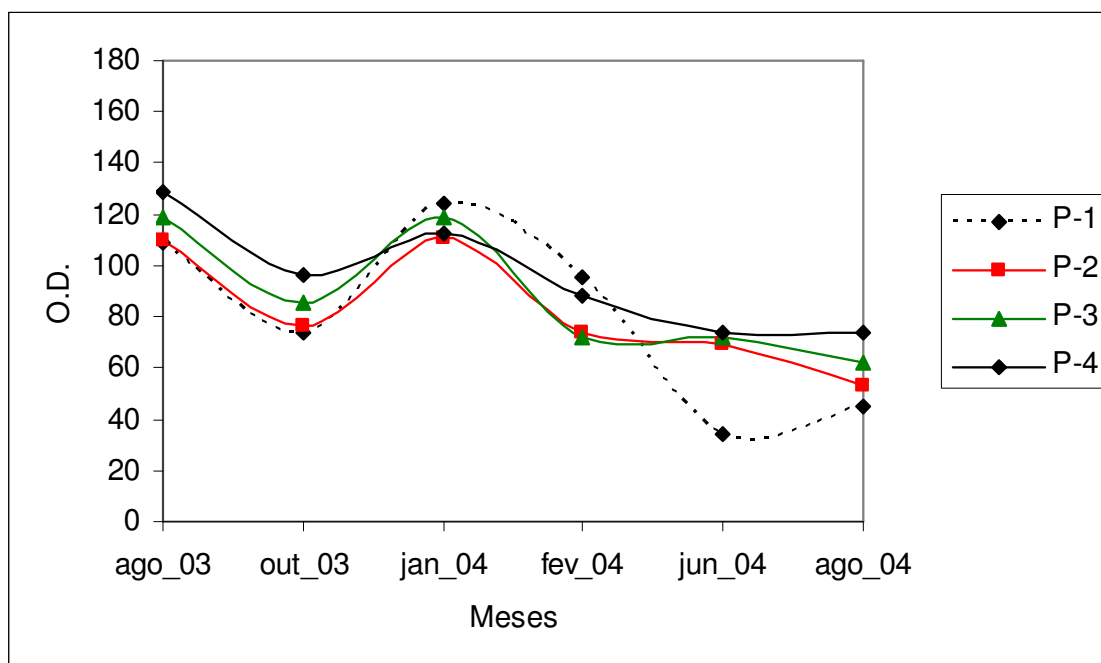


Figura 10: Variação do percentual de saturação do oxigênio dissolvido no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

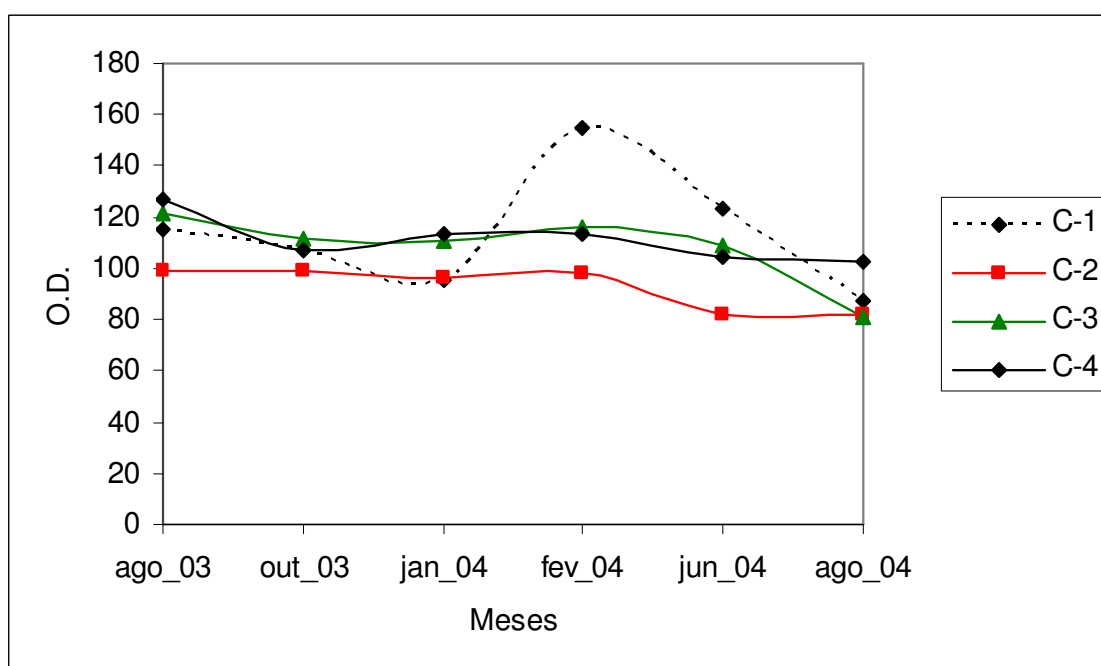


Figura 11: Variação do percentual de saturação do oxigênio dissolvido no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B. O)

No rio Botafogo, no período chuvoso, a máxima demanda foi de 3,62 mg.L⁻¹ na estação 4 de agosto/2003 e mínima de 0,39 mg.L⁻¹ na estação 2 em junho/2004. No período seco o máximo consumo na estação 1, em fevereiro/2004, de 2,33 mg.L⁻¹ e mínimo de 0,15 mg.L⁻¹ na estação 4 em janeiro/2004 (Figura 14). O valor média para a período chuvoso foi de 1,76 mg.L⁻¹ e 1,23 mg.L⁻¹ no período seco (Tabela 5).

No rio Carrapicho, no período chuvoso, a máxima foi de 2,50 mg.L⁻¹ na estação 4 em agosto/2003 e mínima de 0,13 mg.L⁻¹ na estação 1 em agosto/2004. No período seco o máximo consumo foi de 2,28 mg.L⁻¹ na estação 2 em outubro/2003 e mínima de 0,37 mg.L⁻¹ na estação 3 em fevereiro/2004 (Figura 15). No período chuvoso a média foi de 1,34 mg.L⁻¹ e 1,38 mg.L⁻¹.

Os dois rios apresentaram valores de D.B.O. inferiores a 5 mg.L⁻¹, porém o rio Botafogo apresentou uma demanda maior em relação ao Carrapicho. Os valores médios não mostraram diferenças acentuadas, porém no rio Botafogo foram registrados valores pontuais elevados.

Tabela 5. Valores máximos e mínimos de D.B.O. (mg.L⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
R. Botafogo	3,62	0,39	1,76	2,33	0,15	1,23
R. Carrapicho	2,50	0,13	1,34	2,28	0,37	1,38

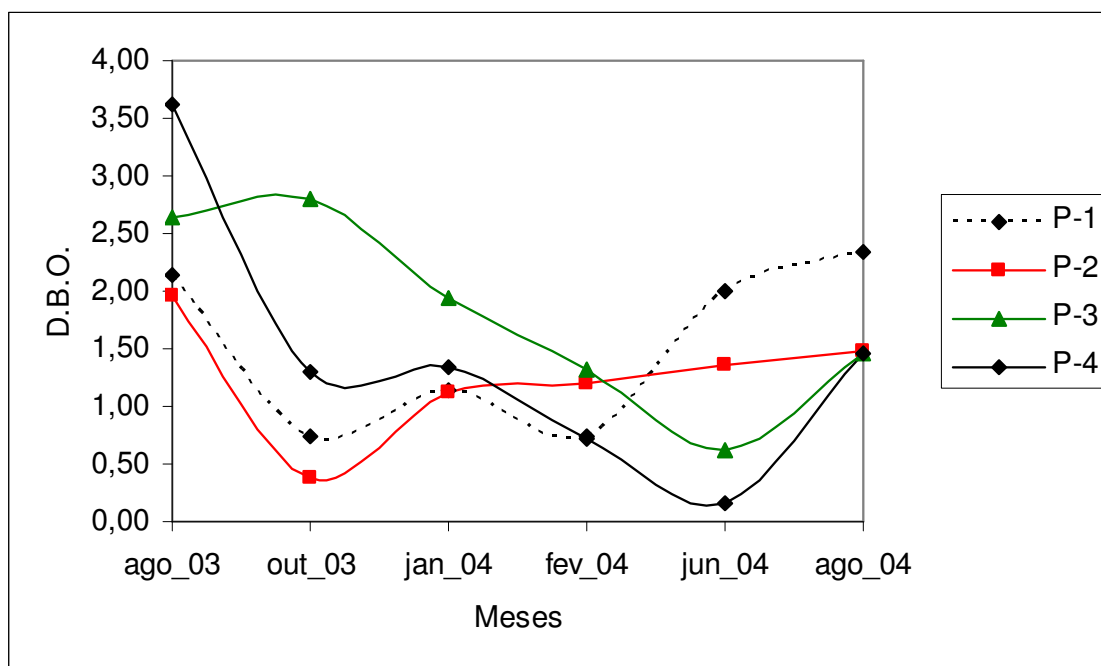


Figura 12: Variação da D.B.O. (mg.L⁻¹) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

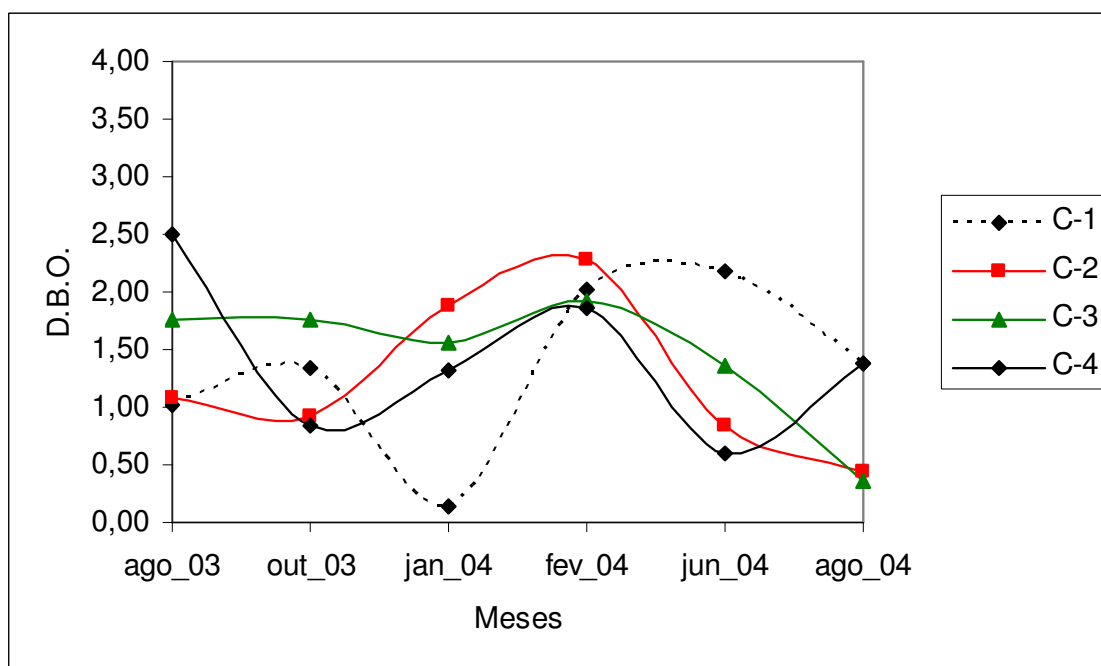


Figura 13: Variação da D.B.O. (mg.L⁻¹) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.6. Potencial Hidrogeniônico (pH)

No período chuvoso o rio Botafogo apresentou um pH máximo de 8,22 na estação 4 em junho/2004 e mínimo de 7,83 na estação 1 de agosto/2004. No período seco o máximo foi de 8,65 na estação 4 em outubro/2003 e mínimo de 8,04 nas estações 4 em janeiro/2004 e 1 em fevereiro/2004 (Figura 16). Os valores médio para o período chuvoso e seco foram 8,02 e 8,34, respectivamente (Tabela 6).

O rio Carrapicho, no período chuvoso, teve máximo de 8,23 na estação 4 em agosto/2003 e mínimo de 7,69 na estação 2 em junho/2004. Em relação ao período seco o máximo foi de 8,54 na estação 4 em outubro/2003 e mínimo de 8,10 na estação 3 em fevereiro/2004 (Figura 17). No mês de junho/2004 o pH manteve-se abaixo de 8 em todas as estações, coincidindo com os maiores índices de precipitação pluviométrica. A média do período chuvoso foi de 8,01 e 8,26 no período seco.

Tabela 6. Valores máximos e mínimos do Potencial Hidrogeniônico nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
R. Botafogo	8,22	7,83	8,02	8,65	8,04	8,34
R. Carrapicho	8,23	7,69	8,01	8,54	8,10	8,26

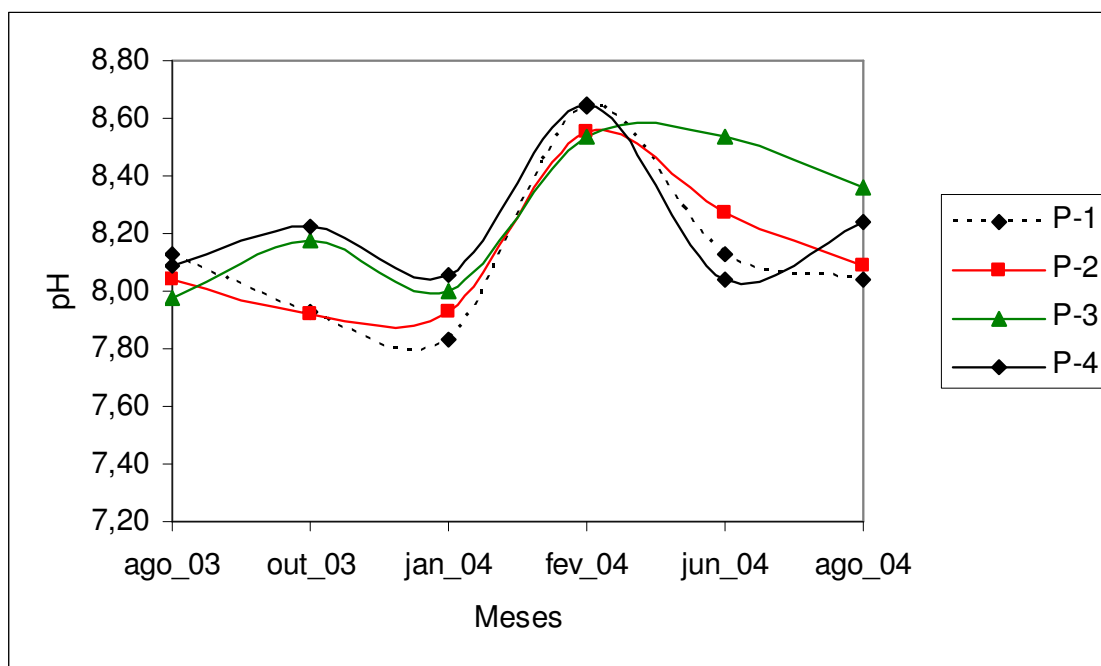


Figura 14: Variação do pH no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

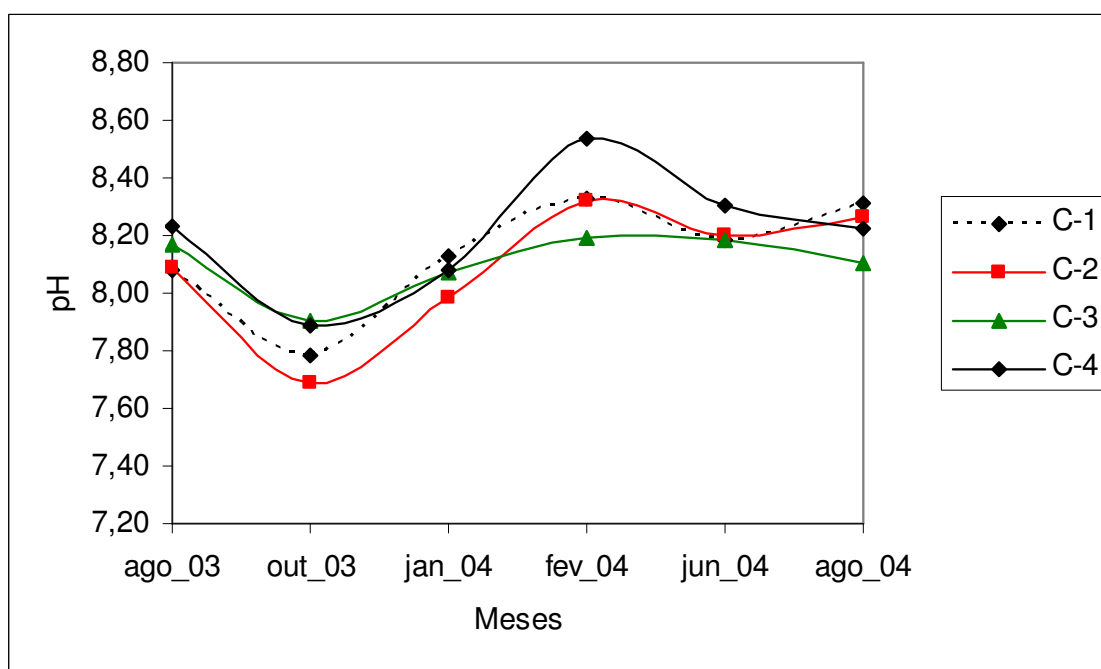


Figura 15: Variação do pH no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.7. Sais Nutrientes

4.2.7.1. Amônia- $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$

No período chuvoso, no rio Botafogo, a máxima concentração de amônia-N foi de $0,614\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em agosto/2003 e mínima de $0,001\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em agosto/2004. No período seco a máxima foi de $3,005\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 2 em janeiro/2004, e mínima de $0,041\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em outubro/2003 (Figura 18). A concentração média de amônia no período chuvoso foi de $0,118\mu\text{mol.L}^{-1}$ e $1,064\mu\text{mol.L}^{-1}$ (Tabela 7).

No rio Carrapicho, o período chuvoso teve máxima de $0,454\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 3 em junho/2004 e mínima de $0,004\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em agosto/2003. O período seco teve máxima de $0,472\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em fevereiro/2004 e mínima de $0,001\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 2 em outubro/2003 (Figura 19). Os valores médios para o Carrapicho foram menores que os observados no Botafogo, com $0,091\mu\text{mol.L}^{-1}$ no período chuvoso e $0,218\mu\text{mol.L}^{-1}$ no período seco.

Tabela 7. Concentrações máximas e mínimas de amônia-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	0,614	0,001	0,118	3,005	0,041	1,064
R. Carrapicho	0,454	0,004	0,091	0,472	0,001	0,218

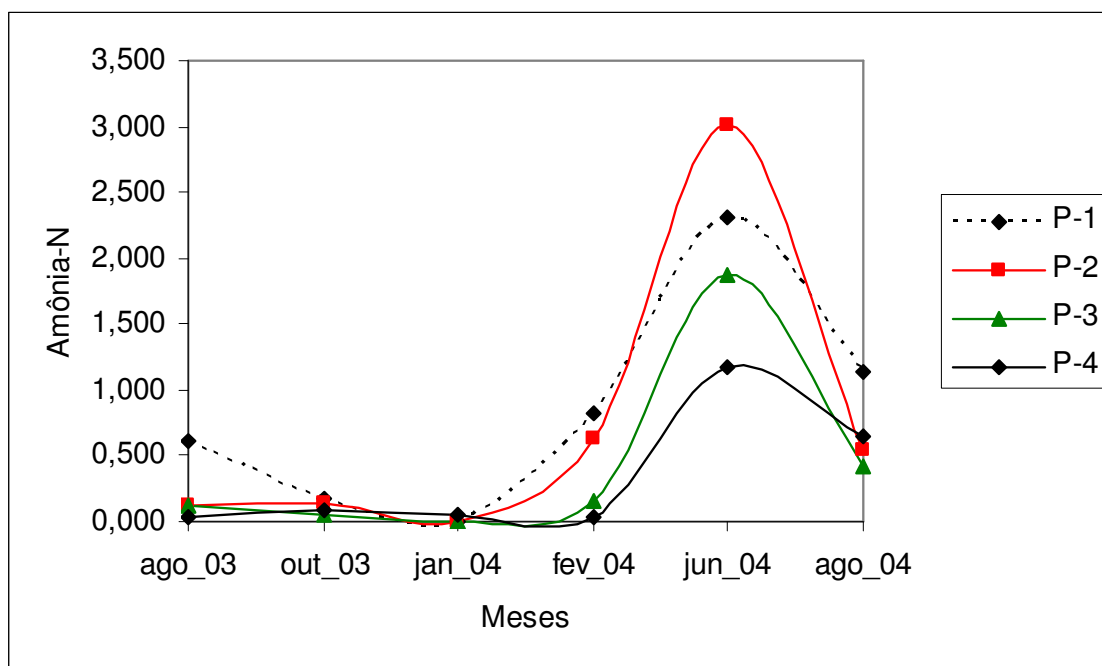


Figura 16: Variação das concentrações de amônia-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

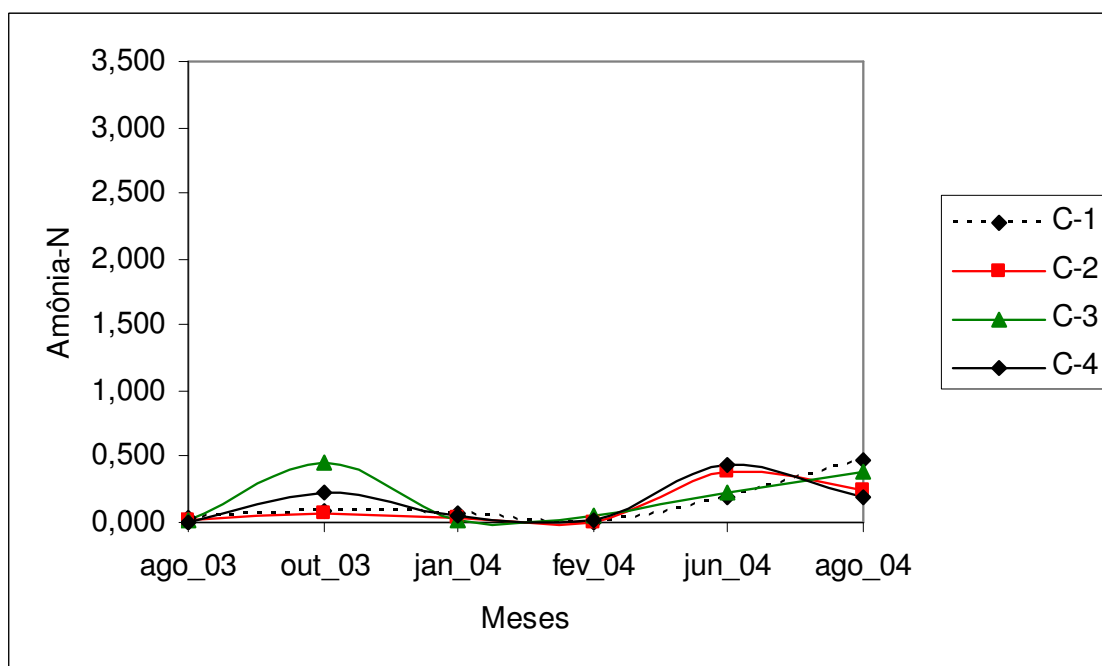


Figura 17: Variação das concentrações de amônia-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.7.2 Nitrito-NO₂⁻-N

No período chuvoso o rio Botafogo teve concentração máxima de nitrito-N, de 0,471 μmol.L⁻¹ na estação 1 em agosto/2004 e mínima de 0,122 μmol.L⁻¹ na estação 3 em junho/2004. No período seco a máxima foi de 0,610 μmol.L⁻¹ na estação 2 em janeiro/2004 e mínima de 0,099 μmol.L⁻¹ na estação 2 em outubro/2003 (Figura 20). O nitrito-N apresentou valores baixos com média de 0,266 μmol.L⁻¹ na estação chuvosa e 0,287 μmol.L⁻¹ na estação de estiagem (Tabela 8).

No rio Carrapicho, o período chuvoso teve máxima de 0,160 μmol.L⁻¹ na estação 2 em agosto/2003 e mínima de 0,001 μmol.L⁻¹ nas estações 3 e 4 em agosto/2003, e em todas as estações no mês de junho/2004. Para o período seco a máxima foi de 0,384 μmol.L⁻¹ nas estações 4 em janeiro/2004 e 1 em fevereiro/2004 e mínima de 0,001 μmol.L⁻¹ em todas as estações em outubro/2003 (Figura 21). A média para a estação chuvosa foi de 0,066 μmol.L⁻¹ e 0,188 μmol.L⁻¹ na estação seca.

As concentrações de nitrito-N foram baixas nos dois rios, porém o rio Botafogo nos dois períodos estudados apresentou concentrações mais elevadas.

Tabela 8. Concentrações máximas e mínimas de nitrito (μmol.L⁻¹) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	0,471	0,122	0,266	0,610	0,099	0,287
R. Carrapicho	0,160	0,001	0,066	0,384	0,001	0,188

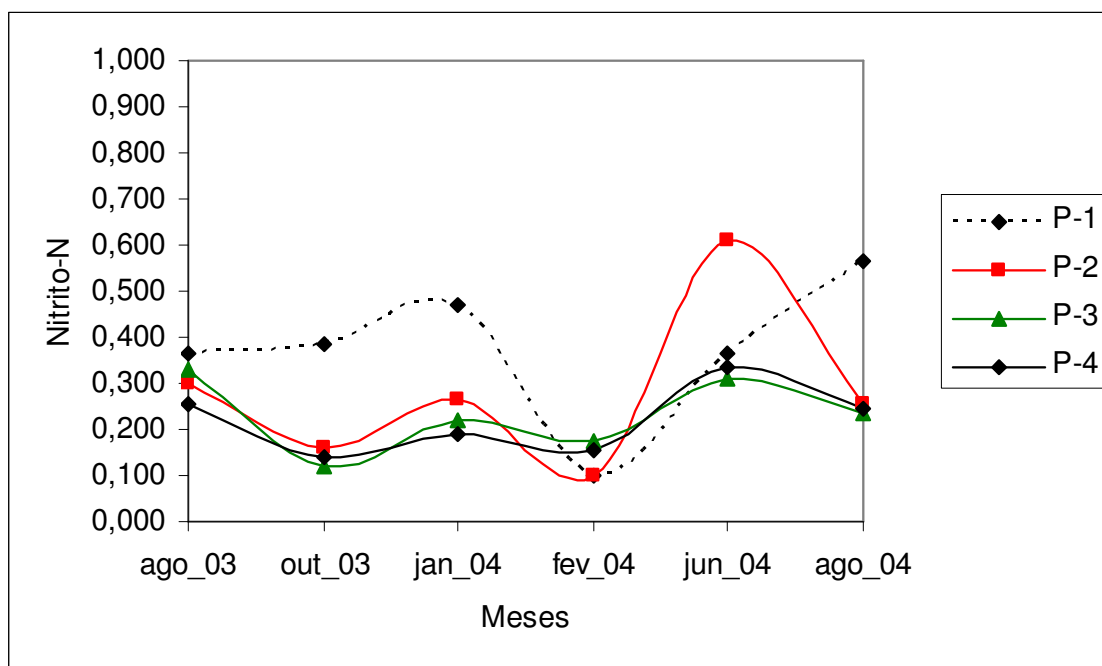


Figura 18: Variação das concentrações de nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

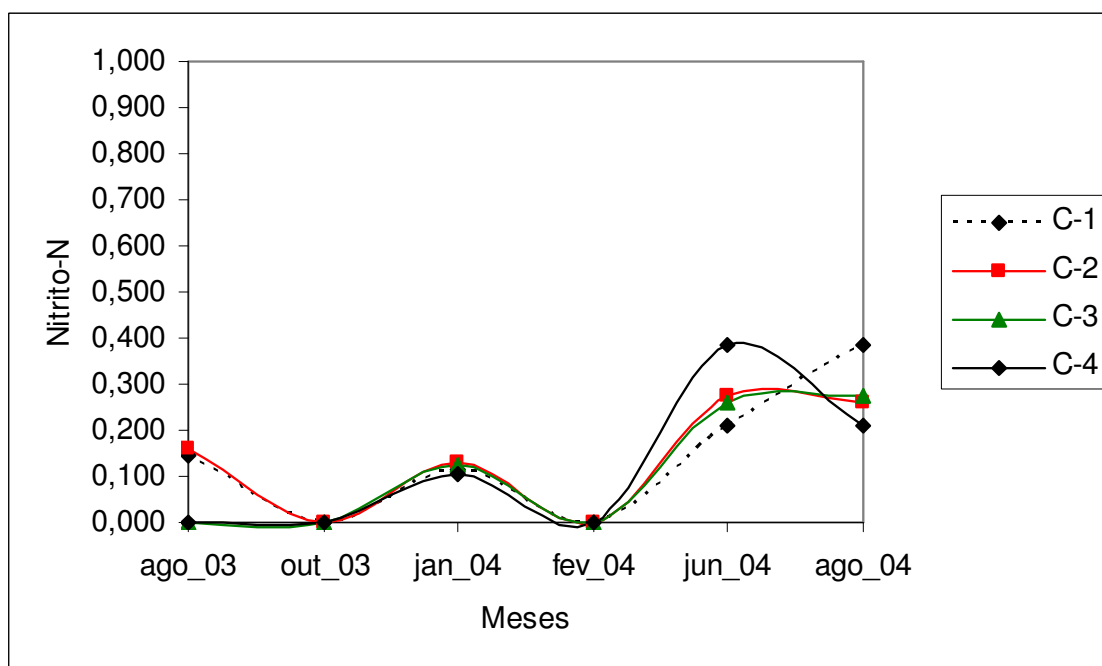


Figura 19: Variação das concentrações de nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.7.3. Nitrato- NO_3^- -N

O rio Botafogo, no período chuvoso, teve concentração máxima de $16,783 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em junho/2004 e mínima de $1,365 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em agosto/2004. No período seco foi registrada máxima de $33,103 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em janeiro/2004 e mínima de $0,952 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 3 em outubro/2003 (Figura 22). A média no período chuvoso foi de $5,955 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $10,351 \mu\text{mol.L}^{-1}$ no período seco (Tabela 9).

O rio Carrapicho no período chuvoso teve valor máximo de $1,732 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em agosto/2004 e mínima de $0,174 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em agosto/2003. No período seco o máximo de $6,814 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 3 em janeiro/2004 e mínimo de $0,116 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 2 em outubro/2003 (Figura 23). Os valores médios para o Carrapicho foram baixos no período chuvoso com $0,769 \mu\text{mol.L}^{-1}$, aumentando no período seco para $2,940 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

As concentrações foram mais elevadas no período seco nos dois rios, como visto também nos dados para nitrito-N, tendo sempre o rio Botafogo as maiores concentrações nos dois períodos. Os valores mais elevados foram registrados na área mais interna dos estuários.

Figura 9. Concentrações máximas e mínimas de Nitrato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	16,783	1,365	5,955	33,103	0,952	10,351
R. Carrapicho	1,732	0,174	0,769	6,814	0,116	2,940

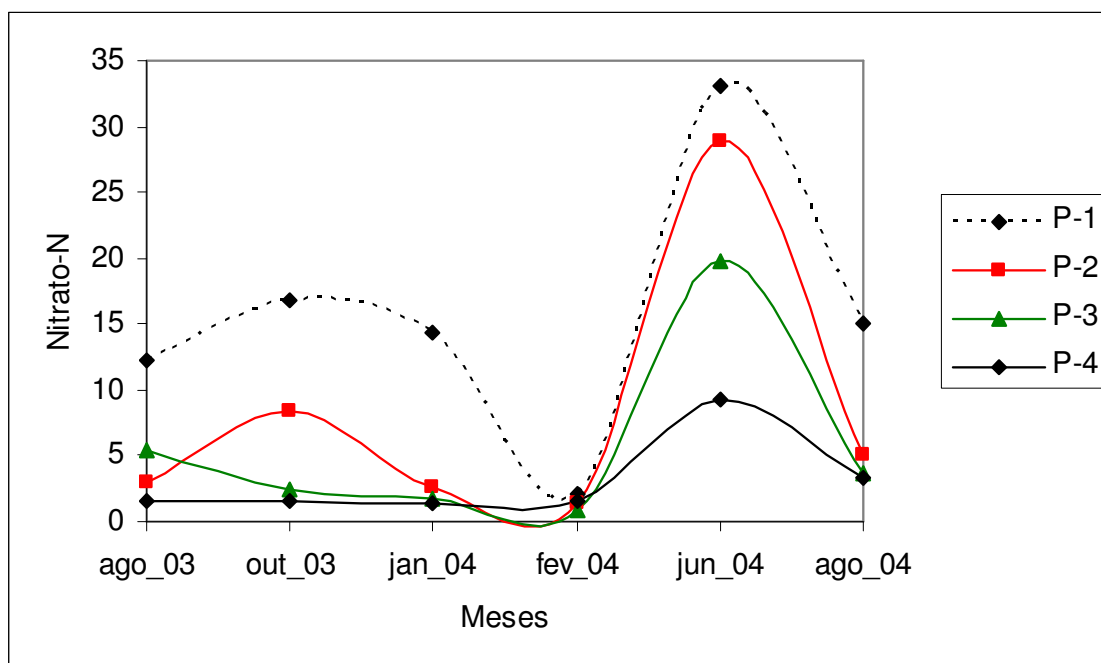


Figura 20: Variação das concentrações de nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

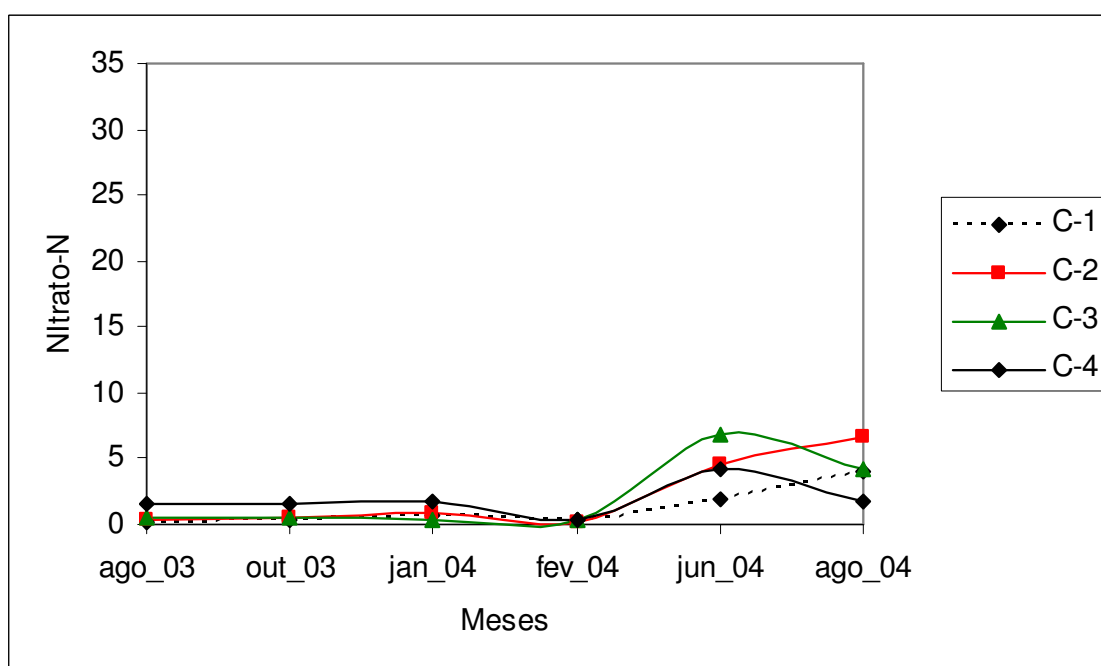


Figura 21: Variação das concentrações de nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.7.4. Fosfato- $\text{PO}_4\text{-P}$

No período chuvoso a concentração de fosfato-P encontrada no rio Botafogo foi de $0,484 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em junho/2004, a mínima foi de $0,033 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em agosto/2003. No período seco a máxima foi de $0,818 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em outubro/2003 e mínima de $0,048 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 3 em fevereiro/2004 (Figura 24). A média no período de maior precipitação foi de $0,184 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $0,325 \mu\text{mol.L}^{-1}$ no período de estiagem (Tabela 10).

No rio Carrapicho, a máxima para o período chuvoso foi de $0,504 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em agosto/2004 e mínima de $0,001 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 2 no mês de junho/2004. Para o período seco foi encontrada uma máxima de $0,331 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 2 em janeiro/2004 e estação 3 em fevereiro/2004. A mínima foi de $0,035 \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em fevereiro/2004 (Figura 25). O valor médio no período chuvoso foi de $0,213 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $0,187 \mu\text{mol.L}^{-1}$ no período seco.

No período seco o rio Botafogo apresentou um aumento nas concentrações de fosfato, em relação ao período chuvoso. O rio Carrapicho não apresentou aumento significativo em suas concentrações no período seco.

Tabela 10. Concentrações máximas e mínimas de fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	0,484	0,033	0,184	0,818	0,048	0,325
R. Carrapicho	0,504	0,001	0,213	0,331	0,035	0,187

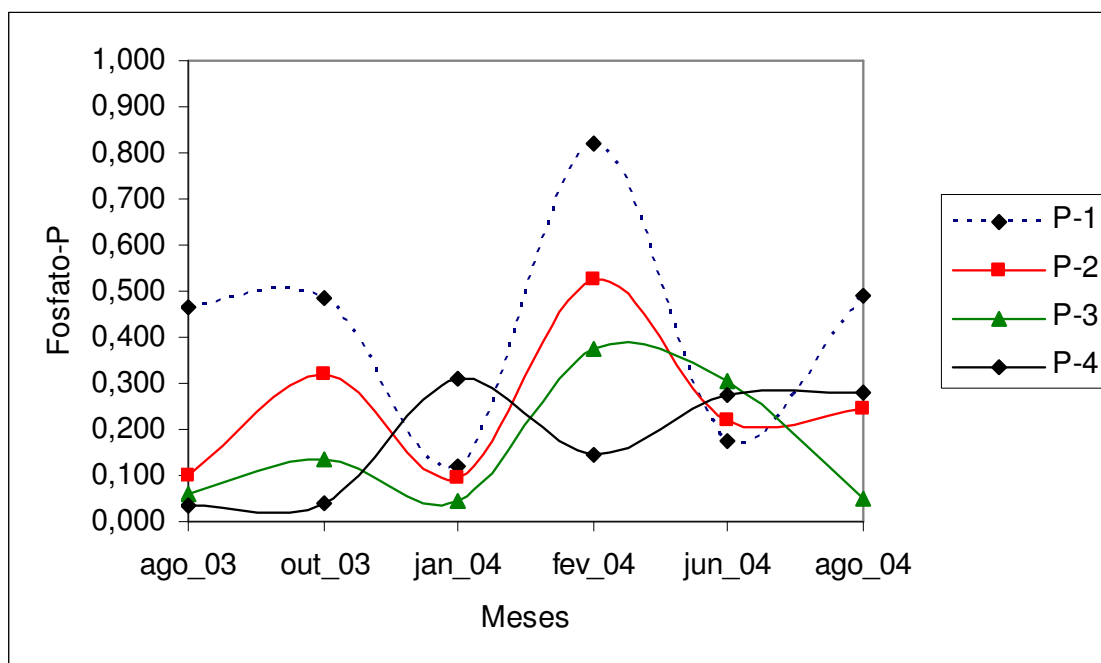


Figura 22: Variação das concentrações de fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

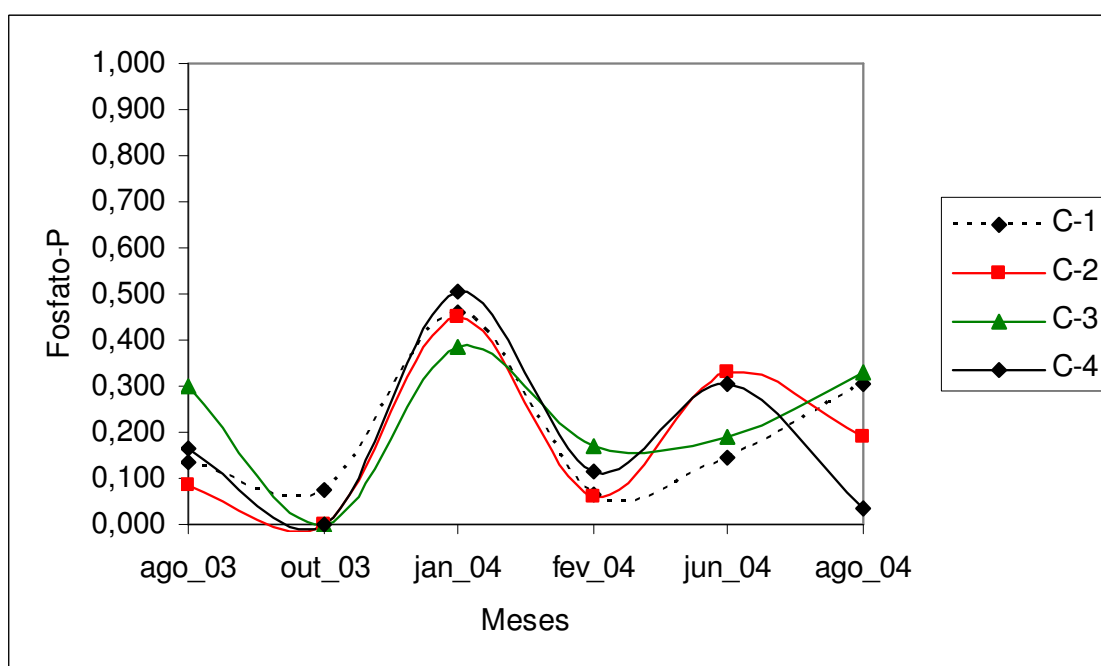


Figura 23: Variação das concentrações de fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.2.7.8. Silicato-SiO₂⁻-Si

O silicato-Si, no período chuvoso, no rio Botafogo, teve máxima concentração de 178,952 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em junho/2004 e mínima de 47,043 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em agosto/2004. No período seco a máxima foi de 242,868 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em janeiro/2004 e mínima de 32,101 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em outubro/2003 (Figura 26). A média no período chuvoso foi de 86,742 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ e 105,066 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ no período seco (Tabela 11).

No rio Carrapicho, o período chuvoso apresentou máxima de 41,046 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 1 em agosto/2003 e mínima de 15,023 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em junho/2004. No período seco a máxima foi de 71,272 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 4 em janeiro/2004 e mínima de 6,606 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 3 em outubro/2003 (Figura 27).

As concentrações de silicato-Si foram altas nos dois rios nos dois períodos, porém no período seco as concentrações de silicato-Si apresentaram um aumento mais significativo, principalmente no rio Botafogo que apresentou sempre os valores mais elevados. Nos dois rios as maiores concentrações foram registradas nas estações mais internas.

Tabela 11. Concentrações máximas e mínimas de silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	178,952	47,043	86,742	242,868	32,101	105,066
R. Carrapicho	41,046	15,023	28,186	71,272	6,606	44,775

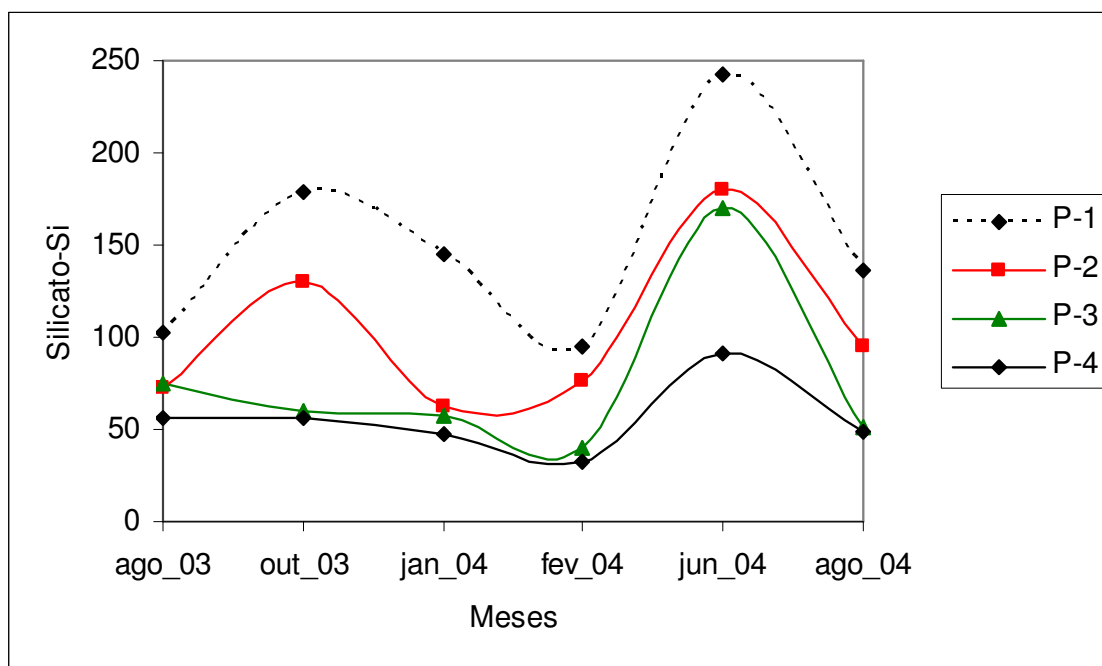


Figura 24: Variação das concentrações de silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

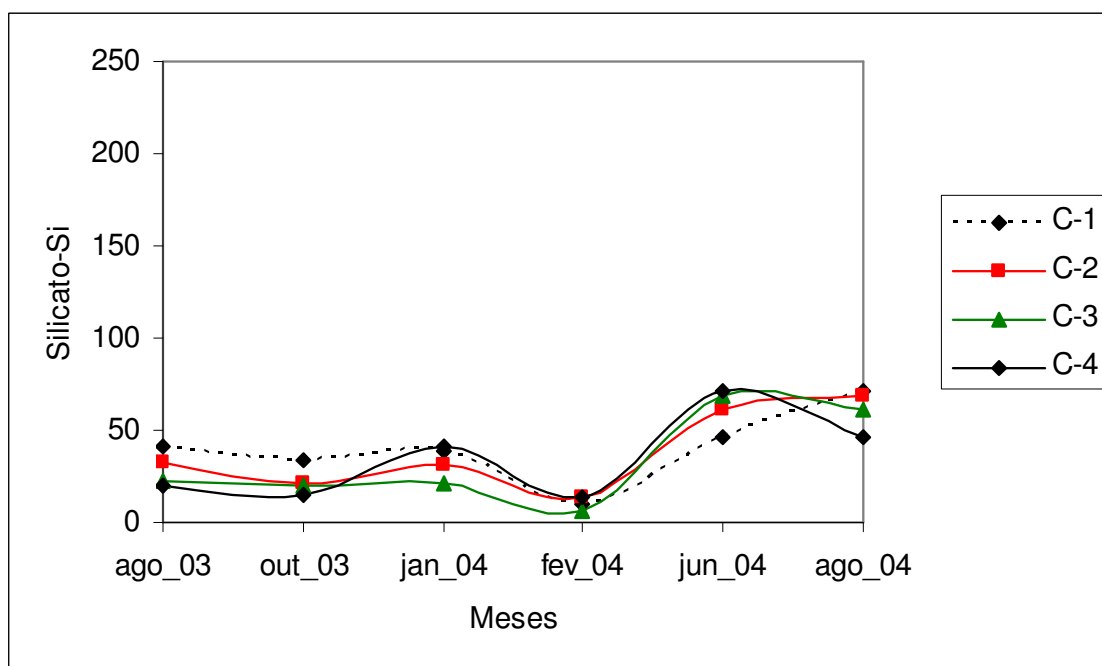


Figura 25: Variação das concentrações de silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

4.3. PARÂMETRO BIÓTICO

4.3.1. Biomassa Primária (Clorofila - *a*)

No rio Botafogo, no período chuvoso, a concentração máxima de clorofila-*a* foi de 14,33 mg.m⁻³ na estação 4 em junho/2004 e mínima de 2,42 mg.m⁻³ na estação 1 em junho/2004. No período seco a máxima de 20,56 mg.m⁻³ na estação 1 em outubro/2003 e mínima de 1,37 mg.m⁻³ na estação 2 em fevereiro/2004 (Figura 28). O valor médio de clorofila - *a* no período chuvoso foi de 9,22 mg.m⁻³ e 6,55 mg.m⁻³ no período seco (Tabela 12).

No rio Carrapicho, no período chuvoso, a máxima foi de 18 mg.m⁻³ na estação 1 em agosto/2004 e mínima de 4,41 mg.m⁻³ na estação 2 em agosto/2003. O período seco teve máxima de 22,01 mg.m⁻³ na estação 1 em janeiro/2004 e mínima de 4,06 mg.m⁻³ na estação 2 em fevereiro/2004 (Figura 29). A média no período chuvoso foi de 9,13 mg.m⁻³ e 10,63 mg.m⁻³ no período seco.

No rio Botafogo, no período chuvoso, as concentrações de clorofila-*a* aumentaram da parte interna do rio para a estação 4, com exceção da estação 2, que teve um pico de clorofila - *a*. No período seco não houve um padrão entre os meses de coleta. Os maiores teores de biomassa não coincidiram com os maiores valores de nutrientes, sendo registrado maiores valores de biomassa no período chuvoso (Figuras 31 e 32). O rio Carrapicho apresentou maiores teores de biomassa primária no período seco, coincidindo com o aumento dos sais nutrientes neste período.

Tabela 12. Concentrações máximas e mínimas de Clorofila - *a* (mg.m⁻³) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho.

	Período Chuvoso			Período Seco		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
R. Botafogo	14,33	2,42	9,22	20,56	1,37	6,55
R. Carrapicho	18	4,41	9,13	22,01	4,06	10,63

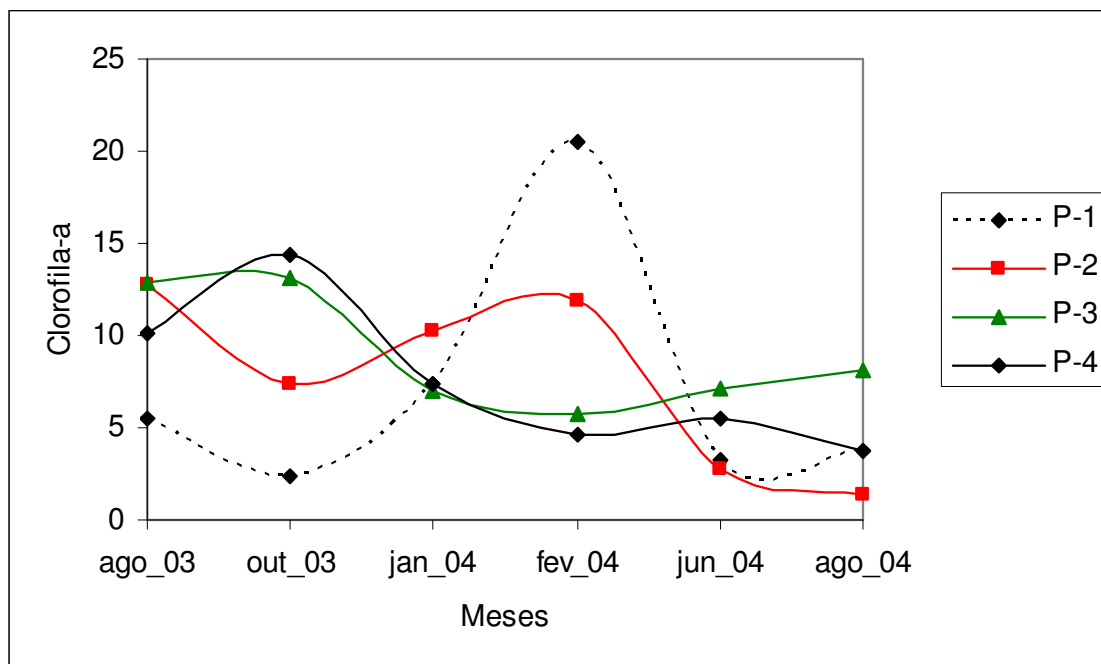


Figura 26: Variação das concentrações de clorofila-a (mg.m⁻³) no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

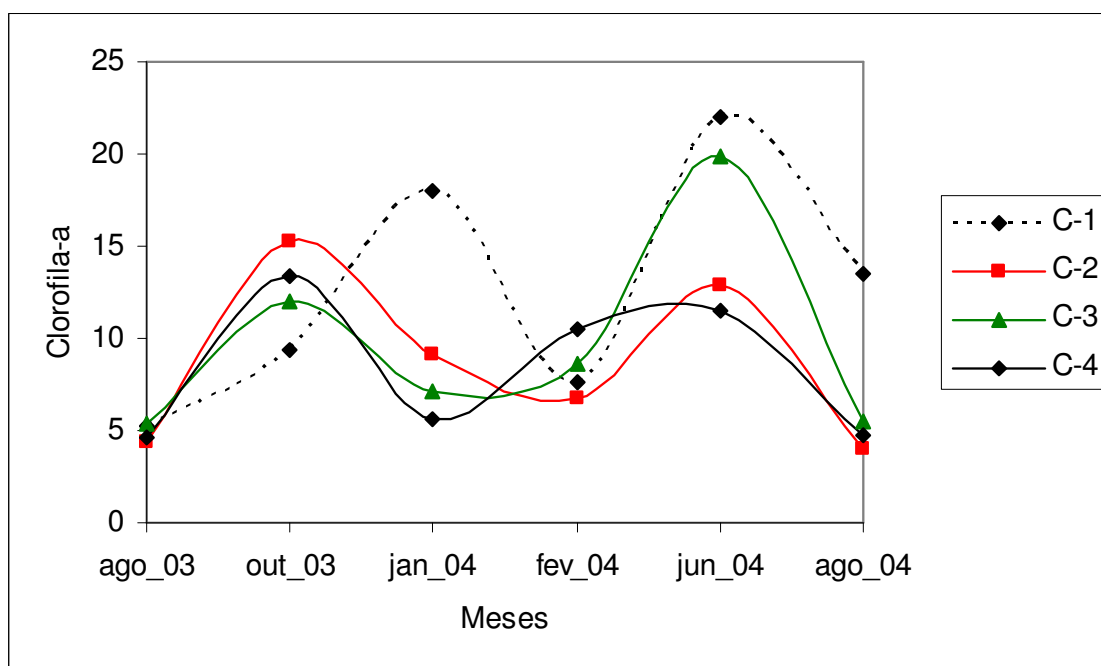


Figura 27: Variação das concentrações de clorofila-a (mg.m⁻³) no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

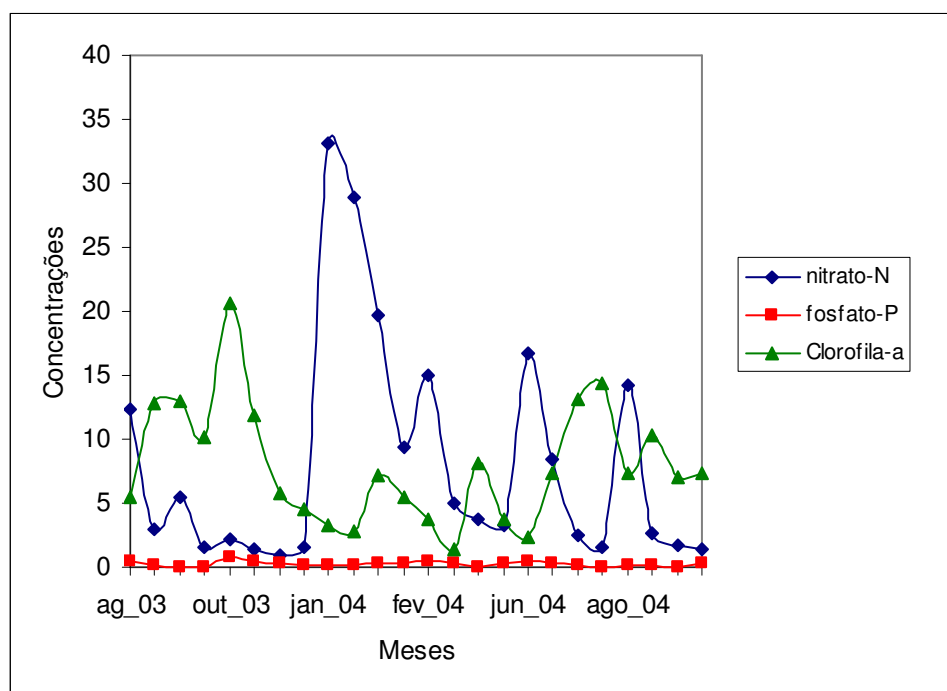


Figura 28: Variação das concentrações de nitrato-N, fosfato-P e clorofila - a no estuário do rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.

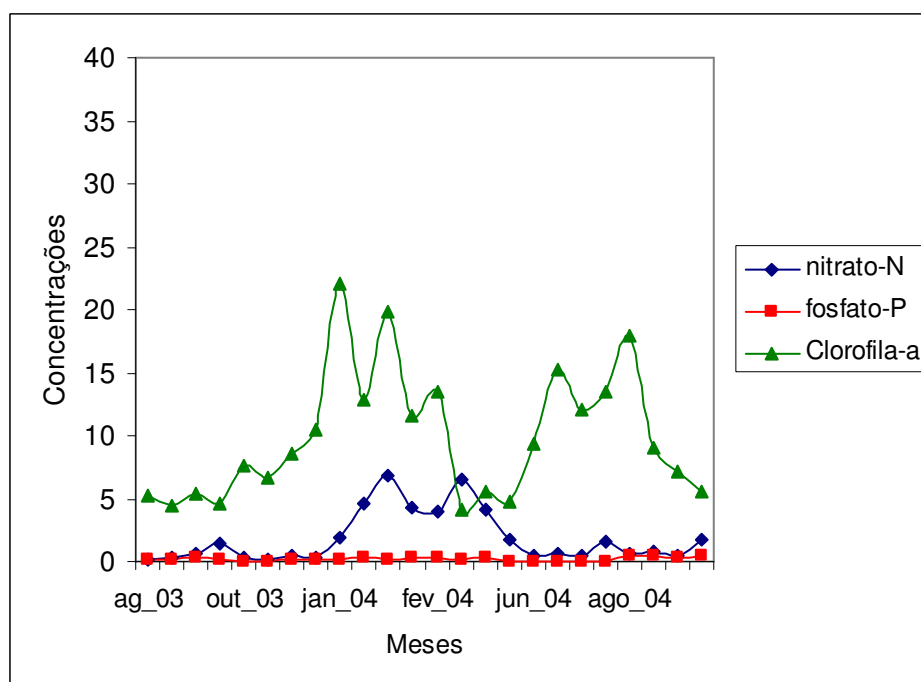


Figura 29: Variação das concentrações de nitrato-N, fosfato-P e clorofila - a no estuário do rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.

5. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

5.1. Rio Botafogo e Carrapicho

Na análise de componentes principais, os 2 primeiros fatores explicaram 57,47% dos casos (Tabela 13).

O fator 1 explicou 40,43%, correlacionando diretamente a salinidade e oxigênio dissolvido. A relação inversa foi verificada entre a salinidade e oxigênio dissolvido com os nutrientes nitrogenados (amônia-N, nitrito-N e nitrato-N) e o silicato-Si. A relação inversa do oxigênio dissolvido, principalmente com os nutrientes nitrogenados, evidencia reações de oxidação que ocorrem no ciclo do nitrogênio, como nitrificação e amonificação.

O fator 2 explicou 15,04% dos casos, correlacionando de maneira direta a temperatura, pH e fosfato-P. Para este fator a relação inversa mais importante foi entre o pH e a DBO, separando duas águas diferentes, uma mais limpa com maior pH e outra com maior carga orgânica (Figura 32).

Tabela 13: Fatores da análise dos componentes principais para o rio Botafogo e Carrapicho.

Parâmetros	Fator 1 (40,43%)	Fator 2 (15,035%)
Temp.	-0,154	-0,605
Sal.	0,707	-0,209
O.D.	0,753	0,280
D.B.O.	0,209	0,433
pH	-0,107	-0,749
NH ³	-0,832	-0,059
NO ⁻²	-0,791	0,098
NO ⁻³	-0,904	0,233
PO ₄ ⁻³	-0,385	-0,471
SiO ₂ ⁻	-0,927	0,152
Clorof.	0,397	-0,323

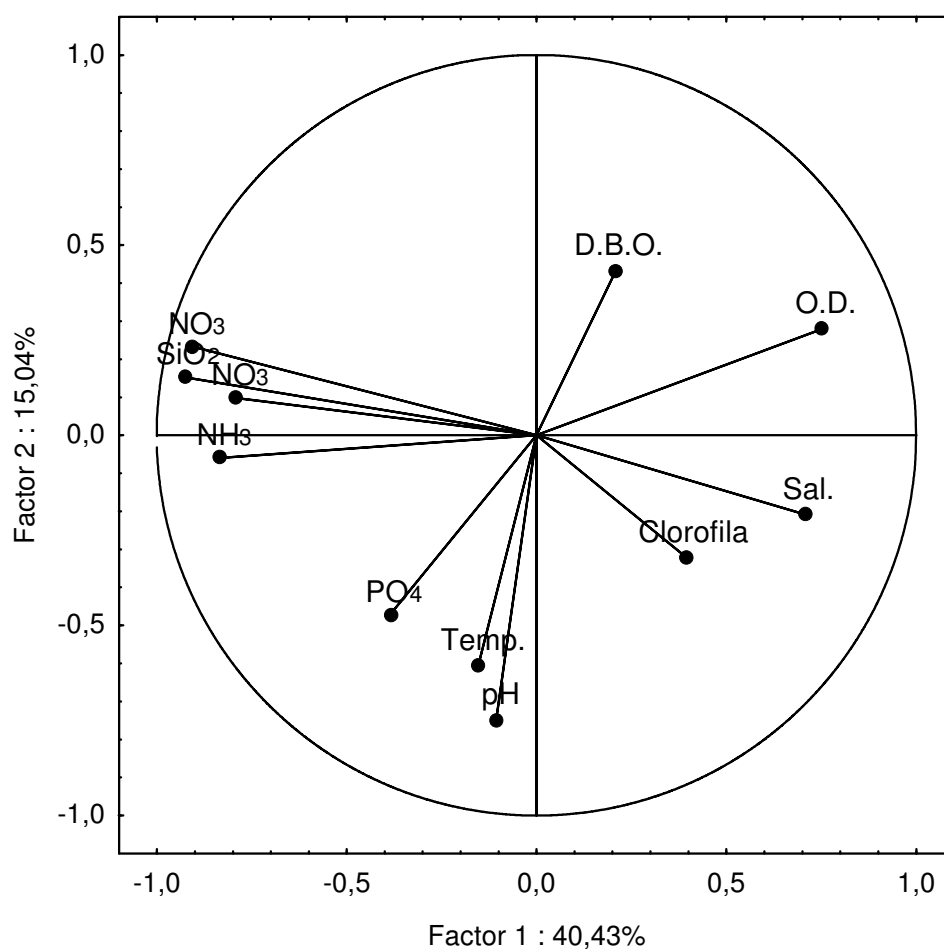


Figura 30: Análise dos componentes principais dos rios Botafogo e Carrapicho nos dois períodos estudados.

5.2. Análise dos Escores

De acordo com o 1 fator (40,43%) foi evidenciada uma predominância das estações do rio Carrapicho com pesos positivos e o Botafogo com pesos negativos. Esta separação deixou evidente uma maior influência fluvial no estuário do rio Botafogo e uma importância maior dos compostos nitrogenados no processo de fotossíntese. O rio Botafogo apresentou valores de biomassa primária menor que o Carrapicho, mesmo com uma maior carga de nutrientes e menores valores de salinidade. As concentrações de oxigênio dissolvido foram baixas, o que indica uma maior carga poluidora, de fontes antrópicas, tanto de origem industrial como de origem doméstica.

Em relação ao rio Carrapicho, a influência marinha foi mais evidente, permitindo uma maior estabilidade ao estuário, com menores valores de nutrientes dissolvidos, águas mais oxigenadas, e uma biomassa primária maior (Figura 33).

O fator 2, que explicou apenas 15,04% dos casos, mostrou uma separação no estuário poluído para o período sazonal.

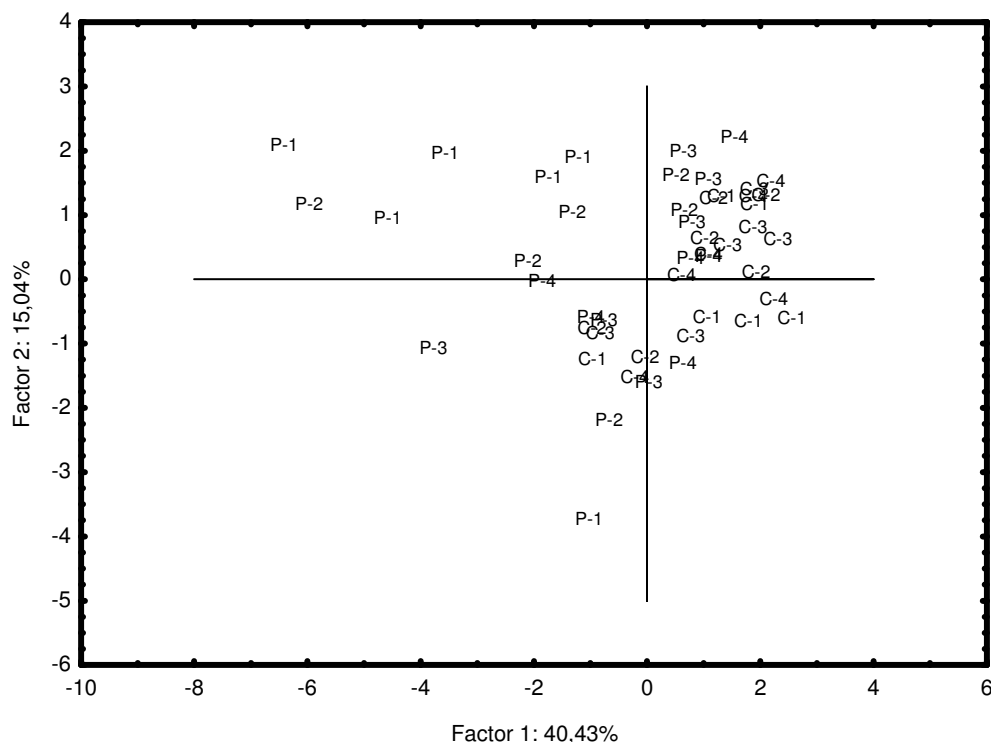


Figura 31: Gráfico dos escores dos dois primeiros fatores (fator 1 e Fator 2), das estações dos rios Botafogo e Carrapicho nos dois períodos estudados.

6. DISCUSSÃO

A forte intervenção humana na região litorânea, principalmente nas zonas estuarinas, está condicionada à produção de resíduos que precisam ser descartados, porém sem uma infra-estrutura adequada. Esse “input” artificial e desordenado causa mudanças na dinâmica natural dos ambientes aquáticos, como o crescimento exagerado de algumas espécies de algas e de plantas aquáticas superiores, e à depleção noturna de oxigênio dissolvido. O processo de eutrofização se torna inevitável, podendo toda a teia trófica ficar comprometida.

Estas atividades antrópicas são observadas em quase todo litoral pernambucano, alterando as condições físico-químicas dos corpos d’águas costeiros, ocasionando danos em certas ocasiões até irreparáveis para a biota.

O ecossistema estuarino é muito importante para a comunidade biológica costeira em geral, por se tratar de uma área naturalmente enriquecida, proporcionando habitat, abrigo, alimento a uma gama de organismos marinhos, estuarinos e limnéticos. Devido a sua localização geográfica ela sofre a ação das marés, apresentando, portanto, um forte grau de hidrodinamismo, o qual interfere nas condições física, químicas e biológicas que variam bastante num curto espaço de tempo (LOSADA, 2000).

Cavalcanti (2003) relatou que as águas estuarinas de maneira geral são ricas em nutrientes, principalmente silicato-Si, nitrato-N e fosfato-P, embora as suas concentrações variem para cada estuário, podendo ser significativamente afetadas por aportes continentais, influências de águas oceânicas, geralmente pobres, e pelo consumo através do fitoplâncton e de algas bentônicas.

Os sistemas estuarinos são os principais fornecedores de nutrientes para região costeira, pois recebem e concentram o material originado de sua bacia de drenagem e podem vir a receber aportes significativos por ação antrópica. Todo esse aporte de nutrientes resulta em altas taxas de produção primária e secundária (BRAGA *et al.* 1999, PEREIRA FILHO *et al.* 2001).

Os estuários representam um dos mais heterogêneos ambientes costeiros em relação às variações dos fatores físicos e químicos, é de se esperar que as áreas estuarinas apresentem sempre, uma boa quantidade de material em suspensão na água. Entretanto, o regime pluviométrico da região pode provocar variação sazonal nas concentrações deste material em suspensão (BASTOS, 2002; GREGO, 2004).

Bastos (2002) relata que nos estuários a precipitação pluviométrica passa a ser considerada de grande importância uma vez que, ela interfere tanto na biomassa, como na produção primária, através do aporte de sais nutrientes, assim como pela alteração da qualidade óptica da água.

O litoral pernambucano o clima é do tipo tropical quente-úmido com chuvas de outono-inverno, durante o período estudado foi mantido este padrão de sazonalidade. Durante o período seco (outubro/2003 a fevereiro/2004), foi registrado um valor de precipitação atípico no mês de fevereiro, quando alcançou um índice pluviométrico de 226 mm. Este valor atípico para esse mês tem como influência o fenômeno “La Niña”, que esteve presente durante o ano de 2004, o contrário de 2003, onde se observou a influência do “El Niño”.

Silva (2003), no estuário do rio Formoso relatou que a variação pluviométrica condicionou alterações sazonais nos parâmetros oceanográficos estudados tendo uma influência marcante na biomassa fitoplancônica e no aporte de nutrientes, cujos maiores valores foram registrados no período chuvoso. Esta influência também foi observada no rio Botafogo, estando a biomassa primária mais elevada no período chuvoso.

Segundo Sipaubá-Tavares (1998), a temperatura tem uma ação direta sobre a periodicidade e a distribuição dos organismos aquáticos. Assume grande importância na produtividade biológica da água, cujos ritmos dependem dela, sendo considerada um dos fatores ecológicos decisivos dentro dos sistemas e o principal fator limitante da distribuição geográfica de muitas espécies vegetais e animais, influencia também na taxa de fotossíntese e na respiração dos organismos aquáticos. A variação deste parâmetro afeta tanto os processos químicos do ambiente, como os dos organismos. Porém, estes organismos gradualmente tendem a adaptar-se a estas variações.

A temperatura, nas regiões tropicais, apresenta valores elevados e um ciclo sazonal definido, estando na dependência do período de insolação.

Para Sassi e Watanabe (1980), no ambiente estuarino, as características térmicas da água são controladas fundamentalmente pela insolação. O aquecimento provocado por este fenômeno ocorre de duas maneiras: absorção direta da radiação solar pela massa d'água ou pelas areias e fundos lodosos expostos, que transferem o calor acumulado para a coluna d'água nos sucessivos períodos de imersão.

As águas estuarinas são aquecidas "*in situ*", mas a transferência de calor é processada através do fluxo de água salgada, que penetra no ambiente estuarino na preamar, e pela descarga de água doce do rio, sendo esse calor, que é absorvido pelas águas e sedimentos, provenientes da radiação solar. Além das águas dos rios e do fluxo de água salgada, as variações de temperatura nos estuários são funções, também, de sua profundidade e da coloração do sedimento, da precipitação pluviométrica e da latitude local (LIRA *et. al*, 1978).

Na área estudada, a temperatura apresentou pequena variação sazonal, com os menores valores registrados no período de menor insolação. Tanto o rio Botafogo quanto o rio Carrapicho, no período seco, apresentaram valores acima dos 30 °C, o mesmo observado por Branco (2001), no estuário de Barra das Jangadas; Bastos (2002), no estuário do rio Una; Losada (2000), no estuário dos rios Ilhetas e Mamucaba. Com relação à variação espacial, no período chuvoso, houve um aumento da temperatura da parte interna para a estação 4, em decorrência das águas costeiras com maior estabilidade térmica. No período seco não foi registrada uma distribuição espacial definida. Um padrão decrescente em direção a parte interna do estuário foi registrado por Bastos (2002), estudando o estuário de Barra das Jangadas (PE), enquanto que Grego (2004), no rio Timbó (PE), observou na maioria dos meses, aumento da temperatura em direção à parte interna do rio.

A temperatura influencia diretamente na fisiologia dos organismos, nas áreas estudadas os maiores valores de temperatura coincidiram com menores valores de nutrientes dissolvidos e maiores valores de clorofila - a, o que indica um maior consumo pelo fitoplâncton em decorrência das temperaturas elevadas.

Flores Montes (1996), em seu estudo, registrou para a salinidade um comportamento conservativo, ou seja, não foi produzida ou consumida dentro do sistema, apenas diluída. Esta característica permite que a intrusão salina tenha uma influencia intermitente, maior influencia na preamar e menor na baixa-mar, permitindo monitorar a dinâmica salina ao longo de um estuário e suas inter-relações hidrológicas.

A característica fundamental das áreas estuarinas são as variações da salinidade, tanto diurnas como sazonais. As principais fontes geradoras destas variações são as marés, a evaporação e o fluxo de água do doce dos rios que deságuam nestas ambientes.

Nas áreas estudadas a salinidade apresentou um padrão sazonal com valores mais elevados no período seco, devido à maior intensidade de irradiação solar e conseqüente evaporação. De acordo com a classificação de Veneza (1959), o estuário do rio Botafogo variou do regime polialino ao mesoalino, enquanto que o estuário do rio Carrapicho de eualino a polialino.

A variação espacial, tanto no rio Botafogo quanto no rio Carrapicho, apresentou um gradiente decrescente para a parte mais interna dos rios pela menor influência marinha nesta direção. O rio Botafogo apresentou menores valores de salinidade, em relação ao rio Carrapicho, evidenciando uma maior influência fluvial no rio Botafogo, tanto no período chuvoso quanto no seco. O gradiente de salinidade em áreas estuarinas condiciona a distribuição dos organismos, o que depende da tolerância destes a maiores ou menores valores, fato contrário pode ser observado nas áreas oceânicas onde a salinidade permanece constante e a temperatura assume o papel de fator determinante na distribuição dos organismos.

Branco (2001), no estuário de Barra das Jangadas (PE), encontrou condições limnéticas até euhalinas. A mesma variação foi registrada por Bastos (2002) no estuário do rio Una (PE), com mínimo de 0 e máximo de 39 e Losada (2000), no estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (PE). Grego (2004), estudando o estuário do rio Timbó (PE), verificou uma variação de salinidade de um ambiente eualino para mesoalino.

Outro componente químico importante para os processos bioquímicos e biológicos é o oxigênio dissolvido na água, pois este tem ação direta no metabolismo dos organismos, como, por exemplo, na respiração, bem como participa dos processos de oxidação da matéria orgânica e de compostos químicos como a amônia-N e o nitrito-N (SILVA, 2003). Além disso, segundo Flores Montes (1996), é um importante indicador de áreas poluídas, uma vez que baixas concentrações poderão indicar uma poluição química, física ou orgânica e valores muito elevados, processos de eutrofização, que também poderão ter consequências negativas, como depleção noturna, o que poderá provocar a migração ou morte de animais de grande importância no elo trófico e econômica.

Segundo diversos autores, o teor de oxigênio dissolvido na água está diretamente relacionado com alguns processos e parâmetros, tais como a troca gasosa existente entre a água e a atmosfera, a fotossíntese, a respiração, a decomposição aeróbica da matéria orgânica, a temperatura, a salinidade.

Nos ecossistemas aquáticos o oxigênio dissolvido pode ser considerado um parâmetro não-conservativo, pois é consumido pela respiração e processos oxidativos e reposto pela fotossíntese e pelas trocas gasosas com a atmosfera. Ele é considerado um indicador sensível aos processos biológicos e químicos que possam ocorrer neste ambientes.

No rio Botafogo, não foi registrada uma variação sazonal definida. As concentrações foram menores em relação ao rio Carrapicho nos dois períodos estudados, o qual apresentou águas mais oxigenadas. Essas menores concentrações são características de ambientes impactados, isso devido a maior carga de matéria orgânica, provocando um desequilíbrio no balanço de consumo e aportes do oxigênio.

A variação espacial, no período chuvoso, apresentou um gradiente crescente da parte interna para a foz do rio, estes maiores valores podem ser devido a maior mistura das águas nesta direção e maiores valores de clorofila - a. No período seco não se observou um padrão definido de variação espacial.

No rio Carrapicho, no período chuvoso foi observado um gradiente com valores crescentes em direção a foz do rio. Em relação ao período seco os valores decresceram de forma inversa.

Macêdo e Costa (1978) apresentaram um sistema de classificação para as águas estuarinas do Nordeste do Brasil baseado no teor de saturação do oxigênio: Zona saturada – com teores de saturação acima de 100%; Zona de baixa saturação – com teores de saturação entre 50 e 100%; Zona semi-poluída – com teores de saturação entre 25 e 50%; Zona poluída – com teores de saturação abaixo de 25%.

De acordo com este sistema de a classificação foi observado que o rio Botafogo, no período chuvoso, variou entre uma zona saturada (128,78%), e zona de baixa saturação (73,64%). Em relação ao período seco o rio Botafogo, de maneira geral, apresentou-se como zona de baixa saturação.

O rio Carrapicho, no período chuvoso, esteve na faixa saturada, enquanto que no período seco variou entre zona saturada e zona de baixa saturação. Os valores médios de saturação do rio Carrapicho foram maiores que no rio Botafogo, mesmo com características de águas mais quentes e mais salinas. Esta saturação pode ser justificada pelo menor consumo, por processos oxidativos e pela maior concentração de clorofila – a.

Losada (2000), estudando o estuário dos rios Ilhetas e Mamucaba (PE) não verificou sazonalidade, mas observou na preamar zonas saturadas e de baixa saturação e na baixa-mar zonas semi-poluídas e poluídas, com mínimo de saturação de 7,66%. Por outro lado Bastos (2002), no estuário do rio Una (PE), registrou os maiores valores no período chuvoso com máximo de 132%, correspondendo a zonas saturadas. No presente estudo não foram registradas zonas semi-poluídas e/ou poluídas.

A matéria orgânica é formada por vários componentes, como proteína, carboidratos, uréia, surfactantes (detergentes), gordura, óleos, fenóis, pesticidas, etc. Essa matéria carbonácea, que pode se apresentar em suspensão ou dissolvida, pode ser biodegradável ou não. A demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.) pode ser definida como a quantidade de oxigênio dissolvido utilizado para decompor a matéria orgânica presente no ambiente pelos organismos decompositores. Este consumo pode causar

depleção do oxigênio dissolvido no ambiente ocasionando danos para a biota. Logo, a D.B.O. é um ótimo indicador dos aportes da matéria orgânica no meio, de forma natural ou por ação antrópica.

A DBO observada no rio Botafogo esteve inferior a 5 mg.L^{-1} , tanto no período chuvoso como no seco. Foi observada uma discreta sazonalidade, com valores maiores no período chuvoso. A variação espacial não mostrou um padrão definido, no período chuvoso e seco. No rio Carrapicho a DBO também foi inferior a 5 mg.L^{-1} , e inferior aos valores do rio Botafogo. Com relação à variação espacial, não houve um padrão definido de variação nas áreas estudadas.

O rio Botafogo apresentou maior demanda no período chuvoso, o que evidencia uma maior quantidade de matéria orgânica neste período, quer seja de fontes pontuais e/ou difusas de origem doméstica ou industrial, porém com renovação constante e intensa dos aportes continentais pelas águas marinhas.

O rio Carrapicho apresentou valores de D.B.O. menores que o rio Botafogo e não houve diferença significativa entre o período chuvoso e seco, estando às águas sempre com boa disponibilidade de O.D.

Losada (2000), no estuário dos rios Ilhetas e Mamucaba (PE), registrou valores abaixo de $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$, não verificando sazonalidade apenas picos no período chuvoso e seco. Campelo (1999), na praia de Carne de Vaca (PE) encontrou valores mínimos de $0,12 \text{ mg.L}^{-1}$ e máximo de $1,38 \text{ mg.L}^{-1}$, valores bem abaixo dos encontrados na área em estudo. Feitosa (1998), na Bacia do Pina (PE) registrou máximo de $9,29 \text{ mg.L}^{-1}$, valor bem elevado considerando a área estudada e os trabalhos relacionados.

Segundo Cavalcanti (2003), o pH da água é de fundamental importância para as demais variáveis químicas de interesse ambiental, por exemplo, alcalinidade e dióxido de carbono (CO_2), podendo ser utilizado como indicador de possíveis alterações fisiológicas dos organismos. Suas variações no meio estão diretamente relacionadas ao ciclo do CO_2 . Durante o dia, os vegetais clorofilados utilizam-no para a produção de energia, havendo liberação de oxigênio e conseqüente aumento do pH. No período noturno, os organismos aquáticos do meio liberam CO_2 através da respiração, e este

reage com os carbonatos e a água para formar bicarbonatos, os quais, quando dissociados, liberam íons de hidrogênio (H^+), reduzindo o pH.

Para Sassi e Watanabe (1980), a variação do pH nos estuários, depende do fluxo e refluxo das marés e da quantidade de água doce proveniente dos tributários.

No rio Botafogo, o pH apresentou uma variação sazonal com menores valores no período chuvoso, evidenciando-se um ambiente menos alcalino, isso devido a maiores aportes fluviais. Em relação ao período seco foram detectadas águas mais alcalinas, em decorrência de uma maior influência das águas marinhas equilibrando o pH pela capacidade de equilibrar a relação gás carbônico:carbonato; pela ausência de chuvas como pela maior evaporação, devido ao aumento da temperatura nesta época.

Nos trabalhos de Bastos (2002), estuário do rio Una (PE); Branco (2001) em Barra de Jangadas (PE); Honorato da Silva (2003) no estuário do rio Formoso (PE) e Grego (2004) no estuário do rio Timbó (PE), não foi registrada sazonalidade e os valores do pH mantiveram-se sempre alcalinos.

No rio Carrapicho o período chuvoso também apresentou pH menos alcalino e no período seco houve um aumento deste, verificando-se um padrão sazonal idêntico ao rio Botafogo.

A variação espacial deste parâmetro tanto para o rio Botafogo como para o rio Carrapicho, nos dois períodos analisados não houve um padrão definido de variação. Discretamente houve um aumento do pH da parte interna para a foz. Estes maiores valores coincidem com maiores concentrações de oxigênio dissolvido e maior atividade fotossintética nesta direção. O pH pode variar em decorrência dos processos de respiração e fotossíntese, onde no primeiro ocorre liberação de CO_2 e conseqüente diminuição do pH, na fotossíntese há o consumo deste gás e aumento do pH.

Para Ande e Xisan (1989), além dos parâmetros já mencionados, destacam-se, também, nos ecossistemas estuarinos, os sais nutrientes que podem apresentar-se na forma nitrogenada ($NH_3 + NH_4^+$, NO_2^- e NO_3^-), silicato-Si e fosfato-P, e que, juntamente com a luz, podem ser fatores limitantes da produção fitoplanctônica. A distribuição

desses nutrientes nestes corpos d'água é controlada por processos físicos, topográficos, químicos, biológicos e sedimentológicos, tendo como principais fontes às descargas fluviais e águas de drenagem terrestre provocadas pelas chuvas.

A pouca profundidade dos ambientes estuarinos e o fato de estarem constantemente sujeitos a alternância das marés, provoca movimentos de turbulência, removendo nutrientes que estavam no sedimento, tornando-os disponíveis para os organismos fotossintetizantes.

De acordo com Noriega (2004), no ciclo do nitrogênio, este elemento apresenta várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2) em equilíbrio entre a atmosfera e a água; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); nitrito (NO_2^-); nitrato (NO_3^-) e nitrogênio amoniacal (NH_3 , NH_4^+ , uréia, ácido úrico, etc.).

Dentre estes compostos nitrogenados a amônia-N é a forma preferível do fitoplâncton devido ao menor gasto de energia para assimilação em relação ao nitrato-N, porém índices altos deste elemento podem ser prejudiciais para a biota. A amônia-N pode se apresentar na forma não ionizada (NH_3) e ionizada (NH_4^+). Este balanço é controlado pelo pH da água, sendo a forma não ionizada mais abundante em pH menor que 7, e a forma ionizada em pH acima de 8. Vários processos podem determinar a distribuição espacial e as concentrações deste elemento no ambiente como a nitrificação, os processos naturais de transporte e a próprio ciclo de regeneração dos nutrientes a sua forma inorgânica.

Segundo Jordan *et. al.* apud Flores Montes (1996), relatam que o fitoplâncton geralmente absorve amônia em vez de nitrato-N, se a concentração da amônia for superior a $1,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$, porém o nitrato-N é algumas vezes absorvido em concentrações tão altas com $40 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

No rio Botafogo a amônia apresentou um padrão sazonal definido com aumento das concentrações no período seco, com valor máximo de $3,004 \mu\text{mol.L}^{-1}$. A variação espacial mostrou que nos períodos chuvoso e seco houve um aumento das concentrações em direção a parte interna do rio. Esta variação espacial pode ser

explicada pela influencia das descargas de drenagem terrestre na parte mais interna do estuário, e pelas atividades antrópicas desenvolvidas nesta área.

Outra causa do aumento seria a aceleração dos processos de nitrificação provocado pelo aumento da temperatura e disponibilidade de oxigênio dissolvido, como descrito por Medeiros (1991).

No rio Carrapicho a amônia não apresentou um padrão definido de sazonalidade, não se observou variações acentuadas entre os dois períodos de coleta, apresentando menores concentrações em relação ao rio Botafogo. Os maiores valores na parte interna do rio coincidiram com os maiores índices de chuvas, sem maior influencia continental.

Noriega (2004), estudando os rios Pirapama e Jaboatão (PE) registrou valores altos de amônia no período chuvoso, o mesmo observado no rio Botafogo, e atribui este fato aos aportes antrópicos diretos e indiretos, influenciados pelo aumento na descarga fluvial produto das maiores precipitações.

O nitrito-N é a forma menos estável dentre os compostos nitrogenados, o que justifica suas baixas concentrações no ambiente aquático. Tanto o nitrito como o nitrato são formas mais oxidadas que a amônia. Estes nutrientes como os demais, podem vir principalmente de duas fontes, como as fontes internas (autóctone), que é resultado da remineralização da matéria orgânica natural do ambiente perfazendo um ciclo, e as fontes externas (alóctone) que podem vir da atmosfera, da lixiviação continental e das atividades humana, sendo estas, em particular, mais preocupante nos dias atuais.

Aminot & Chaussepied (1983), citam a concentração de até $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de nitrito-N como normal em ambientes não contaminados.

No rio Botafogo foram registrados valores de nitrito-N, inferiores aos citados anteriormente, com um discreto aumento das concentrações no período seco, não apresentando um padrão sazonal definido. Estes baixos valores podem ser explicados pela aceleração dos processos de nitrificação, que são favorecidos pelas altas temperaturas e a disponibilidade de oxigênio, o que pode ser confirmado pelas altas concentrações de nitrato. A variação espacial deste parâmetro no período de maior

precipitação apresentou maiores valores na parte interna do rio, Em relação ao período seco os valores diminuíram em direção as águas mais salinas.

O rio Carrapicho não apresentou uma sazonalidade bem definida, porém a distribuição espacial se caracterizou por apresentar as maiores concentrações na parte mais interna do estuário.

Valores altos de nitrito-N podem ser indicadores de poluição, fato registrado por Grego (2004), no estuário do rio Timbó (PE), com valor máximo de $1,87 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Branco (2001), no estuário de Barra das Jangadas (PE) também não registrou padrão sazonal definido, tendo as concentrações variado desde quantidades indetectáveis a $3,93 \mu\text{mol.L}^{-1}$, verificando também um gradiente crescente da porção mais externa para a mais interna do estuário. Em contrapartida Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE) verificou um padrão nítido de sazonalidade do nitrito-N, estando ele mais concentrado no período de maior precipitação pluviométrica (junho e julho/2002).

O nitrato-N é resultado da oxidação completa dos compostos nitrogenados, a partir da atividade aeróbica de bactérias. Altas concentrações deste nutriente indicam maiores aportes de matéria orgânica. Em regiões tropicais onde prevalecem as altas temperaturas há uma aceleração dos processos de degradação desta matéria, levando a elevados índices de nitrato-N, tornando o ambiente eutrofizado.

Para Baumgarten e Pozza (2001), o nitrato-N é a forma mais estável em solução aquosa, sendo um importante nutriente dissolvido para os produtores primários, e é regenerado por via bacteriana (nitrificação ou oxidação total do amônio) a partir do nitrogênio orgânico, que pela decomposição da matéria orgânica se transforma e nitrogênio amoniacal (amonificação).

As reações bioquímicas de oxidação da amônia a nitrito e posteriormente a nitrato, consomem oxigênio dissolvido do meio, podendo causar um desequilíbrio no balanço produção/consumo deste gás no ambiente aquático, afetando diretamente as espécies aquáticas.

Aminot e Chaussepied (1983), citam concentrações até $15 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de nitrato-N como normais em ambientes estuarinos não contaminados.

No rio Botafogo houve variação sazonal do nitrato-N com valores maiores no período seco. A variação espacial deste parâmetro apresentou um padrão, com diminuição das concentrações em direção às águas mais salinas tanto, no período seco com no chuvoso. Foi observada uma clara contribuição continental, deste nutriente, para a zona estuarina.

No rio Carrapicho, como no Botafogo, os valores mais elevados foram registrados no período seco, porém o rio Carrapicho teve concentrações menores deste nutriente, estando estes valores coincidindo com os maiores valores de biomassa fitoplanctônica. A variação espacial no período chuvoso apresentou um aumento das concentrações em direção à foz do rio, já no período seco não houve um padrão definido. No período chuvoso a variação espacial coincidiu com a direção do fluxo da maré vazante, indicando haver um transporte deste nutriente para as regiões marinhas.

Alguns autores como Feitosa (1999), na Bacia do Pina (PE); Branco (2001), no estuário da Barra de Jangadas (PE); Bastos (2002), no estuário do rio Una (PE), encontram uma variação sazonal tanto para nitrito-N com para o nitrato-N, onde as maiores concentrações foram registradas no período chuvoso, demonstrando influência da drenagem terrestre no aporte destes nutrientes.

Em áreas poluídas, com baixos valores de oxigênio dissolvido, pode haver o processo de desnitrificação e/ou amonificação do nitrato-N, ocorrendo perda deste nutriente e aumento das concentrações de amônia a níveis tóxicos para a biota. Nas áreas estudadas não foram verificados tais processos, porém o rio Botafogo apresentou altos valores de nitrato-N, o que é indicativo de um possível processo de eutrofização. Vale salientar que na área estuarina do rio Botafogo encontram-se dois grandes empreendimentos de carcinicultura, sendo suas águas drenadas para este rio.

O fósforo é um elemento de extrema importância para os organismos sendo constituinte de compostos vitais como o ATP (adenosina-trifosfato), que um dos mais

importantes compostos energéticos, DNA e membranas celulares, sendo de extrema importância para o desenvolvimento do fitoplâncton.

Em águas naturais, pode-se encontrar o fósforo predominantemente na forma de fosfatos (ortofosfatos ou íons do ácido ortofosfato) em solução, em partículas ou detritos (fósforo particulado orgânico ou inorgânico), ou ainda incorporado á estrutura de organismos aquáticos (fósforo orgânico) (BAUMGARTEN E POZZA, 2001).

A principal fonte de fosfato-P dissolvido disponível para o fitoplâncton, em ambientes aquáticos, são as rochas continentais, por isso sua maior abundância em ambientes estuarinos do que em regiões oceânicas. Livre no ambiente estuarino ele reage rapidamente com uma grande variedade de superfícies e através de processos de adsorção e dissociação ele é captado ou liberado. Segundo Benitez-Nelson apud Noriega (2004), grande parte do “input” de fósforo proveniente dos rios está na forma particulada, podendo estas partículas serem removidas rapidamente na costa através do processo de sedimentação.

Chambers *et al.* (1995), relatam que durante o processo de drenagem o material em suspensão e o fósforo a ele associado, passam por principalmente por diversas mudanças de salinidade e pH, o que pode influenciar na troca de fósforo inorgânico entre a água e o material particulado.

Para Howarth *et al.* apud Santos (2004), a mistura das águas continentais com a marinha nas áreas estuarinas cria características químicas únicas, que afetam a adsorção do fósforo inorgânico nas partículas suspensas.

A troca de fósforo entre o sedimento e a coluna d'água é regulada pelos processos de oxi-redução, sendo armazenado no sedimento pela oxidação e liberado por redução (AGUIAR, 2002). A disponibilidade do fósforo também pode ser afetada pelas concentrações de cristais de CaCO_3 , que é de origem marinha, isto devido ao fato do fósforo ser adsorvido aos CaCO_3 e arrastado para o sedimento em pH elevado, porém em áreas estuarinas a diminuição do pH pode dissolver os cristais e o fosfato é liberado.

Aminot e Chaussepied (1983), estabeleceram $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ como a máxima concentração de fósforo em ambiente não contaminados.

No rio Botafogo o fosfato apresentou um discreto padrão sazonal, com o período seco apresentando valores mais elevados. Apesar do aumento os valores estiveram sempre abaixo $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$. A variação espacial do fosfato-P mostrou que as concentrações diminuíram em direção a foz, não apresentando um padrão definido. No período seco as concentrações diminuíram em direção a águas mais salinas. No rio Carrapicho não foi verificado sazonalidade nas concentrações de fosfato nem uma variação espacial definida.

Uma variação sazonal aproximada à encontrada no rio Botafogo, foi registrada por Flores Montes (1996), no canal de Santa Cruz (PE); Losada (2000), nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (PE), onde os maiores teores estavam no período seco.

Grego (2004) no estuário do rio Timbó (PE), registrou elevadas concentrações de fosfato, sendo verificado uma drástica redução durante a baixa-mar, possivelmente em decorrência de um maior consumo pela comunidade fitoplanctônica, visto que neste mesmo período ocorreu a maior medição da biomassa destes organismos (clorofila - *a*).

Segundo Jordan *et. al.* apud Flores Montes (1996), o aumento da salinidade nas zonas estuarinas, aumenta as concentrações de sulfatos, pela oxidação do sulfito, diminuindo a capacidade dos sedimentos em reter fosfato. Liberação de fosfato-P dissolvido de sedimentos terrígenos, pode ser um fato comum para muitos estuários e explicaria em parte, porque o nitrogênio em vez de fósforo é usualmente o limitante em águas estuarinas e costeiras.

De acordo com Darley (1982), a importância das concentrações de silicato no meio está intimamente relacionada à ecologia das diatomáceas, cuja frústula de sílica é a base estrutural da parede celular.

No rio Botafogo o silicato-Si apresentou uma variação sazonal com valores mais elevados no período chuvoso. A variação espacial mostrou nos dois períodos analisados uma diminuição das concentrações em direção a águas mais salinas, estas

maiores concentrações na parte mais interna do rio, demonstra uma forte influência continental no aporte deste nutriente. No rio Carrapicho os valores de silicato foram mais elevados no período seco, salientado que estes valores foram menores que os registrados no rio Botafogo.

Padrão semelhante de sazonalidade ao rio Carrapicho foi registrado por Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE), que justificou como consequência a um menor consumo pelas diatomáceas, já que neste período foram também registradas as menores concentrações de biomassa. Branco (2001) no estuário de Barra das Jangadas (PE), também encontrou padrão semelhante. Nascimento *et al.* (2002), na bacia do Pina (PE), observou maiores concentrações de silicato no período chuvoso, tanto na preamar como na baixa-mar.

Grego (2004) registrou o silicato-Si como o nutriente de maior concentração no estuário Timbó, em decorrência deste nutriente ser de origem continental, coincidindo com a maior dominância das diatomáceas. O mesmo padrão foi observado por Varela e Prego (2003), no Porto de La Coruña Harbour (Espanha), que observaram altas concentrações do silicato-Si durante o período estudado, havendo grande diminuição ($<5\mu\text{mol. L}^{-1}$), no período de florações de diatomáceas.

Segundo Grego *op. cit.*, as altas concentrações dos nutrientes por ela registrado, em especial nitrito e fosfato, evidenciam a grande ação antrópica (doméstica e industrial) que o ambiente em estudo vem sofrendo, principalmente na porção superior do estuário, entretanto, deve-se levar em consideração ainda a pouca profundidade do ambiente e o regime de maré, o que propicia a ressuspensão dos nutrientes sedimentados.

Para Smayda (1983), é de extrema importância caracterizar a variabilidade da clorofila - a em longo prazo, em diferentes regiões, não apenas como uma característica da variação natural, mas como uma forma essencial para detectar qualquer efeito antrópico sobre a dinâmica do fitoplâncton em águas costeiras.

Compreender a relação entre o suprimento de nutrientes e a formação da biomassa fitoplactônica é de fundamental importância para predizer e, se possível, evitar processos de eutrofização.

Losada (2000) relatou que em áreas tropicais, as maiores concentrações de clorofila - *a* podem ocorrer no período chuvoso ou no seco, isso vai depender da variabilidade dos parâmetros oceanográficos de cada área estudada. Ainda segundo o mesmo autor, o principal fator condicionante é a chuva, pois tanto pode contribuir com o aumento de sais nutrientes, aumentando a biomassa primária, como pode aumentar a quantidade de material em suspensão, aumentando conseqüentemente a turbidez e limitando o desenvolvimento do fitoplâncton.

Para Resurreição (1996), a precipitação pluviométrica correlaciona-se de maneira inversa com as concentrações de clorofila - *a* nas estações próximas da costa, enquanto que nas mais afastadas verifica-se uma correlação positiva entre precipitação e biomassa primária, com uma contribuição das chuvas para o incremento de teor de clorofila - *a*. Este padrão foi registrado no rio Carrapicho, porém no rio Botafogo a precipitação se correlacionou de forma direta com a clorofila - *a*.

No rio Botafogo, a clorofila - *a* apesar de apresentar um máximo de 20,56 mg.m⁻³ no período seco superior ao máximo de 14,33 mg.m⁻³, no período chuvoso, a média para este período foi de 9,22 mg.m⁻³, enquanto no período seco foi de 6,55 mg.m⁻³, registrando-se os maiores teores no período chuvoso. A variação espacial mostrou uma tendência de aumento em direção das águas mais salinas.

No rio Carrapicho os teores de clorofila - *a* foram maiores no período seco, com mediana de 9,51 mg.m⁻³, coincidindo com o aumento das concentrações dos nutrientes dissolvidos, evidenciando-se sazonalidade. Quanto à variação espacial não apresentou uma distribuição definida.

Passavante & Koenig (1984), estudando o rio Botafogo, registraram valores de biomassa que variaram de 1,6 a 19,0 mg.m⁻³, indicando que esta região estava bastante eutrofizada, porém com capacidade de sustentar uma elevada produção secundária.

Melo Magalhães (2000), no complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (AL), Branco (2001), no estuário de Barra das Jangadas (PE), Bastos (2002), no estuário do rio Una (PE) e Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE), verificaram uma relação positiva entre os valores de clorofila - *a* e os maiores índices pluviométricos.

As concentrações de clorofila - *a* aumentaram no período seco no rio Carrapicho, o que é justificável pelo aumento dos sais nutrientes neste período, pela diminuição da turbidez, que favorece a maior penetração de luz, e pelo aumento de temperatura.

No rio Botafogo os maiores valores de biomassa não coincidiram com os maiores valores de nutrientes no período seco, indicando possivelmente o nitrato como fator limitante no período seco, o que foi verificado na ACP, onde o nitrato-N teve uma correlação inversa com a clorofila - *a*.

Branco (2001), no estuário de Barra de Jangadas, verificou um padrão de variação sazonal, onde encontrou valores mais elevados no período chuvoso, coincidindo com valores elevados de nutrientes. O mesmo padrão também foi observado por Melo Magalhães (2000), no complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (AL), Bastos (2002), no estuário do rio Una (PE) e Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE) e Campelo (1999) na praia de Carne de Vaca (PE), verificaram uma relação positiva entre os valores de clorofila - *a* e os maiores índices pluviométricos. Losada (2000), estudando o estuário dos rios Ilhetas e Mamucaba (PE), registrou um padrão sazonal com maiores valores de biomassa no período seco.

Nas duas áreas estudadas foram registrados elevados valores de temperatura, nos dois períodos. No rio Botafogo, pela análise dos componentes principais (ACP), a salinidade apresentou correlação direta com o O.D. e clorofila-*a*, e inversa com os nutrientes nitrogenados e silicato-Si, em consequência da maior influência das águas marinhas, com maior estabilidade térmica. Separando claramente águas de maior salinidade, mais oxigenadas, e menores teores de nutrientes, com aquelas de maior influência continental, dos processos naturais de lixiviação e atividades antrópicas. Esta

maior influência fluvial mostrou um ambiente com elevados valores de nutrientes dissolvidos e menores teores de clorofila - a e oxigênio, o que pode indicar uma maior carga de material em suspensão, limitando o processo fotossintético e aumentando do consumo de oxigênio para a oxidação da matéria orgânica.

No rio Carrapicho a clorofila-a se correlacionou positivamente com os nutrientes nitrogenados (amônia-N, nitrito-N e nitrato-N) e silicato-Si, e negativamente com águas mais oxigenadas, em consequência de menores aportes continentais, maior intrusão de águas salinas, que permitiram maior estabilidade hidrológica, e menores variações de salinidade.

Os nutrientes nitrogenados (amônia-N, nitrito-N e nitrato-N), nos dois estuários, correlacionaram-se negativamente com o oxigênio dissolvido e salinidade, indicando também que as principais fontes de enriquecimento destes ambientes são as fontes continentais, que dependendo da qualidade e quantidade poderão resultar em fortes impactos ambientais e prejuízo ao meio ambiente.

Pela disposição dos parâmetros na ACP, pode-se indicar como sendo o nitrogênio o principal controlador da biomassa fitoplancônica, não sendo o fosfato-P um elemento limitante para o fitoplâncton.

O silicato-Si nos dois estuários correlacionou-se positivamente com os nutrientes nitrogenados (amônia-N, nitrito-N e nitrato-N) e negativamente com oxigênio dissolvido e salinidade, indicando que os aportes fluviais controlam suas concentrações. O rio Botafogo por ter maior influência fluvial apresentou as maiores concentrações, principalmente no período seco, existindo sempre grande disponibilidade na área estudada.

De uma forma geral, os valores dos parâmetros analisados apresentaram uma maior variação no estuário poluído (rio Botafogo), com valores elevados, indicando uma maior influência das atividades antrópicas em relação ao estuário controle (Carrapicho). Os parâmetros mais alterados foram indicados pelos altos teores de nutrientes na estação mais à montante do estuário (P-1), principalmente do nitrato-N e fosfato-P, junto com o valor deficitário de oxigênio dissolvido, seguido de aumento do

nitrogênio amoniacal e nitrito-N na P-2, estação esta, que recebeu influencia direta dos efluentes de um projeto de carcinocultura.

O estuário do rio Botafogo caracterizou-se como um ambiente eutrófico de acordo com os valores de clorofila – a, segundo o Índice de Estado Trófico de Carlson (1974), em consequência do recebimento de grandes aportes de nutrientes, advindos das atividades agroindustriais e domésticas. Suas características físicas e químicas apontam para um eventual quadro de eutrofização o que provocará a degradação desta área estuarina.

6. CONCLUSÕES

- O regime de salinidade variou de polialino a mesoalino no rio Botafogo, e do regime eualino ao ploalino no rio Carrapicho;
- No rio Botafogo foram registrados os menores valores de oxigênio dissolvido, estando o estuário do rio Carrapicho durante todo estudo com valores maior nível de oxigenação. A D.B.O. foi mais elevada no rio Botafogo indicando um maior aporte de matéria orgânica, em decorrência da maior influencia continental e das atividades antrópicas;
- O pH nos dois estuários manteve-se sempre alcalino, com menores valores no período chuvoso;
- A elevação dos teores de nutrientes no período seco, principalmente no rio Botafogo, é um indicativo de importantes aportes antrópicos;
- O rio Botafogo durante o período seco apresentou os maiores valores de nutrientes dissolvidos e menores de biomassa, sugerindo ser o nitrato-N o fator limitante, pela correlação inversa nitrato:clorofila - a na análise dos componentes principais;
- As concentrações de fosfato-P permaneceram próximas nos dois estuários, provavelmente pelos baixos aportes continentais, enquanto que o nitrato-N no rio Botafogo apresentou concentrações elevadas, principalmente no período seco, devido ao aumento do processo de nitrificação e menor consumo pelo fitoplâncton;
- As concentrações da biomassa primária foram maiores no estuário-controle, indicando menor ação antrópica e maior estabilidade do ambiente;
- O estuário do rio Botafogo caracterizou-se como um ambiente eutrófico de acordo com os valores de clorofila – a, em consequência do recebimento de grandes aportes de nutrientes, advindos das atividades agroindustriais e domésticas. Suas

características físicas e químicas apontam para um eventual quadro de eutrofização o que provocará a degradação desta área estuarina.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, PC, C HARTMANN & C ODEBRECHT. 1995. **Nutrient-rich saltwater and its influence on the phytoplankton of the Patos Lagoon estuary, Southern Brazil**. Estuar. Coast. Shelf. Sci., 40: 219-229.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Comissão de Estudos de Documentação. **Numeração progressiva das seções de um documento: procedimento**. NBR 6024 Rio de Janeiro. 1989a. 3 p.

_____. Comissão de Estudos de Documentação. **Sumário: procedimento**. NBR 6027. Rio de Janeiro. 1989b. 2 p.

_____. Comissão de Estudos de Referências. Informação e documentação - **Referência** – Elaboração. procedimento. NBR 6023. Rio de Janeiro, 2000. 22 p.

_____. Comissão de Estudo de Documentação. **Informação e documentação - Trabalhos Acadêmicos - Apresentação**. procedimento. NBR 14724. Rio de Janeiro, 2001a. 6 p.

_____. Comissão de Estudo de Documentação. Informação e documentação - **Apresentação de citações em documentos**. procedimento. NBR 10520. Rio de Janeiro, 2001b. 4 p.

AGUIAR, V. M. de C. **Estudo da dinâmica do fósforo no sistema estuarino de Santos/São Vicente em seu trajeto em direção à Baía de Santos**. São Paulo, 2002, 166 f, Dissertação (Mestrado em Oceanografia), Universidade de São Paulo, USP.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. CNEXO. Brest. 395 p. 1983.

ANDE, F.; XISAN, J. **Tidal effect on nutrient exchange in Xiangshan Bay, China**. Marine Chemistry, Amsterdam, v. 27, n. 3/4, p. 259-281. 1989.

BARBIERI, V.; TUON, R. L. & ANGELOCCI, L. R. **Programa para microcomputador do balanço hídrico (Thorntwaite & Mather, 1955) para dados mensais e decendiais, normais e sequenciais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., Viçosa, 1991. Resumos. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Viçosa, 1991. p.297-299.

BASTOS, R. B. **Variação espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros abióticos no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil)**. 2002, 56f. Monografia (Graduação em Biologia) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BAUMGARTEN, M. Z. G.; POZZA, S. A. **Qualidade de Águas**. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166p.

BOYNTON, W. R.; KEMP, W. M.; KEEFE, C. W. A. **Comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production.** In: KENNEDY, V. S. (Ed), *Estuarine Comparisons*, London: Academic Press, p. 69-90, 1982.

BRAGA, E. S. **Seasonal variation of atmospheric and terrestrial nutrients and their influence on primary production in an oligotrophic coastal system-southeastern Brazil.** *Revista Brasileira de Oceanografia*. São Paulo, v. 47, n.1. p.47-57, 1999.

BRAGA, E. S. **Estudo dos nutrientes dissolvidos nas águas da enseada das Palmas, Ilha Anchieta (Ubatuba, SP), com ênfase às formas nitrogenadas e contribuição por aportes terrestres e atmosféricos.** São Paulo, 1989. 207 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia).

BRANCO, E. S. **Aspectos ecológicos da comunidade fitoplanctônica no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes - Pernambuco – Brasil).** Recife, 2001. 125f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco.

BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K.S.; SPACH, H.L. & SASSI, R. 1997. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil:** diagnose e revisão bibliográfica. MMA, CIRM, FEMAR. 196 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Estatística. Normas de Apresentação Tabular. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 18-42, 1963.

BROCE, D. A. S. **Importação e exportação de carbono orgânico sob forma particulada através da barra sul do Canal de Santa de Cruz, Itamaracá-PE, Brasil.** Recife, 1994. 83 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), CTG, UFPE.

CHAMBERS, R. M.; FOURQUREAN, J. W.; HOLLIBAUGH, J. T. & VINK, S. M. **Importence of terrestrially – derived, particulate Phosphorous to Phosphorous Dynamics in a West Coast Estuary.** *Estuaries*, 18(3): 518, 1995.

CAMPELO, M. J. A.; PASSAVANTE, J. Z. O. & KOENING, M. L. **Biomassa fitoplanctônica (clorofila a) e parâmetros ambientais na praia de Carne de Vaca, Goiana, Pernambuco, Brasil.** *Trabalhos Ocenográficos da Universidade Federal de Pernambuco*. Recife, v.27, n.2, p.27-41, 1999.

CARLSON, R. E. 1974. **A trophic state index for lakes.** Contribution no 141. Limnological Research Center. University of Minnesota, Mineapolis.17p.

CAVALCANTI, L. B. **Caracterização do Canal de Santa Cruz (Pernambuco-Brasil) em função dos parâmetros físico-químicos e pigmentos fotossintéticos.** Recife, 1976. 115 f. Tese (Livre Docência). C. T. G., UFPE.

CAVALCANTI, L. B.; MACEDO, S. J. de.; PASSAVANTE, J. Z. de O. **Estudo ecológico da região de Itamaracá, Pernambuco-Brasil. XXI. Caracterização do Canal de Santa Cruz (PE) em função dos parâmetros físico – químicos e pigmentos fotossintéticos.** *Trab. Oceanogr. da Univ. Fed. PE.* Recife, v. 16, p. 157-216, 1981.

CAVALCANTI, L. B. **Variações das condições hidrológicas e da clorofila a associadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931), na região estuarina do rio Paraíba do Norte (Paraíba – Brasil).** 2003. 146p. Tese (Doutorado em Oceanografia) Departamento de Oceanografia. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CLARK, J. R. 1996. **Coastal zone management handbook.** Lewis Publis., New york. 694p.

CPRH. **Relatório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco.** Cap. 3.1. 2004. <http://www.cprh.pe.gov.br/frme-index-secao.asp?idsecao=30>.

DARLEY, W. M. **Algal Biology: a physiological approach.** Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1982. 168 p. (Basic Microbiology).

DRONKERS J., ZIMMERMAN, J.T.F. 1982. **Some principles of mixing in tidal lagoons.** *Oceanologica Acta*, No. SP: 107-117. Proceedings International Symposium on Coastal Lagoons, SCOR/IABO/UNESCO, Burdeaux, France.

ESKINAZI-LEÇA, E; FRANCA, L. M. de B.; MACÊDO, S. J. de. **Estudo ecológico da área de Itamaracá (Pernambuco – Brasil). XXIV. “Standing stock” do fitoplâncton do estuário do rio Botafogo, durante janeiro a dezembro/75.** *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife*, v. 18, p. 153-192, 1984.

ESKINAZI-LEÇA, E; MACÊDO, S. J.; PASSAVANTE, J. Z. de O. **Estudo ecológico da região de Itamaracá, Pernambuco – Brasil. V. Composição e distribuição do microplâncton na região do canal de Santa Cruz.** *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife*, v. 15, p. 185-262, 1980a.

ESTEVES, P. C. D. POLLERY, R. C. G. FERNANDES, L. V. **Flutuação sazonal da qualidade da água (nutrientes e pigmentos) na Laguna Maricá, RJ.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON, 4., 1990, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Plâncton, 1991, 499 p. p. 475-499.

FEITOSA, F. A. do N. **Estrutura e produtividade da comunidade fitoplanctônica correlacionados com parâmetros abióticos no sistema estuarino do rio Goiana (Pernambuco – Brasil).** São Paulo, 1997. 250f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 1997.

FEITOSA, F. A. N. **Produção primária do fitoplâncton correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na bacia do Pina (Recife, Pernambuco, Brasil).**

1988. 270f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Departamento de Oceanografia. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

_____.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. de O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; LINS, I. C. **Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v.27, p. 17-25. 1999.

FLINT, R. W. **Coastal ecosystem dynamics: relevance of benthic processes**. Marine Chemistry, Amsterdam, v. 16, n. 4 p. 351-367, July 1985.

FLORES MONTES, M. J. **Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE**. 1996. 124f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

_____.; MACÊDO, S. J.; KOENING, M. L.; LINS CORREIA, I. **Variação Nictemeral do fitoplâncton e elementos nutrientes no Canal de Santa Cruz, Itamaracá - PE - Brasil**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v.26, n.1, p.13-26, 1998.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Normas de Apresentação Tabular**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 62 p.

GRASSHOFF, K. et al. **Methods of seawater analysis**. 2 ed. New York: Velag Chemie, 1983. 317p.

GREGO, C. K. da S. **Distribuição espacial e sazonal da composição e biomassa fitoplantônica correlacionadas com a hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista, Pernambuco)**. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado em oceanografia)- Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

HANSEN, D.V., RATTRAY JR, M. **New dimensions in estuary classification**. Limnol. Oceanogr. Lawrence, v. 11, n. 3, p. 319-326, July, 1966.

HONORATO DA SILVA, M. **Fitoplâncton do estuário do rio Formoso (rio Formoso, Pernambuco, Brasil): biomassa, taxonomia e ecologia**. 2003.131 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)- Departamento de oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

JENNERJAHN, Tim C., ITTEKKOT, Vernugopalan. **Organic matter in sediments in the mangrove areas and adjacent continental margins of Brazil: I. Amino acids and hexoamines**. Germany 1996.

KEMPF, M. **Nota preliminar sobre os fundos costeiros da região de Itamaracá (Norte do Estado de Pernambuco, Brasil)**. Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE. Recife, v9/11, p. 95-110, 1970.

KEMP, W. M. et al. **Nitrogen cycling and estuarine interfaces: some current**

concepts and research directions. In: KENEDDY, V. S. (Ed.), *Estuarine Comparisons*. London: Academic Press, 1982. p.209-226.

KNOPPERS, B. & B KJERFVE. 1999. **Coastal Lagoons of southeastern Brazil: Physical and Biogeochemical characteristics.** In: PERILLO, GME, MC PICCOLO & M PINO-QUIVIRA (eds.). *Estuaries of South America, their geomorphology and dynamics*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg, Chap. 3: 35-66.

LACERDA, S. R. **Variação diurna e sazonal do fitoplâncton no estuário do rio Paripe (Itamaracá – Pernambuco – Brasil).** 1994. 146f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)

LIRA, L. **Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente à Ilha de Itamaracá-Pe.** Porto Alegre, 1975. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Inst. Geoc., UFRS.

LIRA, L.; ZAPATA, M. C; FALCÃO, I. M. de M.; OLIVEIRA-JUNIOR, A. V. de. **Material em suspensão, temperatura e salinidade no estuário do rio Mamucaba (PE).** Caderno Omega, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, v. 2, n. 1, p. 97-116, 1978.

LOSADA, A. P. M. **Biomassa fitoplanctônica correlacionada com parâmetros abióticos nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba e na Baía de Tamandaré (Pernambuco-Brasil).** Recife, 2000. 88f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco.

MACÊDO, S. J.; LIRA, M. E. F.; SILVA, J. E. **Condições hidrológicas do canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE.** Boletim de Recursos Naturais da SUDENE, Recife, v. 11. n. ½, p. 55-90, 1973.

MACÊDO, S. J. **Fisioecologia da alguns estuários do Canal de Santa Cruz (Itamaracá – Pernambuco).** 1974. 121f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

MACÊDO, S. J. & COSTA, K. M. P. **Estudos ecológicos da região de Itamaracá, Pernambuco – Brasil.** Condições Hidrológicas do Estuário do Rio Botafogo. Ciência e Cultura, São Paulo, 30 n.7, p.346-368. 1978.

MACÊDO, S. J.; MELO, H. N. S. & COSTA, K. M. P. **Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco-Brasil.** XXIII. Condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v. 17, p. 81-122, 1982.

MACÊDO, S. J. & COSTA, K. M. P. **Condições hidrológicas do estuário do rio Igarau- Itamaracá - Pernambuco.** Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v. 21, p. 7-32, 1990.

MACÊDO, S. J.; SANTOS, Terezinha Lucia dos; PASSAVANTE, J. Z. O.; KOENING, Maria Luise ; LINS, Iara Correia . **Fitoplâncton do Estuário do Rio**

Jaguaribe (Itamaracá-Pernambuco, Brasil): Produção e Hidrologia. Rvta Ecologia Aquática Tropical, Natal, v. 10, p. 43-69, 2000.

MEDEIROS, C. **Circulation and mixing processes in the Itamaracá estuarine system, Brazil.** Columbia, 1991. 131 p. Tese (Doctor in Phylosophy). University of South Carolina.

_____, KJERFVE, B. 1993. **Hydrology of a tropical system:** Itamaracá, Brazil. Estuar. Coastal and Shelf Sci. 36: 495-515.

MELO MAGALHÃES, E. M. **Ecologia do fitoplâncton do complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas-Brasil.** 2000. 92f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MIRANDA, L.B. 1984. **Cinemática e Dinâmica dos Estuários.** São Paulo, BSP. 360p.

MMA. 1996. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União.** MMA, UFRJ, FUJB, LAGET. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente. 280p.

NASCIMENTO, F. C. R., MUNIZ, K., FEITOSA, F. A. N., ARAUJO, J. P., SILVA, R. M. S., SILVA, G. S., FLORES-MONTES, M. J. **Disponibilidade nutricional da Bacia do Pina e rio Tijipió (Recife – PE – Brasil) em relação aos nutrientes e biomassa primária (Setembro/2000).** Tropical Oceanography. Recife, v. 30, p. 1 - 21, 2002.

NIXON, S. W. **Quantifying the relationship between nitrogen input and the productivity of marine ecosystems.** Proceedings of the Advanced Marine Technical Conference, v. 5, p. 57-83, 1992.

NORIEGA, D. E. C. **Influência e grau de poluição dos rios Pirapama e Jaboatão no estuário da Barra das Jangadas (PE-Brasil): Ciclo Temporal,** Recife, 2004. 163 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Abiótica), CTG-UFPE.

NOVELLI, Yara Shaeffer. **Manguezal Ecossistema entre a terra e o mar.** SP 1995.

PAIVA, R. S. **Parâmetros físicos, químicos, biomassa e produção primária do fitoplâncton na plataforma continental amazônica.** 2002. 140f. Tese (Doutorado em Oceanografia)-Universidade de São Paulo, São Paulo.

PARSONS, T. R. & STRICKLAND, J. D. H., 1963. **Discusson of spectrophometric determination of marine-plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophyll-a and carotenóis.** Journal Marine Research, 21: 105-156.

PASSAVANTE, J. Z. O. **Produção primária do fitoplâncton do Canal de Santa Cruz (Itamaracá - Pernambuco).** São Paulo, 1979. 188f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; KOENING, M. L. Estudo ecológico da região de

Itamaracá, Pernambuco, Brasil. XXVI. **Clorofila a e material em suspensão no estuário do rio Botafogo**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 18, p. 207-230, 1984.

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**. Estuarine, coastal and shelf science, 53:249-257.

PERKINS, E. J. **The biology of estuaries and coastal waters**. London: Academic Press, 1974. 678p.

POOLE, H. H. & ATKINS, W. R. G. 1929. **Photoelectric measurements of submarine illumination throughout the year**. Journal Marine Biological Association United Kingdom, 16: 297-325.

PORTO-NETO, F. F. **Variação Nictemeral e Sazonal do zooplâncton no Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE**. Recife, 1998, 146p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia)-UFPE.

REDFIELD, A.C.; KETCHUM B.H. e RICHARDS F.A. **The influence of organisms on the composition of sea – water**. The Sea- vol. 2 – Interscience publishers, John Wiley & Sons. New York. London 1963.

RESURREIÇÃO, M. G., PASSAVANTE, J. Z. de O., MACÊDO, S. J. **Estudo da plataforma Continental na área do Recife (Brasil): variação sazonal da biomassa fitoplanctônica (08°03'38" Lat. S; 34°42'28" a 34°52'00" long. W)**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de PE, Recife, v. 24, p. 39-59. 1996.

SCHULER, C. A. B. ; ANDRADE, V. C. **Mangroves of Santa Cruz's Channel: Composition and Structures**. In: Sustainable use of Estuaries and Mangroves: Challenges and Prospects, 2000, 2000, Recife. Proceedings of the Mangroves 2000, 2000. v. 1. p. np.

SCHULTZ, Y. D.; FÁVARO, L. F. & SPACH, H. L. **Aspectos reprodutivos de *Sphoeroides greeleyi*, da gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá – PR.: Ovogênese e detecção de carboidratos**. Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia. Itajaí – SC. 2000, p. 495.

SANTOS, M. L. S. **Distribuição dos nutrientes (Fósforo e Nitrogênio) na Plataforma Continental do Amazonas**. Recife, 2004, 137 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) CTG-UFPE.

SILVA-CUNHA, M. G. G. **Estrutura e dinâmica da flora planctônica no canal de Santa Cruz – Itamaracá – Pernambuco – Nordeste do Brasil**. 246f. 2001. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia dos sistemas de cultivos**. In: VALENTI, W. C, (Ed.), Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia para Produção de Camarões.

Brasília. IBAMA/FAPESP, 1998. Cap. 3, p. 47-75.

SASSI, R.; WATANABE, T. Estudos ecológicos básicos no estuário do rio Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. **Fitoplâncton e fatores hidrológicos**. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2, 1980. Anais... Belém, Sociedade Brasileira de Plâncton, v. 02, p. 305.

SMAYDA, T. J. The plankton of estuaries. In: KETCHUM, B. H. (Ed.). **Estuaries and enclosed seas**. Amsterdam: Elsevier, 1983. cap. 4., p. 65-112.

SPILLERE, L.; PEREIRA FILHO, J.; SCKETTIMIL, C. A. & SILVA, L. F. **Avaliação da variabilidade e transporte intramareal de nutrientes, cop e clorofila-a no estuário do rio Camboriú durante uma situação de maré de sizígia**. Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia. Itajaí – SC., p. 288-290. 2000.

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. **A practical Handbook of Seawater Analysis**. 2 ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada Bulletin, n.167, p. 207-211, 1972.

UNESCO. **Determination of photosynthetic pigments in sea waters**. Report of SCOR/UNESCO working group 17 with meeting from 4 to 6 June 1964, Paris: s.n., 1966. 69 p. (Monographs on Oceanology Methodology).

UNESCO. **International Oceanographic Table**. Wormly, v. 2, 1973. 141p.

TOLEDO, A.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. 1983. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.12, Camboriú. *Anais*. p. 1-34.

TUNDISI, J. G. O. **O plâncton estuarino**. Contr. Avulsas Inst. Oceano. São Paulo, 1970. Ser. Ocean. Biol., v. 19, p.1.

VARELA, M.; PREGO, R. **Hydrography and phytoplankton in an isolated and non-pristine ria area: the A Coruña Harbour (NW Spain)**. Acta Oecologica. v. 24, 113–124. 2003.

VASCONCELOS FILHO, A. L.; OLIVEIRA, A. M. E. **Composição e ecologia da ictiofauna do Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE-Brasil**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v.27, n.1, p. 101-113, 1999.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. **The estuarine nekton: why and how an ecological monograph**. Preface. In: YÁÑEZ-ARANCIBIA, A (Ed.). Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards an ecosystem integration. Mexico; UNAM, 1985. xv, 654., chap.1. p.1-8.

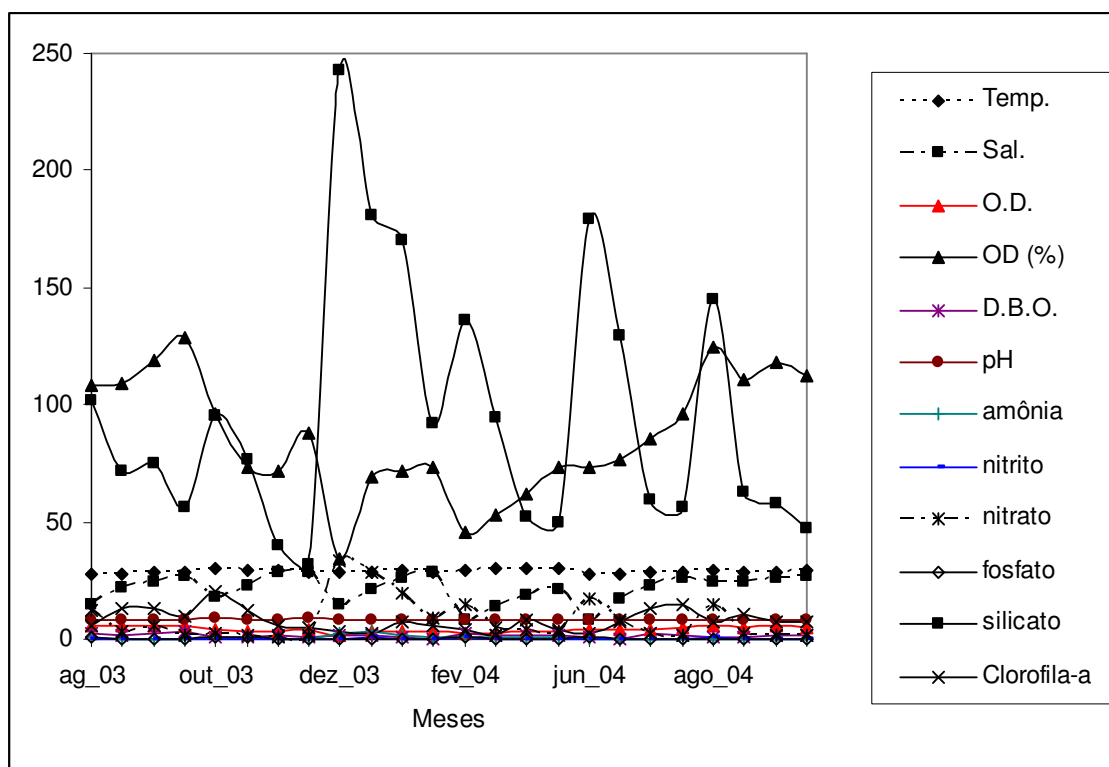
8. ANEXOS

Anexo 1: Dados Hidrológicos do período chuvoso (agosto/2003; junho/2004 e agosto/2004).

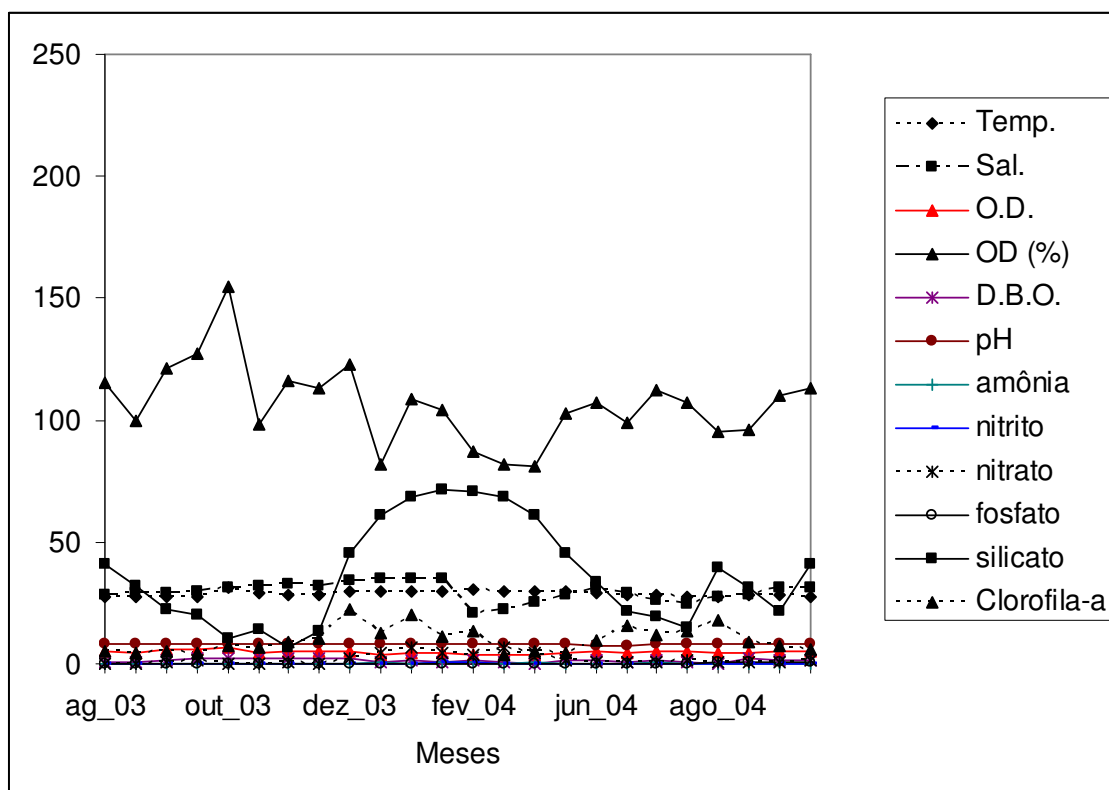
Eatção	Maré	Prof.loc.	Temp. (°C)	Sal.	O.D. (ml.L ⁻¹)	OD (%)	D.B.O. (mg.L ⁻¹)	pH	NH ₃ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	Clorof. (mg.m ⁻³)
Pol-1	VZ	Sup.	28,00	14,54	5,48	108,50	2,15	8,13	0,614	0,363	12,319	0,466	101,927	5,50
Pol-2	VZ	Sup.	28,00	21,67	5,31	109,46	1,95	8,04	0,122	0,300	2,977	0,101	71,973	12,76
Pol-3	VZ	Sup.	28,50	24,76	5,64	119,15	2,64	7,98	0,130	0,331	5,509	0,062	74,557	12,91
Pol-4	VZ	Sup.	28,50	26,51	6,03	128,78	3,62	8,09	0,033	0,254	1,573	0,033	56,027	10,16
Cont-1	VZ	Sup.	27,50	28,13	5,43	114,97	1,01	8,08	0,043	0,147	0,174	0,137	41,046	5,21
Cont-2	VZ	Sup.	27,50	28,80	4,68	99,42	1,07	8,09	0,026	0,160	0,315	0,085	32,124	4,41
Cont-3	VZ	Sup.	27,80	29,21	5,68	121,61	1,76	8,17	0,016	0,001	0,560	0,300	22,467	5,43
Cont-4	VZ	Sup.	27,50	29,88	5,94	127,04	2,50	8,23	0,004	0,001	1,493	0,163	20,323	4,64
Eatção	Maré	Prof.loc.	Temp. (°C)	Sal.	O.D. (ml.L ⁻¹)	OD (%)	D.B.O. (mg.L ⁻¹)	pH	NH ₃ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	Clorof. (mg.m ⁻³)
Pol-1	VZ	Sup.	27,60	8,08	3,88	73,64	0,73	7,93	0,173	0,383	16,783	0,484	178,952	2,42
Pol-2	VZ	Sup.	28,00	17,33	3,82	76,83	0,39	7,92	0,132	0,160	8,450	0,321	129,622	7,41
Pol-3	VZ	Sup.	28,50	22,61	4,11	85,90	2,80	8,18	0,060	0,122	2,426	0,135	59,441	13,13
Pol-4	VZ	Sup.	28,20	25,84	4,55	96,29	1,30	8,22	0,088	0,141	1,538	0,040	55,790	14,33
Cont-1	VZ	Sup.	28,90	24,76	4,84	106,98	1,34	7,78	0,094	0,001	0,419	0,075	33,209	9,35
Cont-2	VZ	Sup.	28,40	26,38	4,59	99,20	0,92	7,69	0,065	0,001	0,564	0,001	21,572	15,28
Cont-3	VZ	Sup.	28,50	28,94	5,25	111,98	1,76	7,90	0,454	0,001	0,481	0,003	19,573	12,02
Cont-4	VZ	Sup.	27,90	31,49	5,14	107,47	0,85	7,89	0,223	0,001	1,612	0,001	15,023	13,42
Eatção	Maré	Prof.loc.	Temp. (°C)	Sal.	O.D. (ml.L ⁻¹)	OD (%)	D.B.O. (mg.L ⁻¹)	pH	NH ₃ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	Clorof. (mg.m ⁻³)
Pol-1	VZ	Sup.	29,40	24,76	5,79	124,29	1,13	7,83	0,001	0,471	14,264	0,121	145,304	7,42
Pol-2	VZ	Sup.	28,90	24,76	5,20	110,61	1,12	7,93	0,003	0,264	2,591	0,096	62,345	10,25
Pol-3	VZ	Sup.	28,80	26,38	5,52	118,36	1,94	8,00	0,005	0,220	1,667	0,044	57,929	6,97
Pol-4	VZ	Sup.	29,00	26,65	5,21	112,18	1,34	8,06	0,057	0,192	1,365	0,312	47,043	7,40
Cont-1	VZ	Sup.	27,20	27,19	4,53	94,97	0,13	8,13	0,064	0,115	0,665	0,458	39,152	18,00
Cont-2	VZ	Sup.	28,00	28,26	4,49	95,94	1,88	7,98	0,038	0,131	0,812	0,452	31,463	9,07
Cont-3	VZ	Sup.	28,00	30,96	5,08	110,30	1,57	8,07	0,014	0,127	0,402	0,383	21,630	7,10
Cont-4	VZ	Sup.	27,80	31,49	5,23	113,44	1,33	8,08	0,049	0,106	1,732	0,504	40,650	5,59

Anexo 2: Dados Hidrológicos do período seco (outubro/2003; janeiro/2004 e fevereiro/2004).

Etação	Maré	Prof.loc	Temp. (°C)	Sal.	O.D. (ml.L ⁻¹)	OD (%)	D.B.O. (mg.L ⁻¹)	pH	NH ₃ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	Clorof. (mg.m ⁻³)
Pol-1	VZ	Sup.	30,1	18,18	4,36	95,73	0,73	8,64	0,825	0,100	2,162	0,818	95,101	20,56
Pol-2	VZ	Sup.	29,3	22,73	3,38	73,63	1,20	8,55	0,636	0,099	1,452	0,526	76,187	11,87
Pol-3	VZ	Sup.	29,2	28,26	3,40	71,80	1,31	8,54	0,162	0,177	0,952	0,376	39,814	5,8
Pol-4	VZ	Sup.	28,9	28,59	4,30	88,14	0,72	8,65	0,041	0,153	1,567	0,144	32,101	4,58
Cont-1	VZ	Sup.	31	31,49	6,77	154,96	2,02	8,33	0,002	0,001	0,309	0,065	10,489	7,61
Cont-2	VZ	Sup.	29	31,76	4,44	98,38	2,28	8,32	0,001	0,001	0,116	0,062	14,342	6,74
Cont-3	VZ	Sup.	28	32,84	5,31	115,74	1,91	8,19	0,054	0,001	0,420	0,168	6,606	8,57
Cont-4	VZ	Sup.	28	32,03	5,20	113,29	1,87	8,54	0,023	0,001	0,311	0,1153	13,434	10,46
Etação	Maré	Prof.loc	Temp. (°C)	Sal.	O.D. (ml.L ⁻¹)	OD (%)	D.B.O. (mg.L ⁻¹)	pH	NH ₃ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	Clorof. (mg.m ⁻³)
Pol-1	VZ	Sup.	28,20	14,44	1,70	33,81	2,00	8,13	2,315	0,365	33,103	0,175	242,868	3,23
Pol-2	VZ	Sup.	28,50	21,39	3,32	68,87	1,35	8,27	3,005	0,610	28,848	0,220	180,491	2,81
Pol-3	VZ	Sup.	29,20	25,93	3,33	71,68	0,62	8,54	1,878	0,311	19,758	0,306	170,450	7,14
Pol-4	VZ	Sup.	28,80	28,61	3,38	73,44	0,15	8,04	1,164	0,334	9,315	0,273	91,652	5,54
Cont-1	VZ	Sup.	30,00	34,22	5,39	123,00	2,19	8,18	0,198	0,208	1,954	0,145	45,677	22,01
Cont-2	VZ	Sup.	29,40	35,03	3,61	81,98	0,85	8,20	0,387	0,277	4,553	0,331	61,336	12,83
Cont-3	VZ	Sup.	29,80	35,03	4,75	108,62	1,35	8,18	0,220	0,258	6,814	0,188	68,181	19,91
Cont-4	VZ	Sup.	30,00	35,03	4,54	104,02	0,60	8,30	0,437	0,384	4,278	0,307	71,272	11,53
Etação	Maré	Prof.loc	Temp. (°C)	Sal.	O.D. (ml.L ⁻¹)	OD (%)	D.B.O. (mg.L ⁻¹)	pH	NH ₃ (μmol.L ⁻¹)	NO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	PO ₄ ⁻³ (μmol.L ⁻¹)	SiO ₂ ⁻ (μmol.L ⁻¹)	Clorof. (mg.m ⁻³)
Pol-1	VZ	Sup.	29,40	8,34	2,31	45,31	2,33	8,04	1,133	0,563	15,014	0,491	136,235	3,74
Pol-2	VZ	Sup.	29,90	13,73	2,60	52,98	1,48	8,09	0,547	0,254	5,028	0,245	94,763	1,37
Pol-3	VZ	Sup.	30,00	18,84	2,95	61,90	1,46	8,36	0,413	0,237	3,719	0,048	51,763	8,16
Pol-4	VZ	Sup.	30,10	21,00	3,45	73,36	1,46	8,24	0,653	0,244	3,290	0,279	49,373	3,76
Cont-1	VZ	Sup.	30,40	20,73	4,09	87,14	1,37	8,31	0,472	0,384	4,008	0,307	70,772	13,53
Cont-2	VZ	Sup.	30,10	22,34	3,81	81,48	0,43	8,26	0,241	0,258	6,569	0,188	68,181	4,06
Cont-3	VZ	Sup.	30,00	25,57	3,72	80,93	0,37	8,10	0,378	0,277	4,192	0,331	61,336	5,55
Cont-4	VZ	Sup.	29,80	28,53	4,65	102,43	1,39	8,22	0,199	0,208	1,756	0,035	45,677	4,76



Anexo 3: Variação dos parâmetros hidrológicos no rio Botafogo nos períodos chuvoso e seco.



Anexo 4: Variação dos parâmetros hidrológicos no rio Carrapicho nos períodos chuvoso e seco.