

PATRICIA RIBEIRO NUNES DE MELO DOS SANTOS

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO BACTERIOPLÂNCTON E ESPACIAL DO  
BACTERIOBENTOS DA BAÍA DE GUARATUBA, PARANÁ, BRASIL.**

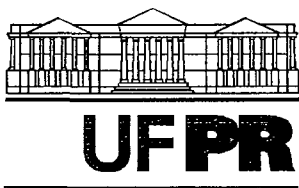
Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Klaus Dieter Sautter

Co-orientadores: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Hedda Elisabeth Kolm  
Prof. Dr. Jair Alves Dionísio

CURITIBA

2003



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648  
E-mail: [pgcisolo@agrarias.ufpr.br](mailto:pgcisolo@agrarias.ufpr.br)

## P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **PATRICIA RIBEIRO NUNES DE MELO DOS SANTOS**, com o título: "**Variação espaço-temporal do bacterioplâncton e espacial do bacteriobentos da baía de Guaratuba, Paraná, Brasil**", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com o conceito "**A**", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba, 27 de junho de 2003.

Prof. Dr. Klaus Dieter Sautter, Presidente.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Soraia Maía Patchineelam, I<sup>a</sup> Examinadora.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ida Chapaval Pimentel, II<sup>a</sup> Examinadora.



À minha família

## AGRADECIMENTOS

À nova integrante da família que está sendo gerada;

Aos meus pais e ao meu esposo Fabricio que sempre me incentivaram no meu trabalho;

Ao Instituto Ecoplan e toda a equipe, principalmente ao superintendente Fabiano Brusamolin, que me deu todo o suporte operacional para a execução deste projeto;

Ao Centro de Estudos do Mar - UFPR que me cedeu o laboratório e alojamento;

À Antroposphaera – Instituto para o Desenvolvimento do Meio Ambiente, que me doou os filtros;

Às minhas colegas e amigas que contribuíram para a realização deste trabalho: Adriana Siqueira, Luciana Lima, Nilva Brandini, Liciane Silva, Luiz Fiala, Valerie Sarpedonti, Franciane Pelizzari, Mari Zanela, Laboratório de Física, Laboratório de Geologia e aos barqueiros Edson e Marcos;

E à todos que considero parceiros nesta jornada: Kelly Vargas, Leonardo Cusatis, Henry Spach, Sibelle Disaró, Theresinha Absher, Marco Fábio Corrêa, Carlos Soares, Frederico Brandini, Vilma Andrade e Elair Mota;

Meu especial agradecimento à minha co-orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Hedda Kolm pela dedicação e acompanhamento do estudo e ao meu orientador Prof. Dr. Klaus Sautter pela paciência.

## EPIGRAFE

Quem somos nós? Como todos os seres humanos, nascemos no coração marrom da mãe – terra. Temos braços e pernas e respiramos oxigênio que entra em pequenos pulmões. Passamos grande parte da nossa vida na posição vertical que nos dá uma maior autonomia e um maior conforto na terra. Vistos superficialmente, somos iguais a todos os seres humanos. Mas analisando um pouco mais fundo, alguma coisa nos faz diferente. Nascemos com os olhos acostumados ao azul das águas. Temos um corpo que anseia pelo abraço do mar. E um pulmão que aceita grandes privações de ar apenas para prolongar nossa vida no mundo azul. Somos homens e mulheres de espírito inquieto. Buscamos na nossa vida mais do que nos foi dado. Passamos por grandes provas para aproximarmos dos peixes. Transformamos nossos pés em grandes nadadeiras, seguramos o calor do nosso corpo com peles falsas e chegamos até a levar um novo pulmão em nossas costas. E tudo isso para quê? Para podermos satisfazer uma paixão. Um sonho. Porque nós, algum dia, de alguma maneira, fomos apresentados a um mundo novo. Um mundo de silêncio, de calma, de mistério, de respeito e de amizade. E esta calma e este silêncio nos fizeram esquecer da bagunça e da agitação do nosso mundo natal. O mistério envolveu nosso coração sedento de aventura. O respeito que aprendemos a ter pelos verdadeiros habitantes desse mundo. Respeito esse que, só depois de ter sentido a inocência de um peixe, a inteligência de um golfinho, a majestade de uma baleia ou mesmo a força de um tubarão, podemos compreender. E a amizade. Quando vamos até o fundo do mar, descobrimos que ali jamais poderíamos viver sozinhos. Então levamos mais alguém. E esta pessoa, chamada de dupla, companheiro ou simplesmente amigo, passa a ser importante para nós. Porque além de poder salvar nossa vida, passa a compartilhar tudo o que vimos, tudo o que sentimos. E de duplas, passamos a ter equipes. E estas equipes passam a ser cada vez mais unidas. E assim entendemos que somos todos velhos amigos, mesmo que não nos conheçamos. E esse elo que nos une é maior do que todos os outros que já encontramos. E isso faz de nós mais do que amigos, faz de nós mais do que irmãos. Faz de nós... mergulhadores.

Jacques Yves Cousteau

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	04
2.1 ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS.....	04
2.2 HISTÓRICO DAS BACTÉRIOLOGIA MARINHAS.....	05
2.2.1 Características das Bactérias Marinhas.....	06
2.2.2 Importância das Bactérias Marinhas.....	07
2.2.3 Ecologia Bacteriana Marinha.....	08
2.2.4 Bactérias em Sedimento.....	08
2.2.5 Bactérias em Coluna D'água.....	10
2.2.6 Bactéria em Manguezais.....	10
2.2.7 Microbiologia Marinha no Sudeste e Sul do Brasil.....	11
2.2.8 Metodologias de Estudo.....	14
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	17
3.2 AMOSTRAGEM.....	23
3.2.1 Parâmetros Físico-químicos.....	24
3.2.2 Parâmetros Biológicos.....	27
3.2.3 Análise Estatística.....	29
<b>4 RESULTADOS</b> .....	30
4.1 ÁGUA DE SUPERFÍCIE E FUNDO.....	30
4.1.1 Parâmetros Físico-químicos.....	30
4.1.2 Parâmetros Biológicos.....	36
4.2 SEDIMENTO SUB-AQUÁTICO.....	44
4.2.1 Parâmetros Físico-químicos.....	44
4.2.2 Parâmetros Biológicos.....	45
4.3 SEDIMENTO DAS REGIÕES ENTRE MARÉS.....	50
4.3.1 Parâmetros Físico-químicos.....	50
4.3.2 Parâmetros Biológicos.....	54
<b>5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES</b> .....	59
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	66
<b>ANEXOS</b> .....	73

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MAPA DA ÁREA DE ESTUDO. A) BAÍA DE GUARATUBA COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA (FONTE: ENGEFOTO); B) LITORAL DO PARANÁ COM A LOCALIZAÇÃO DA BAÍA DE GUARATUBA; C) MAPA DO BRASIL COM A LOCALIZAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ.....	18
FIGURA 2 - CULTIVO DE ORGANISMOS MARINHOS NA BÁIA DE GUARATUBA.....	20
FIGURA 3 - FOTO DA CIDADE DE GUARATUBA VISTA DO MEIO DA BAÍA.....	21
FIGURA 4 - A) GARRAFA DE VAN DORN; B) BUSCA-FUNDO DO TIPO PETIT PONAR.....	23
FIGURA 5 - VALORES ESTIMADOS DA ALTURA DA MARÉ NAS DATAS E ESTAÇÕES DE COLETA.....	30
FIGURA 6 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA AO LONGO DAS ESTAÇÕES, B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS TEMPERATURAS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	31
FIGURA 7 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DA SALINIDADE AO LONGO DAS ESTAÇÕES. B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS SALINIDADES MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA .....	32
FIGURA 8 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	32
FIGURA 9 - VALORES DA TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA .....	33
FIGURA 10 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DO SESTON AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DA VARIABILIDADE DO SESTON NAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA .....	34
FIGURA 11 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DAS VARIABILIDADES DO pH DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA .....	34
FIGURA 12 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DA CLOROFILA AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE CLOROFILA DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	35
FIGURA 13 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	36

FIGURA 14 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BIOMASSA BACTERIANA LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS BIOMASSAS BACTERIANAS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	37
FIGURA 15 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFOBAS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFOBAS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	38
FIGURA 16 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFILAS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFILAS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	39
FIGURA 17 - GRÁFICO DA PERCENTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFILAS(HS) E HALÓFOBAS (HD) NA COLUNA D'ÁGUA NAS ESTAÇÕES DE COLETA ATRAVÉS DA BAÍA DE GUARATUBA.....	40
FIGURA 18 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE COLIFORMES TOTAIS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS COLIFORMES TOTAIS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	41
FIGURA 19 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE <i>Escherichia coli</i> LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS <i>Escherichia coli</i> MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.....	42
FIGURA 20 - ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA DOS VALORES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS ESTUDADOS.....	43
FIGURA 21 - VALORES DA GRANULOMETRIA.....	44
FIGURA 22 - VALORES DA PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATO DE CÁLCIO.....	45
FIGURA 23 - VALORES DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS.....	45
FIGURA 24 - VALORES DE BIOMASSA BACTERIANA.....	46
FIGURA 25 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFOBAS.....	46
FIGURA 26 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFILAS.....	47
FIGURA 27 - VALORES DE COLIFORMES TOTAIS.....	47
FIGURA 28 - VALORES DE <i>Escherichia coli</i> .....	48
FIGURA 29 - ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA DOS VALORES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS ESTUDADOS.....	49
FIGURA 30 - VALORES DE TEMPERATURA.....	50
FIGURA 31 - VALORES DE SALINIDADE.....	51
FIGURA 32 - VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	51
FIGURA 33 - VALORES DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	52
FIGURA 34 - VALORES DA GRANULOMETRIA.....	53

FIGURA 35 - VALORES DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATO DE CÁLCIO.....	53
FIGURA 36 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS.....	54
FIGURA 37 - VALORES DE BIOMASSA BACTERIANA.....	54
FIGURA 38 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFOBAS.....	55
FIGURA 39 - VALORES DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFILAS.....	55
FIGURA 40 - VALORES DE COLIFORMES TOTAIS.....	56
FIGURA 41 - VALORES DE <i>Escherichia coli</i> .....	57
FIGURA 42 - ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA DOS VALORES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS ESTUDADOS.....	58

## LISTAS DE ANEXOS

ANEXO 1 –	CONSTITUIÇÃO DO MEIO DE CULTURA ZOBELL 2216E (MODIFICADO POR GUNKEL, 1964).....	73
ANEXO 2 –	GRÁFICOS DA MARÉ NOS DIAS DAS COLETAS.....	73
ANEXO 3 –	DADOS REFERENTES A ÁGUA DE SUPERFÍCIE COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - PREAMAR - DIA 10/07/02.....	74
ANEXO 4 –	DADOS REFERENTES A ÁGUA DE FUNDO COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - PREAMAR - DIA 10/07/02.....	74
ANEXO 5 –	DADOS REFERENTES A ÁGUA DE SUPERFÍCIE COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - BAIXAMAR- DIA 22/08/02.....	74
ANEXO 6 –	DADOS REFERENTES A ÁGUA DE FUNDO COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - BAIXAMAR - DIA 22/08/02.....	74
ANEXO 7 –	DADOS REFERENTES AO SEDIMENTO DE FUNDO COLETADO NA BAÍA DE GUARATUBA - PREAMAR - DIA 10/07/02.....	75
ANEXO 8 –	DADOS REFERENTES AO SEDIMENTO DA REGIÃO ENTRE MARÉS COLETADO NA BAÍA DE GUARATUBA EM BAIXA MAR - DIA 08/10/02 E 20/11/02.....	75
ANEXO 9 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DA DATA E ESTAÇÃO DE COLETA SOBRE A TEMPERATURA DA ÁGUA.....	76
ANEXO 10 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DA DATA E ESTAÇÃO DE COLETA SOBRE A SALINIDADE DA ÁGUA.....	77
ANEXO 11 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DA ESTAÇÃO E DATA DE COLETA SOBRE O POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	78
ANEXO 12 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO ESTAÇÃO DE COLETA SOBRE A CLOROFILA.....	79
ANEXO 13 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DA DATA E ESTAÇÃO DE COLETA SOBRE AS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFILAS.....	80
ANEXO 14 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DA DATA E ESTAÇÃO DE COLETA SOBRE AS BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFOBAS.....	81
ANEXO 15 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC" DE SCHEFFÉ, COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DA DATA E ESTAÇÃO DE COLETA SOBRE OS COLIFORMES TOTAIS...	82
ANEXO 16 –	RESULTADOS DO TESTE "POST HOC - LSD" , COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DO EFEITO DAS ESTAÇÕES DE COLETA SOBRE AS <i>Escherichia coli</i> .....	83

ANEXO 17 – MAPA HIDROGRÁFICO ENTRE AS REGIÕES DE CURITIBA E GUARATUBA .....	84
ANEXO 18 – RESOLUÇÃO N° 274 DE 29 DE NOVEMBRO 2000.....	85

## RESUMO

Em ambientes marinhos os números de bactérias são mais elevados em regiões próximas da costa, devido à entrada de altas quantidades de matéria orgânica oriunda da terra firme. A Baía de Guaratuba está situada no litoral sul do Paraná. Próximo da sua entrada localizam-se a cidade de Guaratuba e o Balneário de Caiobá e sua porção interna é margeada por manguezais. Durante a presente pesquisa estudou-se a variabilidade temporal do bacterioplâncton, visando sua alteração com a variação da maré e espacial do bacteriobentos em sedimentos subaquáticos em nove estações localizadas ao longo do eixo leste-oeste da baía, assim como a variação espacial do sedimento entre-marés (dezoito estações). Todos os parâmetros foram correlacionados com fatores físico-químicos (salinidade, temperatura, pH, seston, transparência da água, oxigênio dissolvido e granulometria) e biológicos (clorofila). Em todas as estações foram estudados a variabilidade de bactérias heterotróficas totais (microscopia de epifluorescência), da biomassa bacteriana, das bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas e halófobas (meio de cultura ZoBell 2216E modificado), dos coliformes totais e *Escherichia coli* (substrato cromogênico). Os resultados mostraram que durante a maré enchente houve redução de salinidade e pH nas estações internas, assim como um aumento de bactérias heterotróficas totais, da biomassa bacteriana e de coliformes totais nas águas de todas as áreas protegidas da baía. Os maiores valores de bactérias heterotróficas halófobas foram observados em águas de profundidade da estação 9 durante a vazante. Ao contrário, os maiores valores de bactérias heterotróficas halófilas ocorreram na estação 3 durante a enchente. Os maiores valores de *E. coli* foram observados, nas duas datas de coleta, em águas da estação 3. No sedimento de fundo foram observados os maiores valores de areia na estação 9, seguida de perto pelas estações 1 e 5. Nas mesmas estações puderam ser observados valores baixos de bactérias heterotróficas totais e de biomassa bacteriana. Da mesma forma, as estações internas (8 e 9) e as externas (1, 2, 3 e 5) apresentaram valores baixos de bactérias heterotróficas cultiváveis halófobas. Os valores máximos de bactérias heterotróficas halófilas foram registrados na estação 4, os de coliformes totais nas estações protegidas do estuário e os de *E. coli* na estação 3. Os estudos efetuados nas regiões entre-marés mostraram nas estações externas, caracterizadas por altos valores de areia e baixos de matéria orgânica, valores baixos de todos os grupos bacterianos estudados. É importante ressaltar que mesmo os valores de *E. coli* foram mais elevados nos sedimentos de manguezais distantes dos centros urbanos. Concluiu-se assim que as regiões externas e internas da baía são de alta energia e que na água o número de bactérias heterotróficas totais, de biomassa bacteriana, de bactérias cultiváveis halófilas e halófobas da região estudada depende do ciclo das marés. O número de bactérias no sedimento depende não só da granulometria mas também da quantidade de matéria orgânica disponível e que parece ter havido um aumento de bactérias nas estações de cultivo, em decorrência do aumento de matéria orgânica produzida pelos organismos cultivados. Há indícios de que, de acordo com a legislação vigente, nenhuma região da Baía de Guaratuba é adequada para cultivo de espécies destinadas à alimentação humana e que são ingeridas cruas, e que nas regiões mais abrigadas da baía residem os maiores problemas.

Palavras chave: bactérias, sedimento, água, Baía de Guaratuba, coliformes.

## ABSTRACT

In marine environments, bacterial numbers are higher near the coast, due to the significant nutrient load originated from the nearby land. Guaratuba Bay, an estuary in the Southern Paraná State, has the cities of Guaratuba and Caiobá located at its mouth, and the inner portions surrounded by mangroves. The present work describes studies on the temporal variability of bacterioplankton number, and its relationship with tide regime and spatial variation of the bacteriobenthos in nine stations, seven of them located on the east-west axis of the bay, and the other two at two channels on north side of the bay. Also the bacteriobenthos was studied at eighteen stations located on intertidal flats. Bacterial numbers were related to physico-chemical variables (salinity, temperature, pH, seston, water transparency, dissolved oxygen and granulometry), and chlorophyll *a*. The variability of total heterotrophic bacteria numbers (epifluorescence microscopy), bacterial biomass, halophyte and halophobe cultivable heterotrophic bacteria numbers (growing on a modified ZoBell 2216E media), total coliform numbers, and *Escherichia coli* numbers (chromogenic substrata) were studied in all stations. Results showed that, during flood tide, salinity and pH values lowered in the inner stations, and total heterotrophic bacteria numbers, bacterial biomass and total coliform numbers enhanced at the more protected sites. The highest values for halophobe heterotrophic bacteria numbers were observed at bottom waters of station 9, during ebb tide. On the other hand, the highest values for halophyte heterotrophic bacteria numbers were observed at station 9, during flood tide. The highest values for *E. coli* numbers were observed at station 3. The highest sand content in the sediment was observed for station 9, closely followed by stations 1 and 5. The same stations showed low total heterotrophic bacteria numbers, and low bacterial biomass. Inner (8 and 9) and outer (1, 2, 3 e 5) stations exhibited low values for halophobe cultivable heterotrophic bacteria numbers. The highest values for halophyte cultivable heterotrophic bacteria numbers were recorded at station 4, the highest total coliform numbers were recorded at the more protected stations, and the highest values for *E. coli*, at station 3. Studies in intertidal flats revealed low numbers for all studied groups at the external stations, characterized by high-sand and low-organic contents. It is important to note that *E. coli* numbers were higher in mangrove sediments, even the ones located at less disturbed areas, far from urban influence. It was concluded that the inner and outer sections of the bay may be characterized as being high-energy environments, and that the numbers of total heterotrophic bacteria, bacterial biomass, halophyte and halophobe cultivable heterotrophic bacteria in the water depend on tidal cycles. The number of bacteria in the sediment depended not only on granulometry, but also on the available organic matter, and stations located at oyster cultivation sites seemed to have an enhanced number of bacteria, that may be due to higher organic matter contents, originated from this activity. There are evidences that, according to present legislation, none of the regions in Guaratuba Bay seemed suitable for cultivation of species dedicated for human consumption *in natura*, and the most protected areas are the most problematic.

Key-words: bacteria, sediment, water, Guaratuba Bay, coliforms.

## 1 INTRODUÇÃO

Bactérias são organismos procariontes, unicelulares, pertencentes ao domínio Bactéria. Dependendo da espécie, apresentam grande variedade de tamanho e forma. As formas mais comuns são os bastonetes (alongadas), cocos (esféricas), vibriões (forma de vírgula) e espirilos (formas espiraladas). Variações ocorrem dentro de cada um destes grupos. Podem ocorrer como células isoladas ou agrupadas em pares, tétrades, cadeias, grumos e outras tantas formas de agrupamentos como massas embutidas no interior de uma cápsula ou formando grandes colônias, porém, sem apresentar nenhuma forma de divisão de trabalho ou diferenciação celular. Os diversos arranjos das células bacterianas são conseqüência da fisiologia celular. As bactérias podem formar comunidades multi-específicas complexas denominadas de biofilmes (TRABULSI et al.).

As bactérias são encontradas em grandes números em quase todos os ambientes do planeta onde haja disponibilidade de água. A distribuição universal das bactérias demonstra seu imenso potencial biológico e adaptativo. Representam a maior parcela de material vivo da biosfera sendo responsáveis pela maior parte das trocas biogeoquímicas entre os seres vivos e o planeta. A atividade decompositora das bactérias é de grande importância ecológica por reciclarem rapidamente resíduos de matéria orgânica. A fertilidade do solo é diretamente influenciada pela atividade de certas bactérias que participam do ciclo biogeoquímico do nitrogênio, elemento fundamental para a síntese de aminoácidos.

A foz dos rios, estuários, e baías correspondem a zonas de transição entre a água doce e os habitats marinhos. Junto com os mangues, formam ambientes influenciados por diversos fatores, principalmente pelos sedimentos vindos das terras firmes e pelo fluxo das marés, onde ocorre a mistura das águas dos rios e oceanos e também o transporte de nutrientes. Atuam como verdadeiros berçários para diversas espécies marinhas, que se reproduzem, desovam e completam parte de seu crescimento devido à abundância de alimento e maior proteção contra predadores. Trata-se de ecossistemas cuja qualidade ambiental depende da preservação das espécies marinhas de valor ecológico e econômico. Os manguezais sempre foram vistos como locais sem utilidade, inóspitos e mal cheirosos que, depois de aterrados, tornam-se ótimos locais para expansão industrial, portuária e

imobiliária, porém estudos recentes mostram que são muito mais importantes do que se possa imaginar. Além de fixadores dos sedimentos costeiros, atuam na manutenção das formas de vida estuarinas e marinhas.

Nos ambientes aquáticos, as bactérias podem ser encontradas na coluna d'água, onde podem sobreviver tanto livres, quanto aderidas à partículas; na camada superficial do sedimento e em tecidos vivos e mortos de vegetais e animais (RHEINHEIMER, 1987). Segundo KENNISH (1990) diferenças fundamentais, tais como tamanhos de células e taxas variáveis de assimilação de substratos orgânicos, foram estabelecidas entre as bactérias de vida livre e as aderidas. No sedimento as bactérias participam na remineralização dos compostos orgânicos e na nutrição da fauna do fundo marinho (RHEINHEIMER, 1984). Geralmente seu maior número se encontra nos primeiros centímetros superficiais do sedimento, devido à quantidade de matéria orgânica depositada, diminuindo drasticamente à medida que se atinge camadas mais profundas (RHEINHEIMER, 1987).

No Complexo Estuarino de Paranaguá, localizado no norte do Estado do Paraná, já foram efetuados por KOLM e CORRÊA (1994), KOLM e ABSHER (1995), KOLM; GIAMBERARDINO e KORMANN (1997) e KOLM et al. (2002), vários estudos bacteriológicos na coluna d'água e no sedimento. SCHOENENBERGER (1998) efetuou os primeiros estudos nesta linha de pesquisa, nas baías de Guaraqueçaba e Laranjeiras. Durante os últimos anos também foram efetuadas várias pesquisas sobre a influência de dragagens no quantitativo de bactérias, tanto a coluna d'água, quanto do sedimento (KOLM e SIQUEIRA, 1999; KOLM e SIQUEIRA, 2002; KOLM et al., 2002). ANDRETTA (1999) e JOUCOSKI (2001) efetuaram estudos bacteriológicos na Gamboa do Perequê, localizada em Pontal do Sul, na entrada do Complexo Estuarino Baía de Paranaguá. STRAPASSON (2000) efetuou pesquisas bacteriológicas na região influenciada pelas marés do Rio Guaraguaçu, que desemboca no setor eusalino do estuário.

Até a presente data não foram publicados estudos bacteriológicos do plâncton e do bentos da Baía de Guaratuba. Entretanto, NEGRI et al. (*em prep.*) estudaram as condições sanitárias de ostras (*Crassostrea rhizophorae*, Guilding 1828) oriundas do cultivo do Centro de Produção e Propagação de Organismos Marinhos - CPPOM – PUC, localizado na Praia de Caieras e do Mercado Municipal de Guaratuba. Os autores avaliaram quantitativa e qualitativamente os coliformes totais e encontraram

valores máximos de *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter* ( $1,71 \times 10^3$  UFC/25g de carne), *Salmonella* e *Shigella* ( $1,48 \times 10^3$  UFC/25g de carne) e *Escherichia coli* ( $4,52 \times 10^1$  UFC/25g de carne), nas ostras do Mercado Municipal. Através dos resultados obtidos, constataram uma alta contaminação nas ostras, tanto do mercado quanto do cultivo, e a carência de condições sanitárias mínimas durante o armazenamento das ostras vivas. MARTINS et al. (em prep.), determinaram, através de antibiogramas, a susceptibilidade de enterobactérias provindas da carne de ostra dos locais acima citados, frente a alguns antimicrobianos. As autoras observaram que as ostras do mercado apresentaram resistência ao ácido nalidíxico ao contrário das de cultivo, onde foi observada susceptibilidade total aos antibióticos testados.

#### OBJETIVO GERAL:

Este trabalho teve como objetivo geral estudar a variabilidade espaço-temporal do bacterioplâncton e espacial do bacteriobentos da Baía de Guaratuba.

Os objetivos específicos foram:

- Estudar a variabilidade temporal (marés alternadas) e espacial do bacterioplâncton em águas superficiais e de fundo ao longo do eixo leste-oeste da baía .
- Estudar a variabilidade espacial do bacteriobentos do sedimento superficial sub-aquático ao longo do eixo leste-oeste da baía.
- Estudar a variabilidade espacial do bacteriobentos do sedimento da região entre-marés da baía.
- Comparar os resultados bacteriológicos obtidos com fatores físico-químicos e biológicos (clorofila).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS

Os estuários constituem os únicos sistemas aquáticos onde ocorre a interação dinâmica entre as águas doces, as águas marinhas, o sistema terrestre e a atmosfera (DAY et al., 1989). Na hidrodinâmica de estuários, onde as correntes de água doce e a ação de ondas geradas pelo vento são relativamente baixos, a circulação é basicamente guiada pelas correntes de maré (DAY et al., 1989) e fica responsável pelo transporte de materiais no sistema. Sem estudos de hidrodinâmica fica inviável o entendimento de vários processos ecológicos, geológicos, físicos, químicos e da qualidade da água (KJERFVE et al., 1982; LEUSSEN e DRONKERS, 1988; KJERFVE, 1990).

A alta produção biológica de estuários de ambientes tropicais e subtropicais ocorre devido à alta diversidade de sistemas produtores dos manguezais, dos nutrientes provenientes de aportes fluviais, pluviais e antrópicos, da renovação da água nos ciclos de maré, da rápida remineralização e conservação de nutrientes através de uma complexa teia trófica, que inclui organismos detritívoros e filtradores (DAY et al., 1989) e das trocas biogeoquímicas entre o sedimento e a coluna d'água (NICHOLS, 1986).

Manguezal é um sistema ecológico costeiro tropical, típico de regiões estuarinas, dominado por vegetação adaptada às regiões entre-marés, popularmente denominada de "mangue", à qual se associam outros organismos vegetais e animais. Constituem um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (300 a 2000 g.C.m<sup>-2</sup>) (MANN, 1982).

Os sedimentos destas regiões são areno-lodosos ou lodosos, com grande quantidade de água intersticial e muita matéria orgânica. Quando um solo de manguezal é coberto pela maré a difusão do oxigênio nele diminui muito. Isto faz com que haja uma alteração drástica do tipo de bactérias. Entre uma maré alta e outra se desenvolvem bactérias aeróbicas no sedimento, durante as marés altas se desenvolvem bactérias aerotolerantes ou anaeróbios facultativos e anaeróbicas (SNEDAKER e SNEDAKER, 1984).

As grandes quantidades de serrapilheira produzida nestes ecossistemas é decomposta "in loco" por fungos e bactérias ou carreada para outros lugares. Além dos microrganismos, temos uma grande abundância de animais detritívoros que dela se alimentam, entretanto, sua real fonte de energia são as bactérias aderidas à matéria orgânica particulada, pois poucos são os animais que têm a capacidade de degradar celulose ou lignina do material vegetal morto. Entretanto, os fragmentos vegetais, passando e repassando pelos sistemas digestivos destes animais são gradualmente fragmentados e, no ambiente, colonizados e recolonizados pela microflora de decompositores, até o fim do processo (BOTO, 1984).

## 2.2 HISTÓRICO DA BACTERIOLOGIA MARINHA

Um breve histórico descrito por RHEINHEIMER (1987) mostra a evolução da importância de estudos direcionados à estes microrganismos marinhos. Em 1683 foram descobertos os primeiros microrganismos na água do mar; em 1838 o pesquisador EHRENBERG isolou o primeiro microrganismo (*Spirochaeta plicatilis*) da água do mar; em 1865 deu-se início à taxonomia de microrganismos marinhos, com a descrição, feita por COHN, das bactérias *Beggiatoa alba* var. *marina* e a *Beggiatoa mirabilis*; em 1875 WARNING descreveu dois Thiospirilos e um *Achromatium* originários da costa norueguesa; em 1884 foram realizadas as primeiras pesquisas em mar aberto. Neste mesmo ano CERTES publicou os resultados de suas pesquisas feitas numa expedição entre 1882 e 1883 onde constam os primeiros registros de estudos microbiológicos no sedimento marinho. Entre 1886 e 1894, FISCHER publicou trabalhos sobre estudos bacteriológicos feitos em viagens marítimas para a Índia e ao Mar do Norte, assim como trabalhos feitos numa expedição da Sociedade de Humboldt ao Atlântico, da ponta sul da Groenlândia até ao sul do Equador, entre a Guiné e o Brasil. Ele também trabalhou com a ocorrência de microrganismos no mar e suas causas, assim como estudos taxonômicos dos mesmos. Entre 1889 e 1896 várias publicações foram feitas sobre estudos microbiológicos ligados à poluição, alguns feitos no golfo de Nápoles (Itália) e no porto de Kiel (Alemanha); entre 1882 e 1914 a microbiologia marinha foi estudada com muita intensidade, de tal forma que em 1914 ISSATSCHENKO escreveu uma monografia em russo com 300 páginas e citou 420 dados

bibliográficos, dando ênfase à importância das bactérias nos processos bioquímicos do mar. Em 1933, BENECKE publicou um trabalho sobre Microbiologia do Mar, no qual ele cita a importância das bactérias marinhas na reciclagem da matéria orgânica. Em 1946, ZOBELL publicou seu livro *Marine Microbiology* com um capítulo dedicado a bacteriologia dos sedimentos, e em 1950 os grandes centros de biologia marinha começaram a implantar Laboratórios de Microbiologia. Nos anos 60 estudos intensos foram realizados e os pesquisadores começam a desvendar os ciclos do enxofre e nitrogênio. Nos anos 70 os estudos mais praticados foram relacionados à função das bactérias no ecossistema e à transferência de energia na cadeia alimentar; nos anos 80 os estudos que visaram principalmente o conhecimento e a função das bactérias como importante fonte de alimento nos ecossistemas. Com a intensificação dos estudos de bactérias em gêiseres e a descoberta destes microrganismos nas fontes geotermiais (ventos geotermiais, ventos termiais ou ventos hidrotermais) nos oceanos profundos no final do século passado, assim como o aperfeiçoamento das técnicas moleculares, houve grandes avanços, principalmente na sistemática bacteriana. Recentes estudos mostram que parte dos microrganismos que eram considerados como bactérias até então, na realidade são "archaea", o que está levando o mundo científico a alterar toda a sistemática. Em 2002, HUBER et al., descreveram um microrganismo originário das regiões geotermiais oceânicas, que não hibridiza com "primers" de archaea e tampouco com os de bactérias, e o denominaram de *Nanoarchaea equitans*. Os autores sugerem que seja introduzido, na sistemática microbiológica, um novo filo.

### 2.2.1 CARACTERÍSTICAS DAS BACTÉRIAS MARINHAS

Bactérias são organismos unicelulares que servem como base de várias cadeias alimentares (GUNKEL, 1972). Os gêneros das bactérias terrestres e marinhas apresentam características bioquímicas e metabólicas semelhantes, dificultando assim a identificação sistemática das bactérias marinhas. Sua única diferença é sua adaptação ao ambiente marinho, o que levou MAC LEOD (1965) a definir que bactérias isoladas de ambientes oceânicos, distantes da costa, deveriam ser consideradas "marinhas".

Segundo RHEINHEIMER (1987) a maior parte das bactérias marinhas são halófilas, isto é, só vivem em ambientes com ótima proporção de NaCl. A salinidade pode oscilar entre 25 a 40‰ sendo considerada ótima em salinidades de 35‰ (ZOBELL e UPHAM, 1944). Também podemos encontrar bactérias halotolerantes, que suportam salinidades médias, mas crescem bem em água doce. Elas possuem pouca importância em mar aberto (LARSEN, 1962), mas sua proporção é notável comparando à flora marinha. Elas possuem importante papel nos sedimentos, e no mar têm tempo limitado de sobrevivência (RHEINHEIMER, 1968). Bactérias da costa sul da Califórnia foram cultivadas, e os resultados mostraram que 95% das colônias crescem em meios com água do mar (ZOBELL e UPHAM, 1944) mais lentamente que as terrestres, havendo necessidade de incubá-las por no mínimo 14 dias (ZOBELL, 1946).

Bactérias marinhas podem ter diferenças de forma e tamanho (RHEINHEIMER, 1987). Segundo MACDONNEL e HOOD (1982) algumas são tão pequenas que atravessam os poros de membranas de 0,2 µm. Mais da metade das bactérias do mar são pigmentadas; a maioria amareladas, alaranjadas, marrons e roxas, porém também podem ser encontradas bactérias verdes, azuis, violetas e fluorescentes (ZOBELL, 1946).

### 2.2.2 IMPORTÂNCIA DAS BACTERIAS MARINHAS

As bactérias marinhas têm uma função importante no ciclo da matéria orgânica produzida pelo fitoplâncton e transformada de várias maneiras pelos animais. Assim, bactérias heterotróficas e, em menor extensão os fungos, são responsáveis pela remineralização da matéria orgânica particulada e dissolvida presente na água do mar. Em condições favoráveis estes microrganismos são capazes de decompor quase todos os componentes orgânicos naturais, assim como muitas substâncias artificiais (WRIGHT, 1978; RHEINHEIMER e GOCKE, 1994).

### 2.2.3 ECOLOGIA BACTERIANA MARINHA

As bactérias marinhas são capazes de se desenvolver com baixíssimas concentrações de matéria orgânica (ZOBELL, 1946), o que as levou a desenvolver adaptações em forma de um alto pleomorfismo (RHEINHEIMER, 1987). Alguns grupos, denominados de bactérias fotoheterotróficas, têm a capacidade de, em condições inóspitas, concorrer pelos nutrientes inorgânicos com o fitoplâncton PEREIRA e SOARES-GOMES (2002). As mais abundantes são as bactérias curvas com flagelos (SIEBURTH, 1979). Segundo ZOBELL (1946), verificou-se que 75 a 85% das bactérias marinhas são flageladas.

Nos mares a maiorias das bactérias são anaeróbias facultativas, isto é, desenvolvem-se melhor na presença do que ausência de oxigênio, poucas são aeróbias restritas e menos ainda anaeróbias restritas (ZOBELL, 1946).

A temperatura ótima para o crescimento de bactérias, em geral, fica entre 18° e 22°, porém 90% do meio marinho está abaixo dos 5°C, daí a importância das bactérias psicrófilas, isto é, as que crescem bem em ambientes a 0°C (STOKES, 1962). Grande parte do mar encontra-se em regiões abissais. As bactérias que vivem nestes ambientes são chamadas barófilas e barotolerantes, isto é suportam altas pressões, chegando até 100 atm. Nas últimas décadas também foram identificadas, nas regiões de ventos geotermiais, bactérias resistentes a temperaturas de até 110°C, denominadas de hipertermófilas. Estas usam como fonte de energia o sulfeto de hidrogênio exalado pelas chaminés subaquáticas (KOLM, com. pess.).

### 2.2.4 BACTÉRIAS EM SEDIMENTO

Grandes quantidades de bactérias podem ser encontradas nas camadas superficiais dos sedimentos marinhos, devido à grande quantidade de matéria orgânica aí acumulada. Nestas regiões elas compreendem a maior parte da biomassa e atividade química. Neste habitat, a maior parte dos microrganismos encontra-se aderida aos grãos, através de um processo mecânico de adsorção. Entretanto, existem indicações de que várias espécies possuem estruturas, chamadas fímbrias e filamentos mucosos que beneficiam a adesão destes

organismos ao substrato (WEISE e RHEINHEIMER, 1978). No sedimento as bactérias participam na remineralização dos compostos orgânicos e na nutrição da fauna do fundo marinho (RHEINHEIMER, 1987). Segundo GUNKEL (1972) cada grama de sedimento lodoso contém entre  $10^2$  e  $10^8$  bactérias/g. Maior abundância de bactérias no sedimento ocorre em águas rasas, ricas em matéria orgânica, contendo de  $10^2$  –  $10^5$  bactérias/g de sedimento úmido, e assim como na coluna d'água, à medida que a profundidade vai aumentando, o número de bactérias e matéria orgânica vai diminuindo. Estudos de RHEINHEIMER (1987) mostram que sedimentos arenosos, coletados em profundidades de 12 a 14 m na Baía de Kiel, continham  $68,2 \cdot 10^7$  –  $2,3 \cdot 10^9$  bactérias por centímetro cúbico de sedimentos, e que sedimentos lodosos da mesma baía continham  $46,7$  –  $77,7 \cdot 10^9$  bactérias por centímetro cúbico. No mesmo estudo o autor também concluiu que o número de bactérias diminui em direção ao mar aberto, e que 49-64% das bactérias são encontradas presas no sedimento e 36-51% encontram-se livres na água intersticial. No Mar de Azov, ZHUKOVA e FEDOSOV (1963) encontraram no sedimento uma população bacteriana de  $43 - 143 \cdot 10^7$  cel.g<sup>-1</sup>. Estudos realizados na Florida, Estados Unidos, com sedimento lodoso, chegaram ao valor de  $75 \cdot 10^7$  cel.g<sup>-1</sup> (MOORE et al., 1968 in: DALE, 1974). CAMMEN e WALKER (1986) estudaram o quantitativo de bactérias e de biomassa bacteriana em sedimentos da Baía de Fundy no Canadá. Eles concluíram que o número destes organismos chega a dobrar quando em decorrência de "blooms" de diatomáceas.

BOTO, ALONGI e NOTT (1989) efetuaram estudos no sedimento entre marés na Baía dos Missionários em Queensland, Austrália, e concluiu que a maior concentração de biomassa bacteriana está presente na água intersticial e de poças, e que ocorrem variações bruscas com a elevação da maré, de zero a  $2,4 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ . O autor estudou também a eficiência do carbono reciclável em manguezais e encontrou valores de biomassa bacteriana no sedimento variando de 4 a  $50 \text{ mgC} \cdot \text{L}^{-1}$ . O autor observou taxas similares em todas as estações do ano, e significativa variação em relação ao nível de maré e à profundidade na maré parada. SICH (1990) encontrou, em sedimento arenoso marinho, coletado entre 10 e 12 m de profundidade, quantidades de bactérias que variaram de  $4 - 24 \cdot 10^8$  bactérias/g de sedimento seco.

### 2.2.5 BACTERIAS EM COLUNA D'ÁGUA

Na coluna d'água como nos outros ambientes, as bactérias são importantes por sua capacidade de remineralizar a matéria orgânica e por servirem de alimento a organismos zooplanctônicos e animais filtradores. Neste ambiente seu número é maior na zona eufótica, devido a um acúmulo maior de fitoplâncton (RHEINHEIMER, 1987), exceto em águas movimentadas ou poluídas (ZOBELL, 1946). Sua quantidade vai diminuindo com o aumento das profundidade. Nas águas superficiais dos oceanos os maiores valores destes microrganismos são encontrados em regiões sub-superficiais (35 a 50 metros de profundidade). Nos primeiros dez metros de profundidade seu número diminui, provavelmente devido à baixa resistência delas aos raios ultravioletas do sol. A partir dos 200 m elas se tornam cada vez mais raras (GUNKEL, 1972).

TURLEY et al. (in press.) efetuou contagens de bactérias na coluna d'água no Mar Mediterrâneo. Ele encontrou  $2-8 \cdot 10^8 \text{ cel.L}^{-1}$  e biomassa de  $4-16 \mu\text{g.C.L}^{-1}$  em profundidades de até 100m e, em profundidades superiores a 100 m,  $0,8 \cdot 10^8 \text{ cel.L}^{-1}$  e biomassa de  $1-2 \mu\text{g.C.L}^{-1}$ .

Estudos esporádicos também foram efetuados em ambientes de praia, interfaces água-ar e água-sedimento. Assim, segundo KHIYAMA e MAKENSON (1973), 22 a 46% do número de bactérias encontradas em areia úmida na praia de Sindbad, Beirute, estão contidas na água intersticial. Segundo SIEBURTH (1965), o maior número de bactérias encontradas em meios aquáticos estão na interface coluna d'água /ar. Com relação à interface água-sedimento de oceanos profundos, um grande número de bactérias está localizado logo acima do sedimento, devido à ressuspensão do mesmo (RHEINHEIMER, 1987). Taxas de biomassa da interface de água/sedimento representam, em regiões de manguezais tropicais, na Baía dos Missionários em Queensland, Austrália, 35% da produção bacteriana (BOTO, 1989).

### 2.2.6. BACTÉRIAS EM MANGUEZAIS

Apesar de ser um ecossistema específico e de grande interesse ecológico e seus solos apresentarem sistemas químicos e biológicos complexos, poucas são as pesquisas microbiológicas efetuadas, a nível mundial, nos manguezais.. Nos últimos

dez anos foram publicados vários trabalhos, principalmente de manguezais da Índia, Austrália, China e Estados Unidos. Os principais tópicos abordados nestes trabalhos referem-se à metagênese e aos ciclos do nitrogênio e do enxofre (KOLM, com. pess.). No Brasil temos apenas um resumo publicado por MESQUITA (1982) sobre a relação entre as populações bacterianas e a taxa de consumo de oxigênio em manguezais de Cananéia, Estado de São Paulo.

### 2.2.7 MICROBIOLOGIA MARINHA NO SUDESTE E SUL DO BRASIL

No Brasil, o maior número de pesquisas microbiológicas se restringem às regiões sul e sudeste. MESQUITA (1981) estudou a relação entre bactérias livres e aderidas e concluiu que o número de uma ou outra, no Estuário de Cananéia, dependem da distância da margem e da profundidade. Em 1993 a autora publicou estudos da densidade e distribuição de bactérias, feitos em 1985, 1986 e 1987, nas águas de plataforma e oceânicas contíguas à Praia de Ubatuba durante as estações de primavera, verão e inverno. A população bacteriana pouco variou, entretanto, picos populacionais na densidade foram encontrados na superfície da coluna d'água e densidades baixas ocorreram na Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Tropical (AT). No verão as densidades encontradas foram elevadas próximo à costa, ocorrendo tanto na Água Costeira (AC) como na Água Central do Atlântico Sul (ACAS) devido ao enriquecimento de matéria orgânica.

BREPOHL et al. estudaram, em 1996, a variação de biomassa bacteriana de bactérias livres e aderidas durante a degradação de folhas de *S. maritimus*. Os dados obtidos mostraram que uma pequena quantidade de matéria orgânica foi transferida através de cadeia alimentar microbiana, devendo os microrganismos agir principalmente como remineralizadores deste sistema e não como fonte alimentar. ODEBRECHT e ABREU (2000) estudaram a ecologia de microrganismos aquáticos em região de marismas no estuário da Lagoa dos Patos, RS, correlacionando a decomposição de matéria orgânica particulada - MOP, fatores biótico e abióticos. Os autores concluíram que as bactérias possuem um importante papel no processo de remineralização, respirando quase toda a matéria orgânica produzida, e que a dinâmica bacteriana foi controlada pela disponibilidade de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e pela pressão de predação exercida por flagelados (preferência em

predar bactérias pequenas e livres) e ciliados (preferência em predar bactérias maiores e aderidas à partículas)

Um trabalho conceitual foi desenvolvido por ODEBRECHT e ABREU (1997) adotando conceitos, características gerais de microrganismos marinhos, principalmente de regiões de praias, a importância deles como produtores primários, remineralizadores, consumidores e seus principais fatores controladores. Também foram citadas metodologias de coleta e análises, contagem e estimativa de contagem de diversos microrganismos, em zonas de praias arenosas. CESAR e ABREU (2001) compararam, na Lagoa dos Patos, RS, regiões de estuário e regiões de praias costeiras adjacentes. Concluíram que os microrganismos estudados representaram um componente importante da teia alimentar desses ambientes devido à sua elevada biomassa.

ABREU et al. (1998) discutiram a importância da qualidade da água como fator importante nos cultivos, principalmente o controle de bactérias, que tanto podem ser importantes na alimentação, como também podem causar danos aos cultivos. A larva dos camarões se alimenta de bactérias e outros microrganismos presentes no biofilme. Segundo os autores, esta camada de microrganismos formada no berçário é responsável pelo ciclo da amônia, mantendo baixas as concentrações deste elemento, uma vez que a taxa de clorofila esteja próxima de  $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , e serve de alimento para os juvenis.

SUKURI et al. (1990) estudaram a distribuição vertical de cianobactérias no Canal da Galheta. KOLM e CORRÊA (1994), analisaram o número de bactérias saprófitas no sedimento de um perfil vertical à linha da maré com 5 pontos de coleta de sedimento ao longo da praia (dois fixos no supra-litoral, um na faixa maré alta, um na região entre marés e um no infra litoral) em uma praia arenosa em frente a Pontal do Sul. Os autores observaram que o maior número de saprófitas ocorreu na região da última preamar. KOLM e ABSHER (1995) estudaram o número de saprófitas em águas superficiais ao longo das baías de Paranaguá e Antonina e sua inter-relação com os fatores ambientais. As autoras concluíram que há um gradiente do interior à entrada, com aumento de concentração bacteriana na baía de Antonina, não havendo grande variação de saprófitas, apesar do lixo doméstico e do porto, perto da cidade de Paranaguá. Concluíram ainda que na região estudada, a variabilidade espacial destes organismos depende, prioritariamente, da pluviosidade. KOLM E

LESNAU (1997), estudaram a variação de bactérias saprófitas em duas colunas d'água, uma próxima e outra distante de manguezais. Concluíram que, apesar de ambas serem influenciadas por águas da plataforma continental, existem variações quanto aos hábitos bacterianos. KOLM; GIAMBERARDINO FILHO e KORMANN (1997) publicaram, para as Baías de Paranaguá e Antonina, os primeiros dados de bactérias saprófitas em sedimentos. Ao contrário do observado para a coluna d'água, a variabilidade destes organismos no sedimento independe da pluviosidade. Tampouco pode ser observada uma correlação entre as bactérias saprófitas e o tamanho dos grãos de sedimento, o que levou os autores a concluir que, na região estudada, o fator limitante é a energia do meio ambiente e conseqüente acúmulo de matéria orgânica.

O primeiro estudo bacteriológico na Gamboa do Perequê, localizada no município de Pontal do Sul, abordou o comportamento das marés sobre o bacterioplâncton. Os resultados obtidos mostram que nas preamares de sizígia diminuíram os valores de bactérias heterotróficas aeróbicas e de coliformes totais e *Escherichia coli*, e as marés de quadratura influenciaram nos quantitativos de bactérias heterotróficas totais e a biomassa bacteriana (ANDRETTA, 1999).

STRAPASSON (2000) efetuou pesquisas bacteriológicas na região do Rio Guaraguaçu, que desemboca no setor euhalino da Baía de Paranaguá, influenciada pelas marés. KOLM, et. al. (2002) estudaram a variação da concentração total de bactérias heterotróficas totais, de saprófitas e a abundância de coliformes nas águas de superfície, ao longo das Baías de Paranaguá e Antonina. Parâmetros abióticos e bióticos mostraram um gradiente do interior para a entrada da baía com aumento das bactérias heterotróficas totais e halófilas na Baía de Antonina, e de coliformes fecais próximo à cidade de Paranaguá.

Nos últimos anos foram efetuados vários estudos sobre a influência de dragagens de canais de navegação sobre bactérias da coluna d'água e sedimentos. KOLM e SIQUEIRA (1999 e 2002) e KOLM et al. (2002) concluíram que as influências das dragagens sobre a variabilidade de bactérias heterotróficas da coluna d'água e sedimentos arenosos são de curta duração. Ao contrário, em ambientes cujos sedimentos são areno-lodosos, a ressuspensão e decantação dos mesmos provoca, nas camadas superficiais, um aumento significativo das bactérias, causado, provavelmente, pela introdução de oxigênio dissolvido no ambiente.

Na Baía de Guaratuba, NEGRI et al. (*em prep.*) estudaram as condições sanitárias de ostras (*Crassostrea rhizophorae*, Guilding 1828) oriundas do cultivo do Centro de Produção e Propagação de Organismos Marinhos - CPPOM – PUC, localizado na Praia de Caieiras e do Mercado Municipal de Guaratuba. Os autores avaliaram quantitativa- e qualitativamente os coliformes totais e encontraram valores máximos de *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter* ( $1,71 \times 10^3$  UFC/25g de carne), *Salmonella* e *Shigella* ( $1,48 \times 10^3$  UFC/25g de carne) e *Escherichia coli* ( $4,52 \times 10^1$  UFC/25g de carne), nas ostras do Mercado Municipal. Através dos resultados obtidos, constataram uma alta contaminação nas ostras, tanto do mercado quanto do cultivo, e a carência de condições sanitárias mínimas durante o armazenamento das ostras vivas. MARTINS et al. (*em prep.*), determinaram, através de antibiogramas, a susceptibilidade de enterobactérias provindas da carne de ostra dos locais acima citados, frente a alguns antimicrobianos. As autoras observaram que as enterobactérias das ostras do mercado apresentaram resistência ao ácido nalidíxico ao contrário das de cultivo, onde foi observada susceptibilidade total aos antibióticos testados.

## 2.2.8 METODOLOGIAS DE ESTUDO

O estudo da ecologia dos microrganismos aquáticos apresentou um grande impulso, quando novas metodologias, como por exemplo a microscopia de epifluorescência, permitiram uma visualização melhor e mais rápida das bactérias e dos flagelados (WRIGHT, 1978). O acúmulo de informações fez modificar o paradigma vigente de que, em ambientes marinhos, as bactérias seriam apenas agentes remineralizadores. Verificou-se que a biomassa destes microrganismos é maior do que se imaginava, o que pode representar uma fonte de alimento alternativa para as cadeias alimentares aquáticas (AZAM et al. 1983).

Entretanto, várias técnicas de contagem vêm sendo testadas e seus resultados comparados. Além da eficácia é preciso ver a viabilidade de cada metodologia. Das metodologias existentes as mais testadas e usadas são: microscopia eletrônica, microscopia de epifluorescência (contagem direta) e LPS (técnica do lipopolissacarídeos em bactérias gram negativas). WATSON et al. (1977), ao comparar as três técnicas de numerar bactérias e biomassa em sedimentos de

ambientes marinhos fez suas análises considerando forma e tamanho das bactérias e caracterizou o sedimento através da análise de percentagem de granulometria e matéria orgânica. Ele ressaltou eficiência do método ultra-sônico para a separação das bactérias dos grãos de sedimento. Concluiu que a metodologia LPS é extremamente específica e sensível, capaz de determinar as quantidades em picogramas. Em seguida WEISE (1978) comparou os métodos usados em microscopia eletrônica e a metodologia de epifluorescência para análise de sedimento e constatou que ambas as metodologias devem ser usadas para um resultado eficaz, pois a microscopia eletrônica de varredura faz a correlação entre o lugar de adsorção e densidade de bactérias e a microtopografia dos grãos de areia médios. Em 1981, FUHRMAN comparou as mesmas metodologias acima e, ao contrário de WEISE (1978), não indica a microscopia eletrônica de varredura devido à redução em mais de 37% do material, cuja perda ocorre na preparação das lâminas, e conclui que a microscopia de epifluorescência é o método mais preciso para determinação de tamanho e do biovolume bacteriano.

A primeira metodologia de epifluorescência foi publicada por FRANCISCO et al (1973) citado por DALEY e HOBBIE (1975). Em 1974, ZIMMERMANN e MEYER-REIL descreveu e discutiu a nova metodologia. Em 1975, DALEY e HOBBIE publicaram algumas modificações feitas na metodologia de epifluorescência com o intuito de obter mais eficácia. Com o passar do tempo a metodologia vem sofrendo adaptações a fim de alcançar um ótimo resultado; uma delas foi substituir os filtros de celulose por filtros de policarbonato, do tipo Nucleopore. O primeiro possui a desvantagem de reter bactérias nos seus orifícios e o segundo é um filtro liso com furos uniformes, o que diminui a percentagem de erro nos resultados. Em contagens feitas em lagos e oceanos usando os dois tipos de filtros, o resultado em filtros de policarbonato foi duas vezes maior do que o resultado da contagem no filtro de celulose (HOBBIE, DALEY e JASPER, 1977).

DYE (1983) realizou seus estudos usando também o método de epifluorescência. Para extrair bactérias do sedimento arenoso e sedimento lodoso, foi necessária a diluição em água salgada filtrada e em seguida homogeneizado; o sobrenadante foi corado com laranja de acridina e diluído, se preciso. Após esta etapa foi filtrado com filtro de  $0,45 \mu\text{m}$  e fixado em formalina 5%. Concluiu na sua pesquisa que sedimentos lodosos possuem cerca de 10% do seu peso em matéria

orgânica e sedimentos arenosos possuem 2% de matéria orgânica, e que o melhor método utilizado para separar as bactérias do sedimento, no caso de sedimentos arenosos foi o ultra-som.

Dos métodos de contagem de bactérias existentes, de 88 a 98% das bactérias do sedimento arenoso são estimadas, segundo EPSTEIN et al. (1997) que estudaram a eficácia do processo de separação da bactéria do sedimento usando três metodologias diferentes, a separação por radio isótopo, por ultra-som e pelo agitador mecânico, através da aplicação de ultra-som. Esta metodologia é de 1,7 a cinco vezes mais eficaz que as outras aplicadas (EPSTEIN e ROSSEL, 1995).

Estudos das fontes das variações dos resultados na metodologia de epifluorescência foram realizados por KIRCHMAN et al.(1982). Os autores compararam várias subamostras, filtros e campos óticos dos microscópios, e concluiu que os campos óticos são responsáveis por 80% das variações, e os filtros responsáveis por 20% e que o aumento de repetições diminui o erro. De acordo com MONTAGNA (1982) é melhor contar 5 campos de 4 filtros do que 20 campos de 1 filtro. Várias repetições são necessárias para diminuir o nível de variação da estimativa do número de bactérias, principalmente para o sedimento lodoso, uma vez que o sedimento arenoso é mais homogêneo.

Outra falha da metodologia é a diâmetro dos orifícios dos filtros que são maiores do que algumas bactérias, ou seja, 10% das bactérias são muito pequenas e passam pelos filtros de  $0,2 \mu\text{m}$ , sendo perdidas nos resultados (ZIMMERMANN e MEYER-REIL, 1974).

Por fim, estudos de conversão de biovolume em biomassa foram feitos por BRATBAK e DUNDAS. Em 1984 os autores encontraram o fator de conversão igual a  $0,22 \text{ gC.cm}^{-3}$ . Porém, em 1985, BRATBAK publicou dados totalmente diferentes, usando como fator de conversão de  $5,6 \cdot 10^{-13} \text{ gC} \cdot \mu\text{m}^{-3}$ , ou seja, 3,4 a 6,6 vezes maior do que era usado até então. Em 1991, BJØRNSSEN E KUPARINEN efetuaram novos estudos e concluíram que o fator de conversão é de  $0,4 \text{ pgC} \cdot \mu\text{g}^{-3}$ . Novas pesquisas nesta área serão necessárias a fim de padronizar um fator de conversão coerente e viável para cada diferente habitat a que for aplicado.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O litoral paranaense (Figura 1B) está situado entre as coordenadas geográficas gerais de 25°12'44"S – 48°01'15"W e 25°58'38" S – 48°35'26" W. Possui características que o diferem dos demais estados da costa sul e sudeste brasileiro. A Serra do Mar, que se estende do Espírito Santo ao Cabo de Santa Marta em Santa Catarina, encontra-se bem interiorizada no Estado do Paraná, possibilitando a formação de extensas planícies costeiras e duas grandes baías, Paranaguá e Guaratuba. Nos 105 km de linha da costa oceânica, observa-se um grande contraste entre as áreas rapidamente urbanizadas nas últimas décadas, em função do fluxo turístico de veraneio ao sul e as áreas de preservação situadas mais ao norte, onde se localiza uma das áreas mais intactas de Mata Atlântica do Brasil, a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba e o Parque Nacional do Superagüi (SOARES; ANGULO; LESSA, 1997).

O clima regional, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo "Cfa", definido como subtropical úmido mesotérmico com verões quentes. Apresenta temperaturas médias de 14,5°C no inverno e 29,6°C no verão, sendo esta a estação mais chuvosa. A precipitação média anual na região é de 2.837 mm e o número de dias chuvosos por ano é de 216 (IPARDES, 1995). Os índices hídricos do litoral paranaense são superiores a 60 mm e existem flutuações acentuadas de excedentes e déficit hídricos (IPARDES, 1995).

A Baía de Guaratuba (Figura 1A) está situada na porção meridional costeira do Estado do Paraná, entre as latitudes 25° 50' e 25° 55' S e longitudes 48° 30' e 48° 45' W.

É um corpo de água raso, com orientação leste-oeste, e comprimento aproximado de 16 km. A largura máxima é de 3 km quando se considera a linha de maré baixa e 10 km quando se inclui a planície de maré. A profundidade máxima é de 5 m (SOARES; ANGULO; LESSA, 1997) e sua abertura para o oceano possui 700 m de largura.

A foz da baía é estreita, com aproximadamente 500 m de largura, estando limitada entre dois pontais rochosos correspondentes ao extremo meridional da

Serra da Prata, ao norte, e ao morro de Guaratuba, ao sul. A baía alarga-se em direção ao continente, apresentando numerosos canais e ilhas, sendo margeada em quase todo seu perímetro por extensos manguezais.

Na região estuarina encontram-se vários baixios e ilhas de pequeno e médio porte. Entre elas podemos destacar a Ilha do Rato na Travessia do “Ferry boat”, a Ilha da Sepultura onde se encontram algumas criações de camarão e ostras, a Ilha do Araçá e a Ilha das Garças.

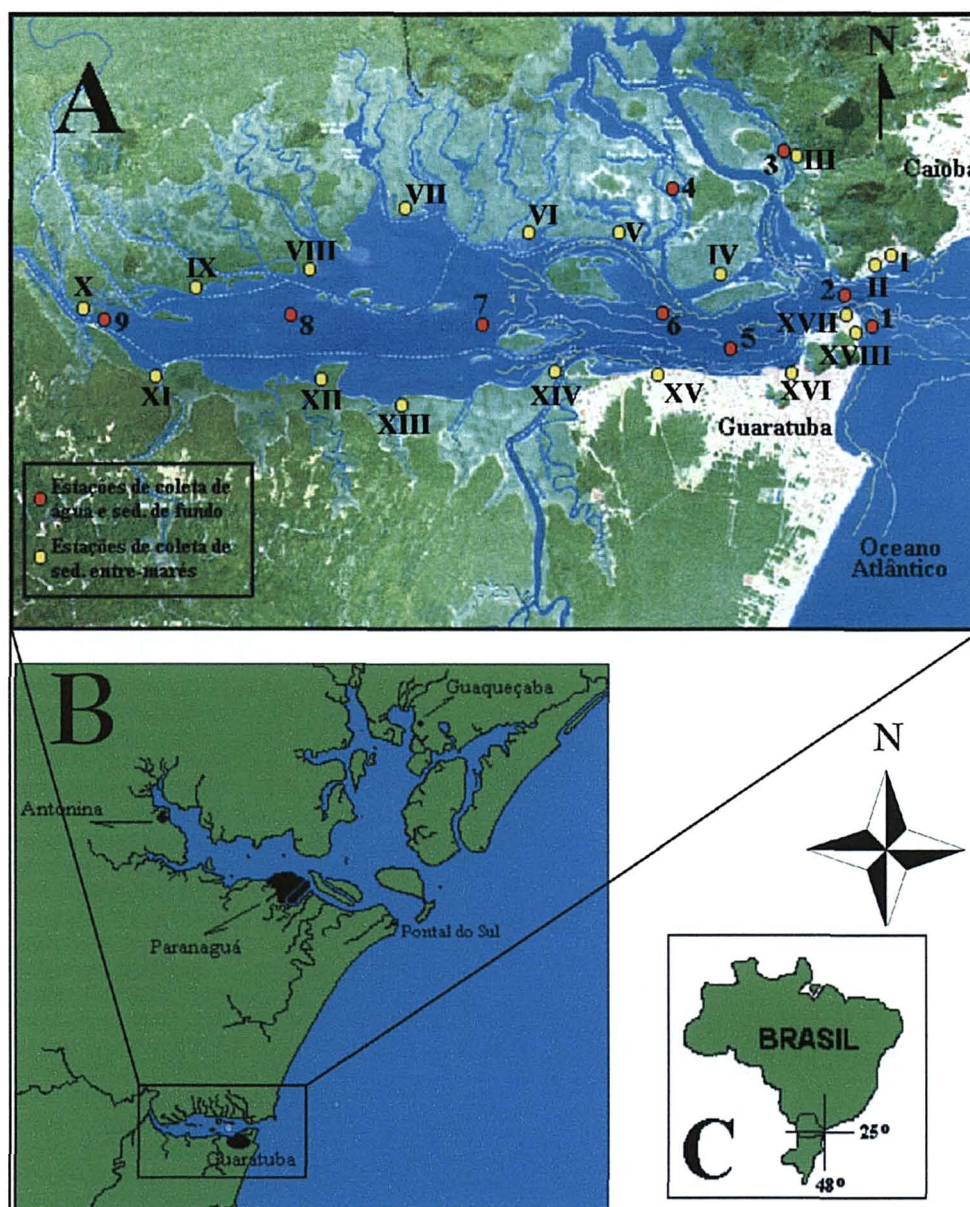
Segundo MAACK (1981) a bacia hidrográfica de Guaratuba é de 1.393 km<sup>2</sup>. Grandes quantidades de rios desembocam principalmente na parte interna do estuário. Com base no sistema de drenagem terrestre, o rio mais importante é o São João, que drena uma porção do Planalto de Curitiba e desemboca no extremo oeste da baía, formando um delta estuarino (SOARES; ANGULO; LESSA, 1997). Além dele merecem ser mencionados ainda os rios Fundão, dos Pinheiros e Boguaçu. Ao longo das suas margens e nas ilhas, podem ser encontradas gamboas ou “marigots”.

O fluxo de água da Baía de Guaratuba é principalmente dominado pelo regime das marés na área. Os valores da salinidade variam com o ciclo das marés e com as variações sazonais.

Assim como a Baía de Paranaguá, a maré da Baía de Guaratuba é semidiurna com desigualdades diurnas (SOARES; CAMARGO e MARONE, 1995). O registro de maré, efetuado por SOARES; ÂNGULO e LESSA (1997) durante dois meses no corpo central da baía, indicou alturas médias de sizígia e quadratura de 1,5 e 0,7 m respectivamente.

A orla interna do estuário, livre de ocupação antrópica, assim como os rios e gamboas, são margeados por manguezais, constituídos de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Nas regiões mais calmas do estuário ocorrem bancos de *Spartina alterniflora*. Segundo REBELLO e BRANDINI (1990) os manguezais e bancos de *Spartina* sp. propiciam o enriquecimento da região por detritos orgânicos.

FIGURA 1 – MAPA DA ÁREA DE ESTUDO. A) BAÍA DE GUARATUBA COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA (FONTE: ENGEFOTO); B) LITORAL DO PARANÁ COM A LOCALIZAÇÃO DA BAÍA DE GUARATUBA; C) MAPA DO BRASIL COM A LOCALIZAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ.



Em média, 21-30 % da freqüência dos ventos que incidem sobre a área apresentam sentido predominante SW, com velocidades médias de 6 a 10 nós durante o ano, com exceção dos meses de maio, que apresentam 20% da freqüência de ventos com sentido N e junho, com 25% em sentido S (DHN, 1974).

De acordo com os ventos, as ondas predominantes no Oceano Atlântico em frente da área de estudo possuem sentido predominante SW e somente nos meses de maio e junho o sentido é NE. A velocidade média das correntes em superfície encontra-se em torno de 1,5 nós (BRASIL, DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO, 1974).

A Baía de Guaratuba possui abertura estreita para o oceano, determinada pelos pontões rochosos que delimitam sua entrada. Em áreas estuarinas como esta, as estreitas comunicações com o mar causam aumento da velocidade das correntes de maré, possibilitando a penetração destas até as partes mais internas do estuário e, conseqüentemente aumento do poder erosivo (EMERY & STEVENSON, 1957, modificado por PELLIZZARI F. *em prep.*).

A pesca na região, assim como nos demais lugares do litoral do Paraná, é meramente artesanal. Entretanto, em decorrência das várias épocas de proibição da pesca predatória, os pescadores estão sendo incentivados a implantar criações de ostras e camarões na região (Figura 2). Assim, já existem vários criadouros de pequeno porte espalhados pela baía.

FIGURA 2 – CULTIVO DE ORGANISMOS MARINHOS



A cidade mais importante da região é Guaratuba (Figura 3), com uma população aproximada, segundo o censo do ano 2000, de 30.000 habitantes. IBGE,

2000. Durante o verão, principalmente nos feriados de Ano Novo e Carnaval, sua população pode triplicar.

FIGURA 3 – VISTA DA CIDADE DE GUARATUBA



Até o momento, a cidade de Guaratuba possui apenas 30% de sistema de manilhamento de esgotos, espalhados pelo centro, praia do Cristo e Brejatuba (informação verbal SANEPAR), e todas as águas servidas são lançadas direta ou indiretamente na baía. Entretanto, através do Projeto Paraná San o primeiro sistema de tratamento de esgotos do município está sendo implantado.

Além de Guaratuba deve ser citado o Balneário de Caiobá, localizado do lado oposto da baía, enfrente a Guaratuba, e pertencente ao Município de Matinhos. A travessia entre Guaratuba e Caiobá é feita, através de "Ferry Boats", com trapiches de atracamento próprios em ambos os lados. Além disto há, principalmente no verão, intenso fluxo de embarcações menores na região.

Em 1992 foi criada a APA (Área de Proteção Ambiental) de Guaratuba, com área aproximada de 200 mil hectares. Ela engloba todo o município de Guaratuba e parte dos de Matinhos, Tijucas do Sul, São José dos Pinhais e Morretes. Inclui ainda águas interiores, ilhas situadas na baía de Guaratuba, ilhas fluviais e a ilha do Saí-Guaçu. (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2003). Seu objetivo é compatibilizar o uso racional dos recursos ambientais da região e a ocupação ordenada do solo, contribuindo com a qualidade de vida das comunidades caiçaras e da população local. Mais especificamente, a APA busca proteger a rede hídrica, os remanescentes

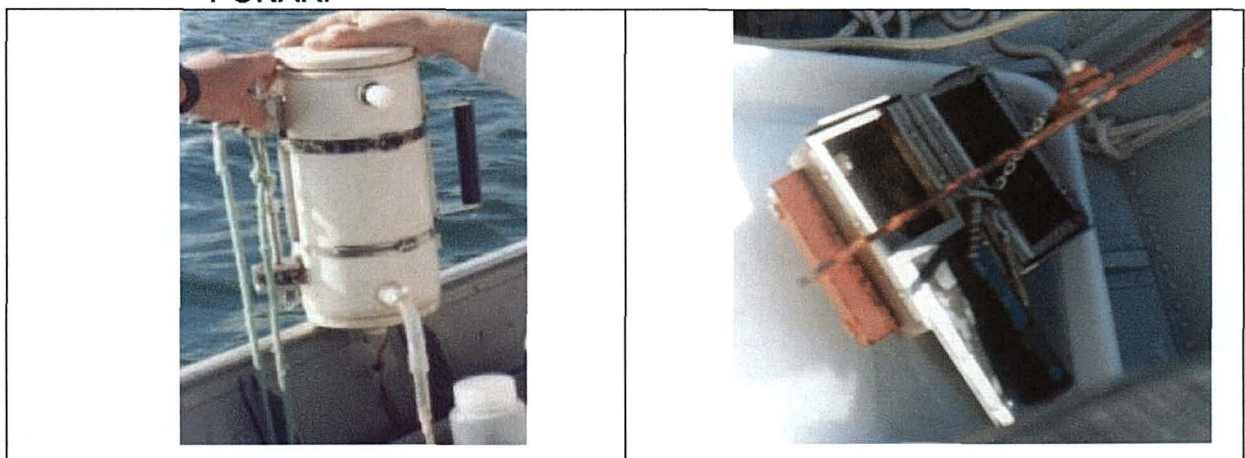
complexos estuarino-lagunares integrantes da baía de Guaratuba. Sobre esse mosaico, ocorrem atividades humanas diversificadas, entre as quais o desmatamento para práticas agropecuárias não recomendadas, uso de agrotóxicos não permitidos e a extração clandestina de recursos florestais, com distintos graus de intervenção ambiental. Uma pressão importante é representada pelo afluxo de veranistas nos meses de verão, quando a população da APA chega a triplicar, o que impõe forte pressão sobre determinados recursos naturais e sobre a infraestrutura local (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2003).

### 3.2 AMOSTRAGEM

Entre os meses de julho e novembro de 2002 foram feitas coletas de água de superfície e fundo, assim como de sedimento subaquático, em sete estações ao longo do eixo leste-oeste e duas em dois canais ao norte da Baía de Guaratuba e, em dezoito estações, de sedimento das regiões entre-marés (Figura1A). Na primeira coleta (10/07/2002) foram feitas amostragens de água de superfície e de fundo entre o pico da preamar (Est.1) e o pico da baixa-mar (Est.9) de sizígia. Em todas as estações também foram efetuadas coletas de sedimento superficial. Na segunda (22/08/2002) foram feitas amostragens da água de superfície e fundo nas mesmas estações da primeira coleta, invertendo-se o sentido da maré. Na terceira (08/10/2002) e quarta (20/11/2002) coletas foram amostrados sedimentos das regiões entre-marés. Os horários das coletas estão inseridos nos Anexos 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

As amostras de água foram coletadas com Garrafa de van Dorn (Figura 4A), as de sedimento subaquático com um busca-fundo do tipo "Petit-Ponar" (Figura 4B) e as de sedimento da região entre-marés com colheres de sopa esterilizadas. Todas as amostras foram devidamente acondicionadas no campo e levadas para análise ao Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná.

FIGURA 4 - A) GARRAFA DE VAN DORN. B) BUSCA-FUNDO DO TIPO PETIT PONAR.



### 3.2.1 Parâmetros Físico-químicos

Com exceção da maré, da transparência da água, e da granulometria do sedimento, todos os dados abióticos foram medidos nas águas de superfície e fundo e, nas regiões entre-marés, em poças de água remanescente da última maré alta nas estações localizadas em manguezais (Est. III a XVI) e na água do mar adjacente nas estações de praias arenosas (Est. I, II, XVII e XVIII).

#### A. Maré

Obtida pela Tábua de Marés fornecida pelo Laboratório de Física Marinha do CEM/UFPR antes de ir a campo. A tábua de marés mostra em horários pré-determinados, a altura da maré, porém estes horários não coincidem com os horários de coleta. Por esta razão a maré calculada caso-a-caso estimando as marés no horário em que foi efetuada a coleta em cada estação.

#### B. Temperatura

Obtida no campo usando um termômetro padrão, escala  $1/40^{\circ}$  C.

#### C. Salinidade

Amostras de água foram coletadas em frascos bem vedados e levadas até o laboratório. Para obtenção da salinidade foi usado um refratômetro ATAGO modelo S/MILL com escala de 0,40‰.

#### D. Oxigênio Dissolvido

As amostras foram colocadas em frascos esmerilhados sem formação de bolhas na água da amostra. Em seguida foi adicionado 1 mL de cloreto de manganês e 1 mL de iodeto de potássio. Os frascos foram agitados e colocados em um isopor com água do local para o transporte até o laboratório onde foram tituladas com tiosulfato de sódio. A técnica usada foi a de Winkler (descrita por

GRASSHOFF; EHRHARDT; KREMLING; 1983) e os resultados foram indicados em porcentagem de saturação.

#### E. Transparência

A transparência da água foi medida em campo com o auxílio de um Disco de Secchi.

#### F. Seston

As amostras de água foram acondicionadas em frascos com volume suficiente para a análise. Aliquotas de cada amostra foram filtradas com filtros Whatmann GF/F previamente secos a 60°C até a constância de peso. (STRICKLAND e PARSONS, 1968). Após a filtração estes foram congelados em envelopes de papel alumínio e posteriormente secos e pesados novamente. O seston foi calculado através da diferença do peso.

#### G. pH

O pH foi medido em campo com o auxílio de um pHmetro portátil digital Atago, calibrado na véspera da coleta.

#### H. Clorofila

De cada amostra de água foram retirados 60 mL para a análise de clorofila "a", baseada no método fluorométrico descrito por STRICKLAND e PARSONS (1968). Este volume foi filtrado, para todas as amostras, em filtros de fibra de vidro Whatmann GF/C, e armazenadas a -18°C em envelopes de papel alumínio. Para a extração da clorofila foi utilizada acetona 90% como solvente e a leitura foi feita em fluorômetro Turner 10-AU.

## I. Granulometria, carbonato de cálcio biodetrítico e matéria orgânica do sedimento

As amostras de sedimento foram acondicionadas em sacos plásticos, congeladas e levadas ao Laboratório de Geologia do CEM/UFPR para ser efetuada a análise, seguindo metodologia descrita por ODSRESKI (2002).

Para tanto sub-amostragens foram secadas em estufa a 60°C e efetuadas elutriações de 50 gramas de cada amostra para que fossem eliminadas as frações finas (silte e argila). Após nova secagem pesou-se o produto da elutriação para a determinação da porcentagem de finos, obtida através da diferença entre o peso inicial e o peso final, seguido por peneiramento mecânico em *rot up* por 15 minutos em peneiras com intervalos de 0,5 Ø, desde a fração 4 Ø (0,062 mm) até -1,5 Ø (4 mm).

As amostras que apresentaram mais de 5% de finos após a elutriação passaram também pelo processo de pipetagem, onde 50 g da amostra livre de matéria orgânica através da queima com água oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), foi lavada com água destilada em peneira com abertura 0,062 mm. Cinco por cento de defloculante pirofosfato de sódio (Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) foi adicionado aos sedimentos finos que passaram pela peneira junto com a água destilada. Esta solução foi colocada em provetas de decantação onde o procedimento de pipetagem foi executado conforme a descrição de CARVER (1971). Os resultados foram transcritos para um programa de computador denominado SysGran, desenvolvido por CAMARGO (1999) no Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná para que fosse feito o cálculo em porcentagem.

Para a avaliação dos teores de carbonato de cálcio biodetrítico 10 gramas de cada amostra seca foram tratados com HCl a 10%. O produto da reação com HCl foi lavado com água quente e secado em estufa para a pesagem final. O cálculo foi efetuado através da diferença entre o peso inicial e o final da amostra.

Os teores de matéria orgânica foram determinados através da diferença entre o peso inicial (80 g de amostra seca) e o peso final depois de efetuada a queima total da matéria orgânica com água oxigenada a 30 %.

### 3.2.2 Parâmetros Biológicos

Ao contrário das análises feitas na coluna d'água, onde foram usadas as próprias amostras, houve necessidade de fazer-se diluições do sedimento. Para tanto as amostras de sedimento superficial (3 cm) foram coletadas, acondicionadas em placas de Petri e levadas ao laboratório onde foram medidos 15 cm<sup>3</sup> de cada amostra, diluídos com 135 mL de água destilada (diluição de 1:10), agitados por 10 minutos em agitador de Erlenmeyers a 80 rpm e decantados por 10 (sedimento arenoso) e 15 (sedimento lodoso) minutos. Da água sobrenadante foram retiradas alíquotas para a contagem de bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana, cultura de bactérias heterotróficas halófilas e halóobas, coliformes totais e *Escherichia coli*. Na seqüência foram usados os mesmos procedimentos realizados para as amostras de água.

#### A. Bactérias heterotróficas totais e biomassa bacteriana

Para a análise das bactérias heterotróficas totais na água de superfície e fundo, foram formalizados, perfazendo uma concentração final aproximada de 5% de formol p. A., ainda no campo, 15 mL de água em tubos de ensaio de tampa rosqueável esterilizados. Aliquotas semelhantes da água sobrenadante originária da diluição dos sedimentos, foram retiradas e formalizadas. Todas as amostras foram mantidas em geladeira por um prazo máximo de quinze dias até a contagem através da microscopia de epifluorescência (Microscópio Nikon, modelo Labophot) seguindo a metodologia descrita por PARSONS; MAITA; LALLI (1984). Como corante foi usado o fluorocromo laranja de acridina.

Para o cálculo de biomassa bacteriana, as bactérias de seis campos óticos foram divididas em cocos (0,5 x 0,5  $\mu\text{m}$ ), bacilos pequenos (0,5 x 1,0  $\mu\text{m}$ ) e bacilos grandes (acima de 1  $\mu\text{m}$ ) e determinado o biovolume a partir de figuras geométricas aproximadas (esfera e cilindro). Para o cálculo da biomassa foi utilizado o fator de conversão de 0.4 pgC. $\mu\text{m}^{-3}$  descrito por BJØRNSSEN e KUPARINEN (1991).

## B. Bactérias heterotróficas aeróbicas cultiváveis halófilas e halófilas.

No laboratório, alíquotas das amostras de água de superfície e fundo, assim como de água sobrenadante das amostras de sedimento, foram submetidas ao cultivo seguindo a metodologia descrita por KOLM e CORRÊA (1994) e KOLM e ABSHER (1995). O meio de cultura utilizado foi o ZoBell 2216E, modificado por GUNKEL (1964), como mostra o Anexo 1. Para as bactérias cultiváveis foram feitas diluições de 1 e 1:10, para as amostras de água de fundo, de superfície e sedimento de fundo, e diluição 1:10 e 1:100 para as amostras de sedimento das regiões entre-marés, e os cultivos realizados em duplicata. Todos os inóculos foram mantidos em estufa a 28°C por 48 horas (bactérias halófilas) e sete dias (bactérias halófilas). Para a contagem das colônias usou-se sempre a menor diluição que permitisse obter resultados corretos.

## C. Coliformes totais e *Escherichia coli*.

Para as análises utilizou-se um substrato cromogênico composto basicamente por sais, ortho-nitrofenil- $\beta$ -d-galactopyranosídeo (ONPG) específico para o grupo de coliformes totais e 4-metil-umbifenil glucoronídeo (MUG) específico para *Escherichia coli*, conforme descritos no “Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water” APHA (1995). Os produtos utilizados foram os Colilert, de acordo com a metodologia sugerida pela empresa Idexx Laboratories, Inc. O material foi incubado em cartelas por 18 horas a 36°C. A contagem dos *Escherichia coli* foi realizada sob luz ultravioleta (365nm) e os coliformes totais sob iluminação natural. Para obtenção do número mais provável (NMP) dos coliformes em 100 ml de água, foi utilizada uma tabela fornecida pela empresa.

Todas as análises de água foram efetuadas sem diluição e as de sedimento em diluição de 1:10 conforme descrito no início deste capítulo.

Na metodologia aplicada o limite máximo de detecção de coliformes totais e de *E. coli* na água foi de > 2419,2 organismos na água e > 24192 no sedimento.

### 3.2.3 Análise Estatística

Para a avaliação estatística das diferenças temporais entre as variáveis de água de superfície e fundo, foi utilizada, quando possível e pertinente o teste "Post Hoc" de Scheffé ou o teste LSD. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos e tabelas e os valores de "F", dos graus de liberdade e de "p" foram inseridos acima de cada figura. Para a execução das análises acima citadas todos os valores acima de 2.419,2 UFC.mL<sup>-1</sup> de coliformes totais e de *Escherichia coli* foram considerados iguais a este valor. Além disto, todos os parâmetros estudados na água e nos sedimentos foram tratados através da Análise de Correspondência. Na Análise de Correspondência dos parâmetros estudados na água, somente foram considerados os de superfície e fundo que apresentaram variabilidade significativa. Dos demais parâmetros só foram considerados os valores obtidos em águas de superfície. O nível de significância adotado foi de 95% (BOUROCHE e SAPORTA, 1982; LEGENDRE & LEGENDRE, 1983; CLARK e WARWICH, 1994).

## 4 RESULTADOS

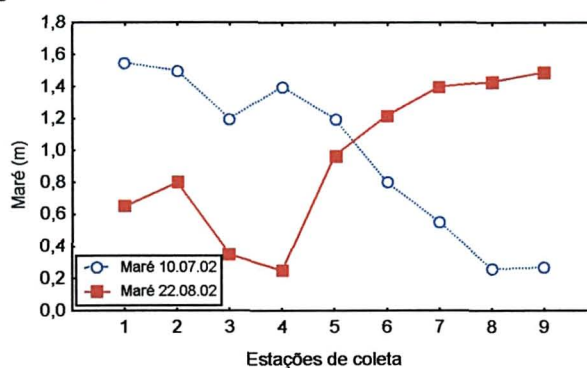
### 4.1 ÁGUA DE SUPERFÍCIE E FUNDO

#### 4.1.1 Parâmetros Fisico-químicos

##### 4.1.1.1 Maré

Como indica a Figura 5 e o Anexo 2, a maior preamar registrada (1,55 m) foi na estação 1 da primeira coleta (10/07/02) e a menor baixamar (0,25 m) na estação 4 da segunda coleta (22/08/02). Entretanto, é importante observar que em julho as coletas foram feitas obedecendo a vazante (maré mais alta na estação 1 e mais baixa na estação 9) e em agosto obedecendo a enchente (baixa-mar na estação 1 e preamar na estação 9). Pequenas alterações da altura da maré puderam ser observadas nas estações 3 e 4, por serem regiões internas da baía.

FIGURA 5 - VALORES ESTIMADOS DA ALTURA DA MARÉ NAS DATAS E ESTAÇÕES DE COLETA

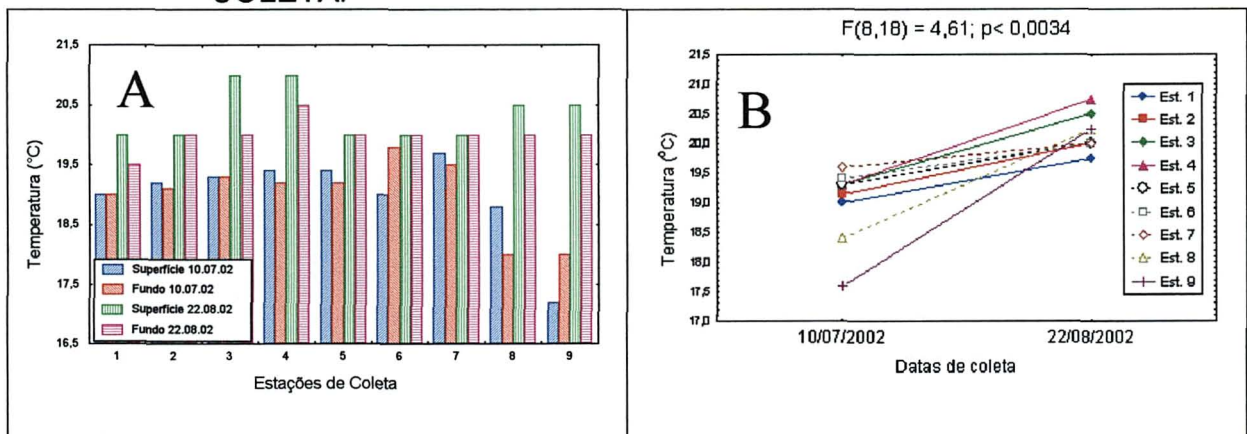


##### 4.1.1.2 Temperatura

Como indica a Figura 6A, a maior temperatura, 21°C, foi registrada na água de superfície das estações 3 e 4 da segunda coleta (22.08.02) e a menor (17,2°C), foi registrada na água de superfície da estação 9 da primeira coleta (10.07.02). A ANOVA (Figura 6B) mostra que houve variação significativa deste parâmetro, tanto ao longo das estações, quanto entre as datas de coleta. Também pode ser

observada uma variação significativa ( $p < 0,00004$ ) entre as águas superficiais e as de fundo. O teste "Post Hoc" de Scheffé (Anexo 9) mostra que esta variabilidade foi significativa entre a estação 6 da segunda coleta e a as estações 6 e 8 da primeira coleta, da estação 8 da segunda coleta em relação às estações 2, 4, 6 e 8 da primeira coleta e 1, 3, 5 e 7 da segunda coleta. Significativa ainda foi a variabilidade da estação 9 da segunda coleta em relação à estação 8 da segunda coleta.

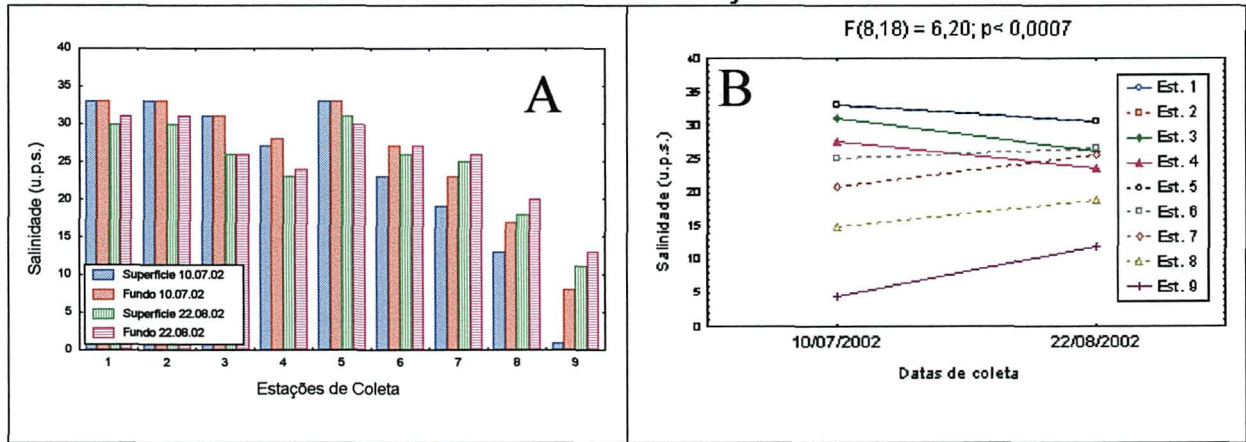
FIGURA 6 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS TEMPERATURAS MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.



#### 4.1.1.3 Salinidade

Como pode ser observado na Figura 7A houve constante redução da salinidade, tanto nas águas de superfície como nas de fundo, entre as estações externas, com um valor máximo de 33‰ nas estações 1, 2 e 5 da primeira coleta e as internas, com um mínimo de 1‰, registrada na água de superfície na estação 9, durante a primeira coleta. É importante ressaltar que as salinidades, tanto de superfície, quanto de fundo, apresentaram gradientes decrescentes ao longo do eixo leste-oeste da baía, apesar da alternância das marés. A ANOVA (Figura 7B) mostrou que houve uma variabilidade significativa, tanto ao longo das estações, quanto entre as datas de coleta, com valores significativamente mais baixos, principalmente nas estações internas da baía (Anexo 10).

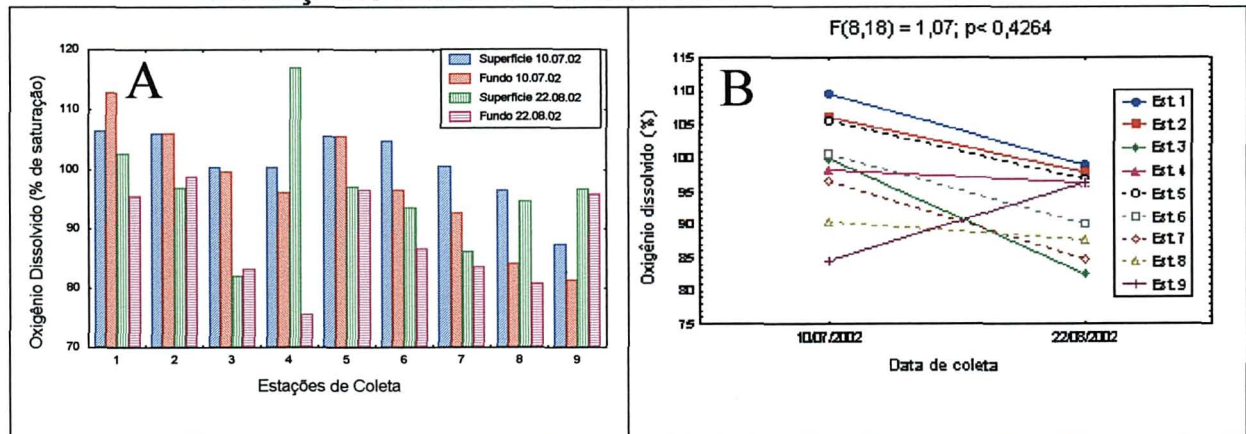
FIGURA 7 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DA SALINIDADE AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS SALINIDADES MÉDIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



4.1.1.4 Oxigênio dissolvido

Como mostra a Figura 8A, a maior porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido foi registrada na água de superfície da estação 4 (117%) e a menor (75,66%) na água de fundo da mesma estação, ambas na segunda coleta. Houve variação significativa ( $p < 0,038594$ ) entre as águas de superfície e de fundo. Além disto pode ser observada uma variação significativa ( $p < 0,046050$ ) entre os valores da primeira e da segunda coleta. Entretanto, comparando-se os valores das estações e das datas, não houve variação significativa (Figura 8B).

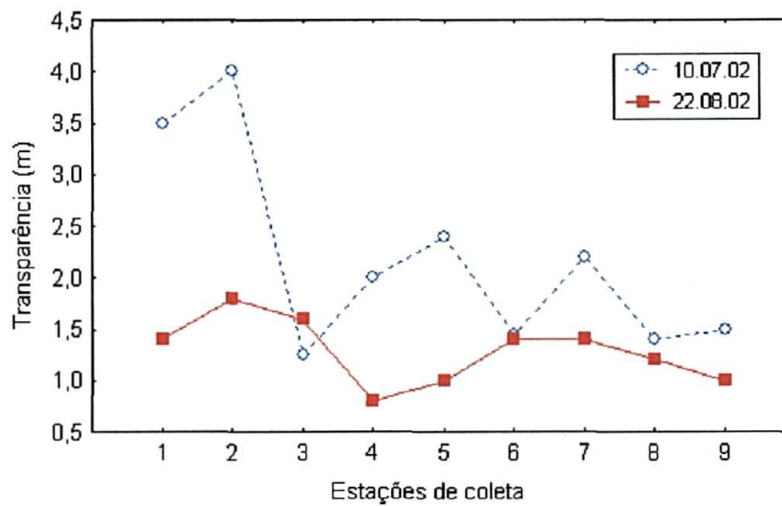
FIGURA 8 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



#### 4.1.1.5 Transparência da água

Conforme pode ser observado na Figura 9 a maior transparência (4 m) foi observada na estação 2 durante a primeira coleta e a menor (0,80 m) foi observada na estação 4 durante a segunda coleta.

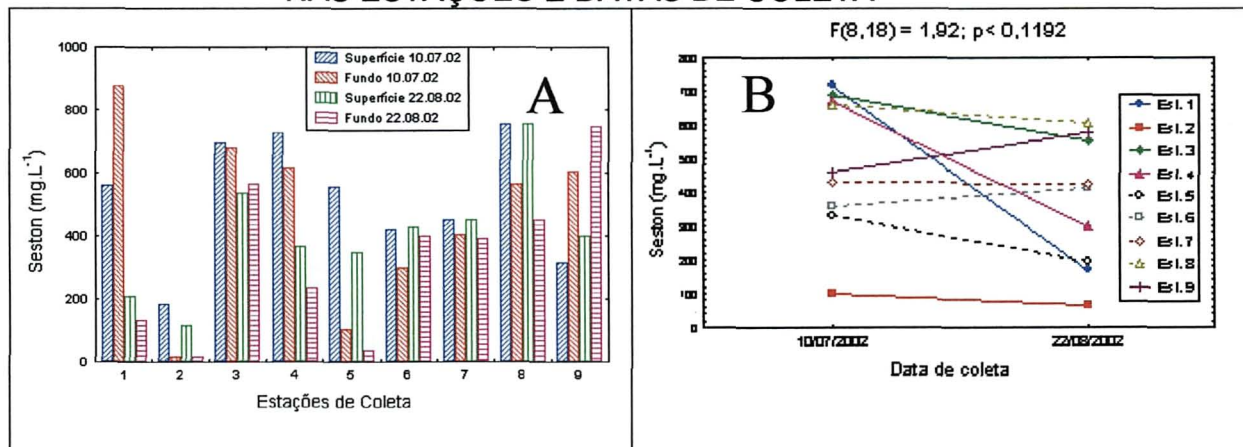
FIGURA 9 - VALORES DA TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA.



#### 4.1.1.6 Seston

Como mostra a Figura 10A houve uma grande variabilidade de seston, tanto na água de superfície, quanto na de fundo. Entretanto, os menores valores, com um mínimo de  $14,96 \text{ mg.L}^{-1}$  na segunda coleta, puderam ser registrados na estação 2. Valores máximos ( $876,68 \text{ mg.L}^{-1}$ ) foram encontrados na água de profundidade da estação 1. Entretanto, também puderam ser registrados valores altos, tanto na água de superfície, quanto na de fundo, na estação 3, na primeira data de coleta, na estação 4, em águas de superfície da primeira coleta, na estação 8, em ambas as águas superficiais e na estação 9 na água de fundo da segunda coleta. A ANOVA mostrou que não houve variação significativa deste parâmetro ao longo das estações estudadas e tampouco entre as duas datas de coleta (Figura 10B).

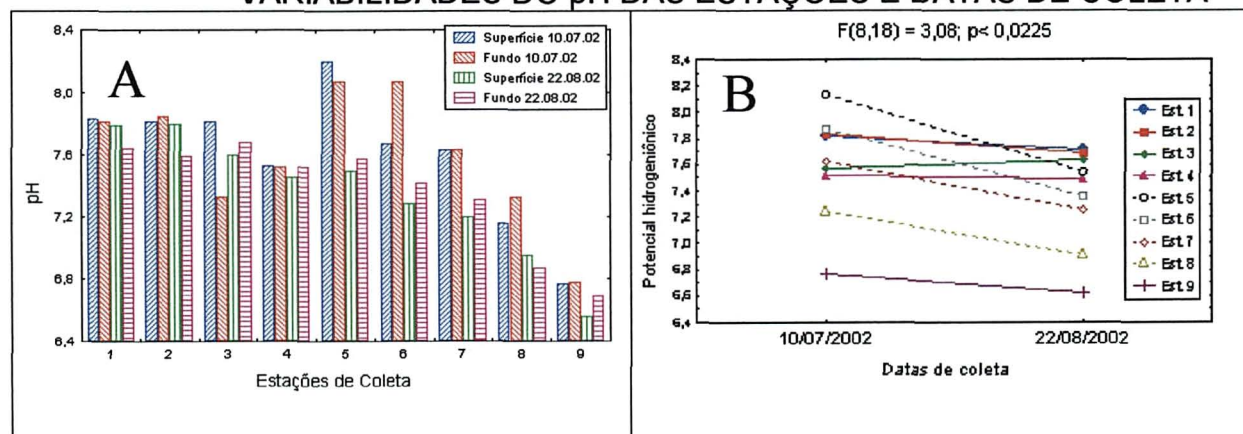
FIGURA 10 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DO SESTON AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DA VARIABILIDADE DO SESTON NAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



#### 4.1.1.7 pH

Em linhas gerais pode ser observado um gradiente de variabilidade, com valores mais elevados, tanto em águas superficiais, quanto nas de profundidade, nas estações externas e valores mais baixos nas estações internas. O menor pH (6,56), como mostra a Figura 11A, foi registrado na estação 9, no dia 22 de agosto e o maior (8,20) na estação 5, no dia 10 de julho, ambos em águas de superfície. A ANOVA (Figura 11B) mostrou uma variação significativa, tanto ao longo das estações, como entre as datas de coleta. O teste "Post Hoc" de Scheffé (Anexo 11) mostrou variações significativas das estações internas (principalmente as estações 8 e 9) em relação às externas.

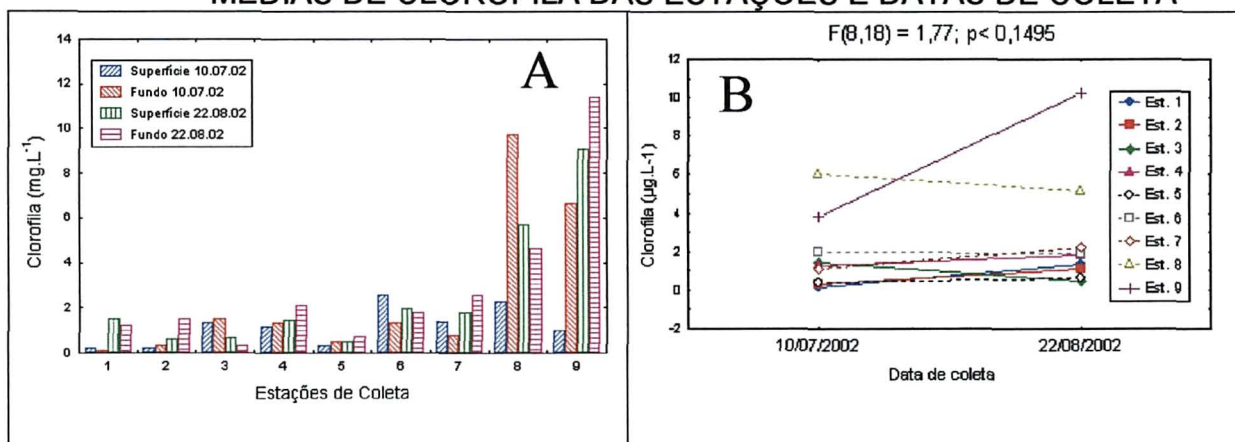
FIGURA 11 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DAS VARIABILIDADES DO pH DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



#### 4.1.1.8 Clorofila

Com exceção da água de superfície da primeira coleta, os maiores valores de clorofila puderam ser observados nas estações internas da baía. Como mostra a Figura 12A, o seu maior valor ( $11,44 \text{ mg.L}^{-1}$ ), foi encontrado na estação 9 durante a segunda coleta, e o menor ( $0,11 \text{ mg.L}^{-1}$ ), na estação 1 na primeira coleta, ambos em águas de fundo. A ANOVA mostrou que não houve variação significativa dos valores de clorofila obtidos em águas superficiais e de profundidade. Tampouco houve variação significativa entre as datas de coleta e na comparação das estações com as datas em que ela foi coletada (Figura 12B). Por outro lado, houve uma variação significativa ( $p < 0,022291$ ) entre as estações de coleta. O Anexo 12 mostra que a variação foi significativa entre a estação 9 e as estações 1, 2, 3 e 5.

FIGURA 12 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DA CLOROFILA AO LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE CLOROFILA DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA

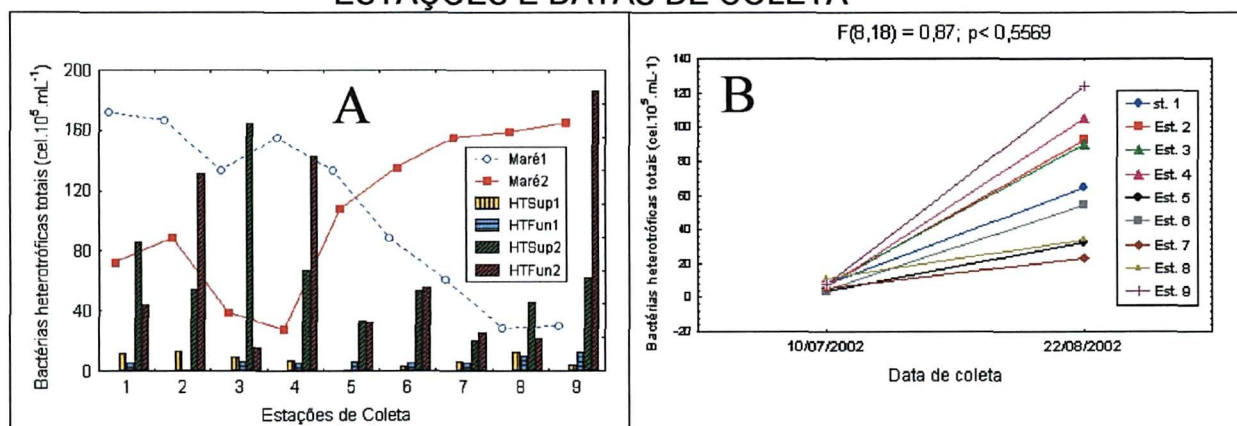


## 4.1.2 Parâmetros Biológicos

### 4.1.2.1 Bactérias Heterotróficas Totais

Como mostra a figura 13A, o maior valor de bactérias heterotróficas totais,  $185,873 \cdot 10^5 \text{ cel.mL}^{-1}$ , foi encontrado na água de fundo na estação 9 da segunda coleta, e o menor,  $0,710 \cdot 10^5 \text{ cel.mL}^{-1}$ , na água de superfície na estação 5 da primeira coleta. A ANOVA mostrou que houve uma variabilidade significativa ( $p < 0,000388$ ) entre a superfície e o fundo. Da mesma forma, houve uma variação significativa destes organismos ( $p < 0,000012$ ) entre uma data de coleta e outra, com valores mais elevados, tanto na superfície, quanto no fundo, no dia 22 de agosto (Fig. 13B).

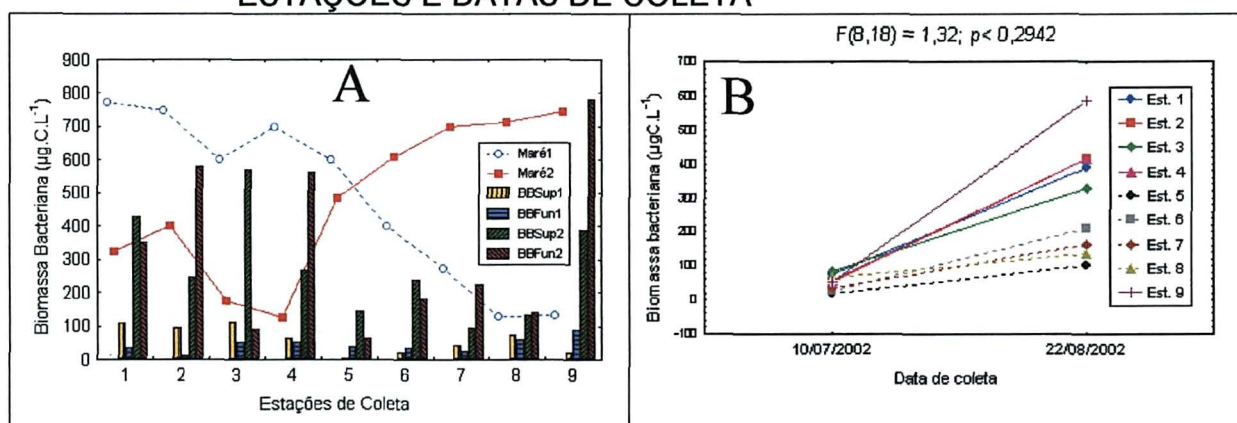
FIGURA 13 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



#### 4.1.2.2 Biomassa Bacteriana

O maior valor de biomassa bacteriana ( $781,116 \mu\text{g.C.L}^{-1}$ ), foi encontrado na água de fundo na estação 9 da segunda coleta, e o menor ( $0,673 \mu\text{g.C.L}^{-1}$ ), na água de superfície na estação 5 da primeira coleta (Fig. 14A). A ANOVA mostrou que, assim como para as bactérias heterotróficas totais, também houve uma variação significativa da biomassa bacteriana, entre a superfície e o fundo ( $p < 0,000247$ ). Da mesma forma, pode ser observada (Fig. 14B) uma variação significativa entre as datas de coleta. Entre as estações a variação não foi significativa.

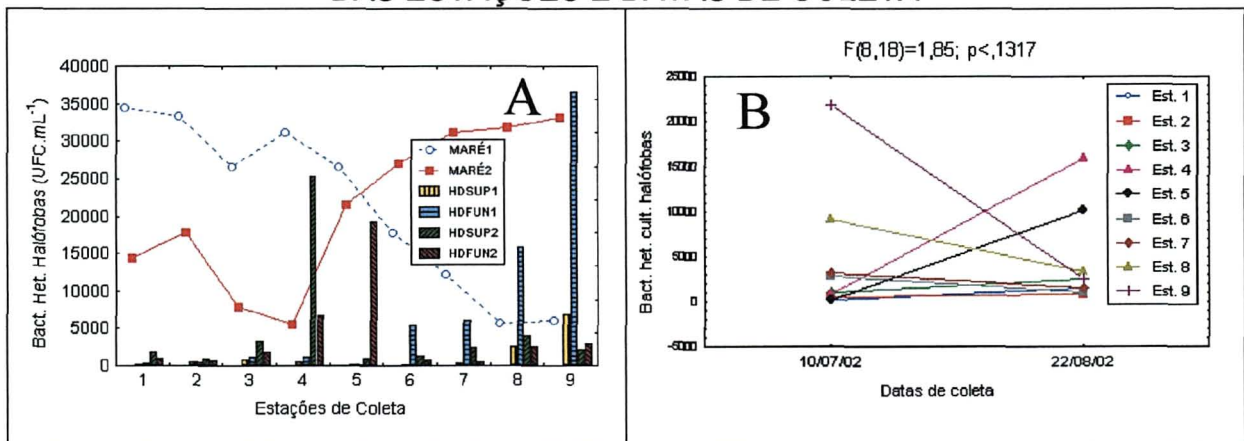
FIGURA 14 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BIOMASSA BACTERIANA LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE BIOMASSAS BACTERIANAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



#### 4.1.2.3 Bactérias Heterotróficas Halófilas

Como mostra a figura 15A, o maior número de bactérias heterotróficas halófilas,  $36.650 \text{ UFC.mL}^{-1}$ , foi encontrado na água de fundo da estação 9, e o menor número,  $38 \text{ UFC.mL}^{-1}$ , na água de superfície na estação 1, ambas na primeira coleta. A ANOVA mostrou que não houve variabilidade significativa entre os valores observados em água de superfície e os de fundo. Entretanto, como pode ser observado na figura 15B, houve uma variabilidade significativa dos valores obtidos na estação 9, durante a segunda coleta em relação à quase totalidade das demais estações (com exceção das estações 8 da primeira coleta e 6 da segunda coleta) e da estação 9 da Segunda coleta em relação à estação 8 da segunda coleta (Anexo 3). É importante observar ainda que na estação 9 houve uma drástica redução destes organismos, da primeira para a segunda coleta.

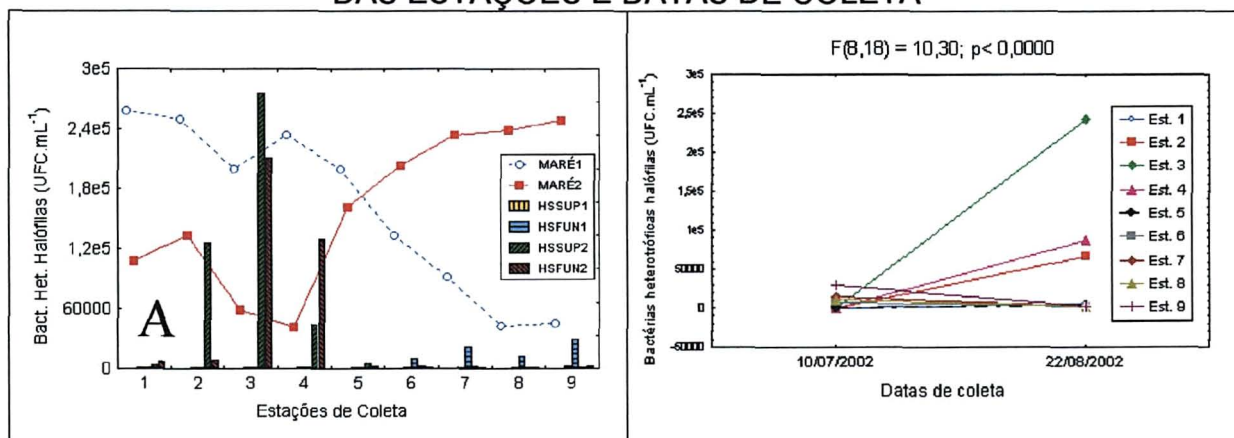
FIGURA 15 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFIAS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFIAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



#### 4.1.2.4 Bactérias Heterotróficas Halófilas

Como mostra a figura 16A, o maior número de bactérias heterotróficas halófilas ( $275.400 \text{ UFC. mL}^{-1}$ ), foi encontrado na água de superfície da estação 3 na segunda coleta, e o menor ( $41 \text{ UFC.mL}^{-1}$ ), na água de superfície na estação 1 da primeira coleta. A Análise de Variância mostrou que não houve variação significativa entre os valores de superfície e fundo, entretanto, como pode ser observado na figura 16B, a variação foi significativa, tanto ao longo das estações de coleta, quanto no período estudado. A média dos valores destas bactérias, encontrados na estação 6, durante a primeira coleta, foram significativamente menores que as médias da maioria das demais estações, tanto na primeira, quanto na segunda coleta. Exceção foi observada na estação na estação 8, durante a primeira coleta (Anexo 3). É importante observar ainda a grande variabilidade do número destes microrganismos ao longo do período estudado.

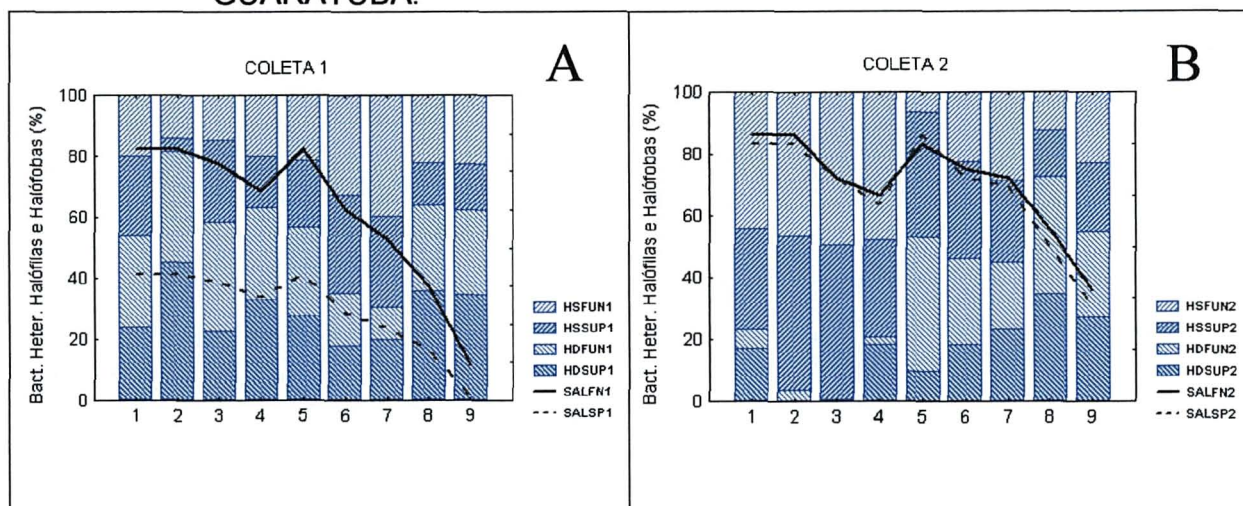
FIGURA 16 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFILAS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS HALÓFILAS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



As figuras 17A e B mostram os valores de bactérias aeróbicas cultiváveis halófilas e halófbas em porcentagem. Como pode ser visto, apesar da inversão das marés durante o período estudado, os padrões de distribuição destes microrganismos ao longo do eixo leste-oeste da baía se mantiveram relativamente constantes, tanto na água de superfície, quanto na de fundo. Pode-se observar ainda que, com exceção das estações 2 e 4 que apresentaram valores elevados de

halófitas na primeira coleta, nas estações externas, mais salinas, os valores de halófilas foram mais elevados, enquanto que nas estações internas (8 e 9), com baixíssimas salinidades, foram registrados valores mais elevados de halófitas.

FIGURA 17 - GRÁFICO DA PERCENTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFILAS (HS) E HALÓFITAS (HD) NA COLUNA D'ÁGUA NAS ESTAÇÕES DE COLETA ATRAVÉS DA BAÍA DE GUARATUBA.



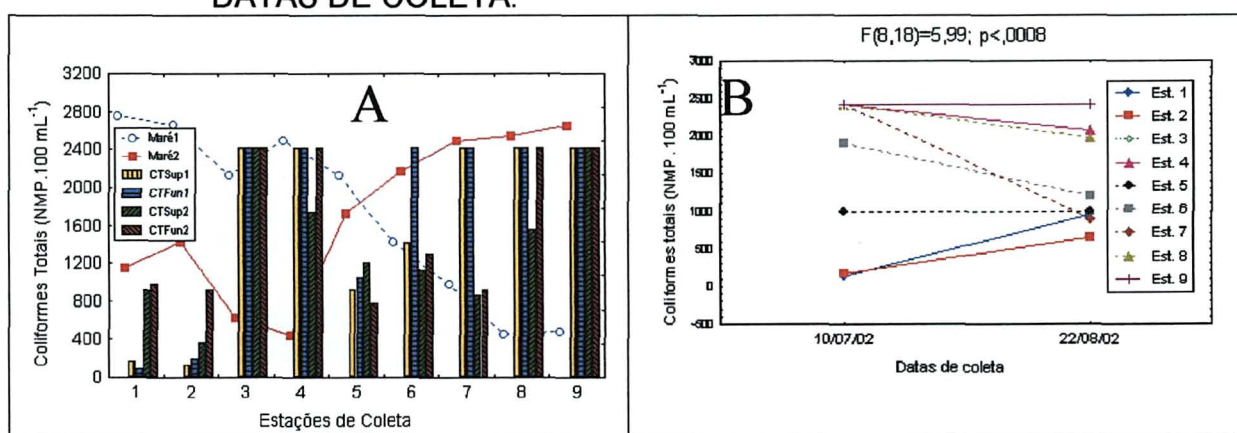
NOTA: SALSUP1 – Salinidade de superfície coleta 1; SALSUP2 – Salinidade de superfície coleta 2; SALFN1 – Salinidade de fundo coleta 1; SALFN2 – Salinidade de fundo coleta 2; HSSUP1 - Bactérias Heterotróficas Halófilas Superfície Coleta 1; HSFUN1 - Bactérias Heterotróficas Halófilas Fundo Coleta 1; HSSUP2 - Bactérias Heterotróficas Halófilas Superfície Coleta 2; HSFUN2 - Bactérias Heterotróficas Halófilas Fundo Coleta 2; HDSUP1 - Bactérias Heterotróficas Halófitas Superfície Coleta 1; HDSUP1 - Bactérias Heterotróficas Halófitas Fundo Coleta 1; HDSUP2 - Bactérias Heterotróficas Halófitas Superfície Coleta 2; HDSUP2 - Bactérias Heterotróficas Halófitas Fundo Coleta 2.

#### 4.1.2.5 Coliformes Totais

A quantidade de coliformes totais atingiu seu valor máximo (iguais ou maiores que 2419,2 NMP.100mL<sup>-1</sup>) nas estações 3 (em todas as águas analisadas), 4 (superfície e fundo na primeira coleta e fundo na segunda coleta), 6 (fundo na primeira coleta) 7 (superfície e fundo da primeira coleta) e 8 (superfície e fundo da primeira coleta e fundo da segunda coleta) e 9 (todas as águas analisadas) e o menor valor na estação dois (43,40 NMP. 100mL<sup>-1</sup>) (Figura 18A). A Análise de Variância mostrou que os valores obtidos em águas superficiais e de fundo não foram significativos. Entretanto, como pode ser visto na figura 18B, houve uma variabilidade significativa ao longo das estações e datas de coleta. Puderam ser

observadas variações significativas entre as estações 5, 6, 7, e 8 da primeira coleta e 2, 4, 6, 8 e 9 da segunda coleta, em relação à estação 1 da primeira coleta, das estações 5, 6, 7 e 8 da primeira coleta e 2, 4, 6, 7, 8 e 9 da segunda coleta, em relação à estação 3 da primeira coleta, assim como das estações 5, 6 e 7 da primeira coleta e 4, 6, 8 e 9 da segunda coleta em relação à estação 4 da primeira coleta (Anexos 3, 4, 5 e 6).

FIGURA 18 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE COLIFORMES TOTAIS LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DOS COLIFORMES TOTAIS DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA.



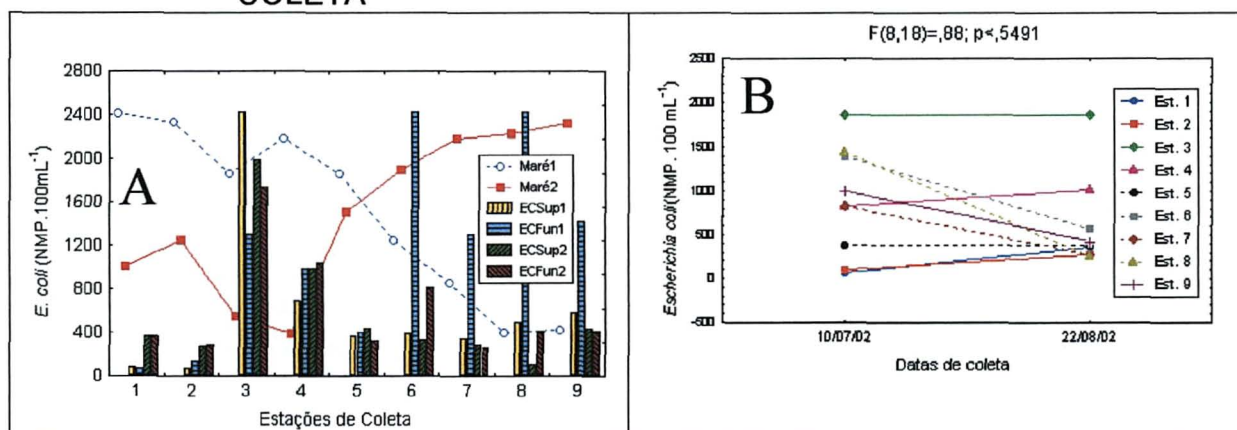
O resultado mostra um número extremamente alto de coliformes totais (> 2419,2 NMP.100mL<sup>-1</sup>) nas estações localizadas no fim da baía, este índice provavelmente mostra a situação das águas trazidas da capital, pela da Serra do Prata desembocando na Baía de Guaratuba em direção ao mar aberto. As estações 3 e 4 também apresentaram altos índices de coliformes totais talvez por se situarem em áreas protegidas da corrente mais forte da maré, uma vez que a medida que a corrente encontra um obstáculo ela se divide diminuindo a energia da mesma.

#### 4.1.2.6 *Escherichia coli*

Como indica a figura 19A, os valores máximos de *E. coli* (superiores ou iguais a 2419,2 NMP.100mL<sup>-1</sup>) foram registrados nas estações 3 (superfície da primeira coleta), 6 (fundo da primeira coleta) e 8 (fundo da primeira coleta) e o menor (64,50 NMP. 100mL<sup>-1</sup>) na estação 2 (águas superficiais da primeira coleta). A ANOVA mostrou que não houve variação significativa entre os valores obtidos em águas

superficiais e de profundidade. Como pode ser visto na figura 19B, tampouco houve variabilidade significativa entre as datas de coleta. Entretanto, a ANOVA mostrou variabilidade significativa destes organismos ao longo das estações. Como, na aplicação do teste "Post Hoc" de Scheffé não puderam ser identificadas as estações que apresentaram variabilidade significativa, optou-se pela aplicação do Teste "Post Hoc" LSD que é menos rigoroso (Anexo 16). Este teste mostrou que a média dos valores de *E. coli* da estação 3 foram significativamente mais elevados que as médias destes microrganismos nas demais estações (Anexo 16).

FIGURA 19 - A) VALORES DA VARIABILIDADE DE *Escherichia coli* LONGO DAS ESTAÇÕES; B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANOVA ENTRE AS MÉDIAS DOS *Escherichia coli* DAS ESTAÇÕES E DATAS DE COLETA



Como pode ser observado na figura 20, o primeiro componente, representado pelo eixo x, da Análise de Correspondência explicou 81,10% da variabilidade e apresentou correlação positiva entre as bactérias heterotróficas totais e a biomassa bacteriana de fundo da segunda coleta, as bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas das duas coletas, com as estações 2, 4 e 9 e correlação negativa destes parâmetros com as estações 1 e 3. Ao contrário, as estações 1 e 3 apresentaram correlação positiva com a salinidade e a biomassa bacteriana de superfície da primeira data de coleta, as bactérias heterotróficas totais e a biomassa bacteriana de superfície, as bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas e a *E. coli* da segunda data de coleta. O segundo componente, representado pelo eixo y explicou 12,18% da variabilidade e apresentou correlação positiva da estação 8 com os seguintes parâmetros: seston nas duas datas de coleta, clorofila na primeira data de coleta,



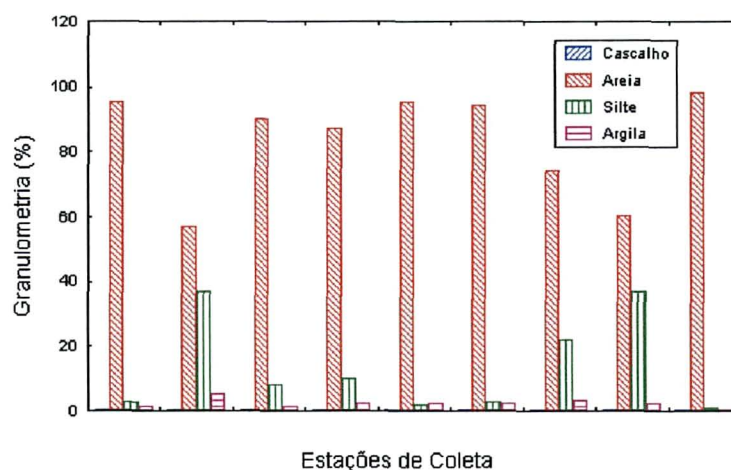
## 4.2 SEDIMENTO SUB-AQUÁTICO

### 4.2.1 Parâmetros Físico-químicos

#### 4.2.1.1 Granulometria

Como pode ser observado na Figura 21 e no Anexo 7 os maiores valores de areia foram encontrados na estação 9 (98,5%) e os menores na estação 2 (57,33%). Ao contrário, os maiores valores de silte e argila ocorreram na estação 2 (37,15 e 5,522% respectivamente) e os menores (1,000 e 0,500%) na estação 9.

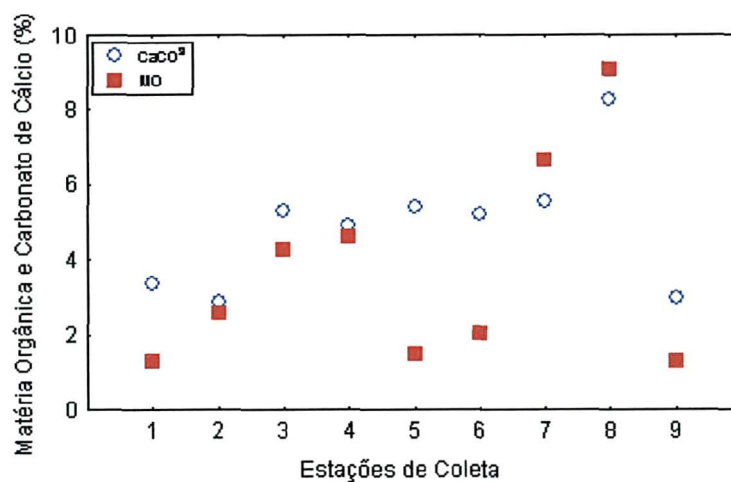
FIGURA 21 - VALORES DA GRANULOMÉTRIA



#### 4.2.1.2 Matéria orgânica e Carbonato de cálcio

A maior porcentagem de matéria orgânica (9,07%) e de carbonato de cálcio (8,26%) foram encontradas na estação 8 e as menores (respectivamente 1,29 e 2,88%) nas estações 1 e 2 (Figura 22, Anexo 7).

FIGURA 22 - VALORES DA PORCENTAGEM DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATO DE CÁLCIO

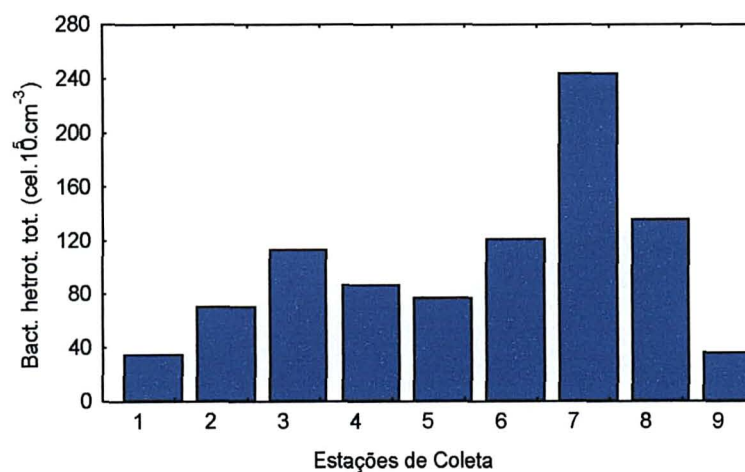


#### 4.2.2 Parâmetros Biológicos

##### 4.2.2.1 Bactérias heterotróficas totais

A maior quantidade de bactérias heterotróficas totais foi encontrada no sedimento da estação 7 ( $244,675 \cdot 10^5 \text{ cel. cm}^{-3}$ ) e a menor no sedimento da estação 1 ( $35,086 \cdot 10^5 \text{ cel. cm}^{-3}$ ), seguida de perto pela estação 9 ( $35,909 \cdot 10^5 \text{ cel. cm}^{-3}$ ) (Figura 23, Anexo 7).

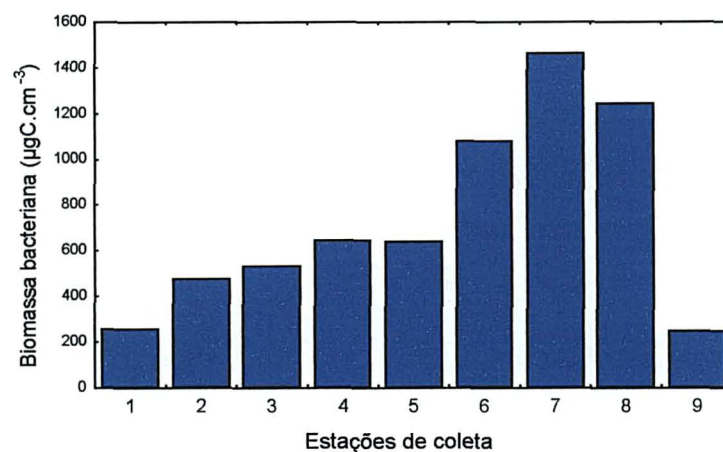
FIGURA 23 - VALORES DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS



#### 4.2.2.2 Biomassa bacteriana

Como mostra a Figura 24 e o Anexo 7 o maior valor de biomassa bacteriana foi encontrado no sedimento da estação 7 ( $1462,29 \mu\text{gC}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Os menores ( $248,95$  e  $257,05 \mu\text{gC}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) foram encontrados nos sedimentos das estações 9 e 1.

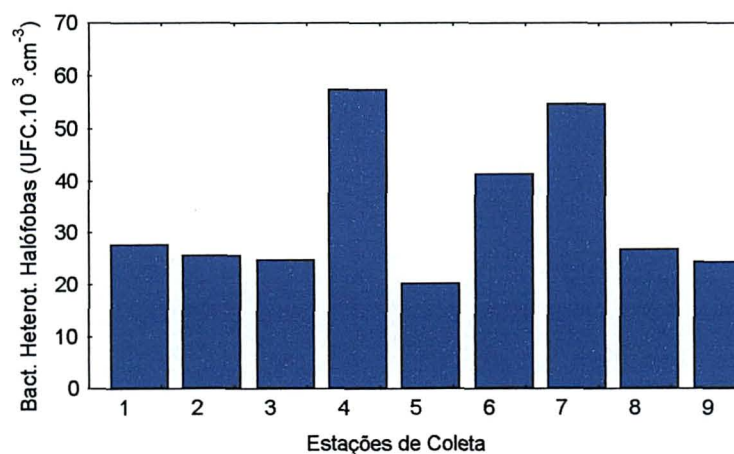
FIGURA 24 - VALORES DE BIOMASSA BACTERIANA



#### 4.2.2.3 Bactérias heterotróficas halófilas

Assim como para as bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas o maior número de bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas foi registrado na estação 4 ( $57,55 \cdot \text{UFC} \cdot 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ). Ao contrário, o menor valor ( $20,275 \cdot \text{UFC} \cdot 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) foi registrado na estação 5 (Figura 25, Anexo 7).

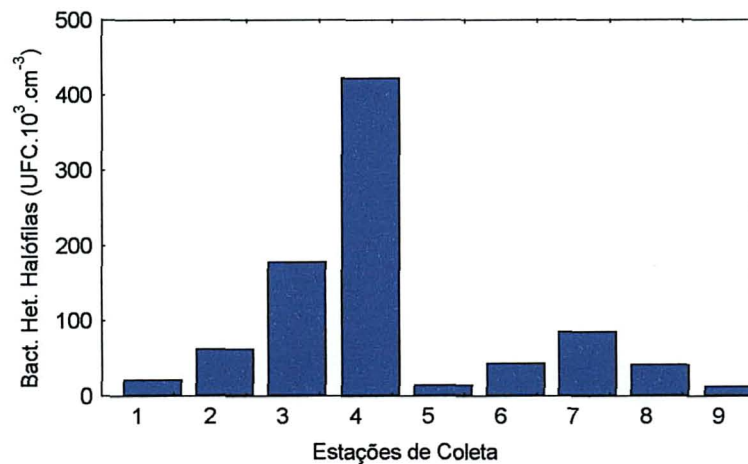
FIGURA 25 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFOBAS



#### 4.2.2.4 Bactérias heterotróficas halófilas

O maior número de bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas foi registrado na estação 4 ( $422,25 \text{ UFC} \cdot 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) e o menor ( $11,825 \text{ UFC} \cdot 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) na estação 9 (Figura 26, Anexo 7).

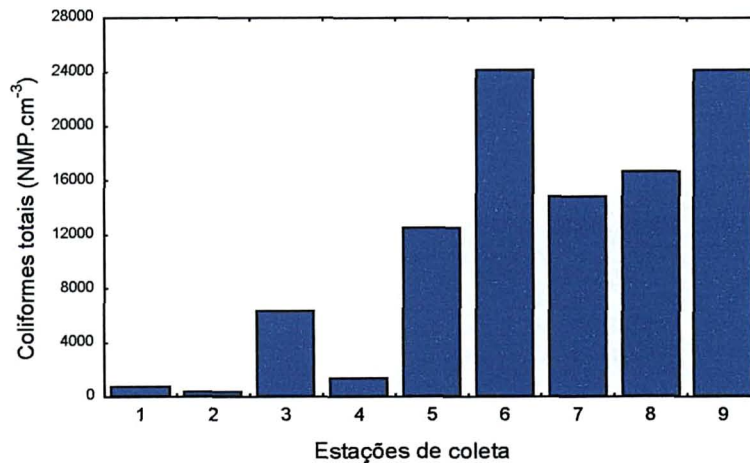
FIGURA 26 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFILAS



#### 4.2.2.5 Coliformes totais

Como pode ser observado na figura 27 e no Anexo 7 os valores de coliformes totais, com máximos ( $>24.192 \text{ NMP} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) nas estações 6 e 9, foram mais elevados nas estações internas da baía e os menores, com um mínimo ( $434 \text{ NMP} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) na estação 2, nas estações externas.

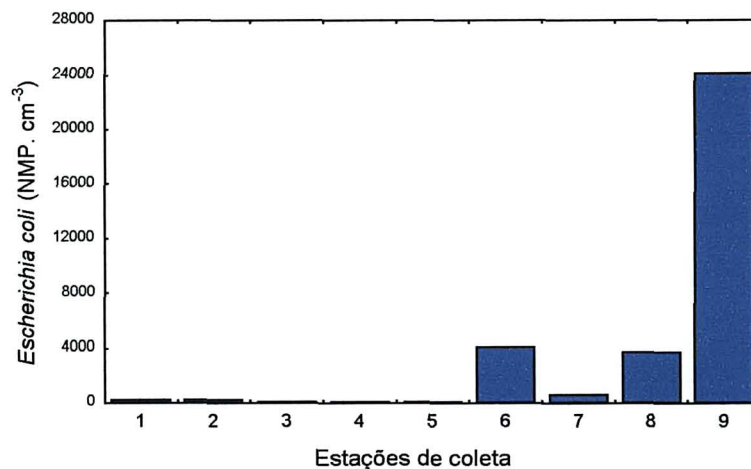
FIGURA 27 - VALORES DE COLIFORMES TOTAIS



#### 4.2.2.6 *Escherichia coli*

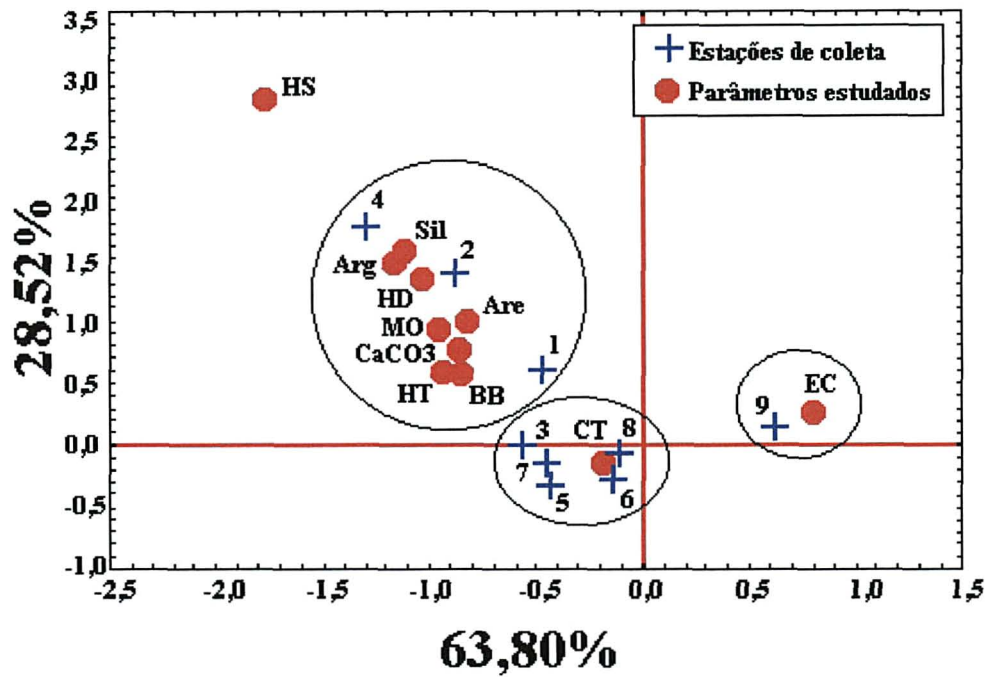
Os menores valores de *E. coli*, com um mínimo de 25,0 NMP.cm<sup>-3</sup> na estação 4, foram registrados nos setores intermediários da baía, intermediários nas estações externas (Est. 1 e 2) e altos nas internas (Est. 6 a 9) com máximos (>24192 NMP.cm<sup>-3</sup>) na estação 9.

FIGURA 28 - VALORES DE *Escherichia coli*



O primeiro componente da análise de correspondência explicou 63,83% da variabilidade e evidenciou correlação positiva com os coliformes totais nas as estações 3, 5, 6, 7, 8 e *Escherichia coli* na estação 9. O segundo componente explicou 28,52% da variabilidade e evidenciou correlação positiva com as bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas, principalmente na estação 4. Os parâmetros areia, silte, argila, CaCO<sup>3</sup>, matéria orgânica no sedimento, bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana e bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas foram explicados, nas estações 1, 2 e 4 pelos dois componentes.

FIGURA 29 - ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA DOS VALORES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS ESTUDADOS



NOTA: Are – Areia; Sil – Silte; Arg – Argila; MO – Matéria orgânica; CaCO<sub>3</sub> – Carbonato de Cálcio biodetrítico; HT - Bactérias heterotróficas totais; BB- Biomassa bacteriana; HD – Bactérias heter. halófilas; HS - Bactérias heter. halófilas; CT – Coliformes totais; EC – *Escherichia coli*.

## 4.3 SEDIMENTO DAS REGIÕES ENTRE MARÉS

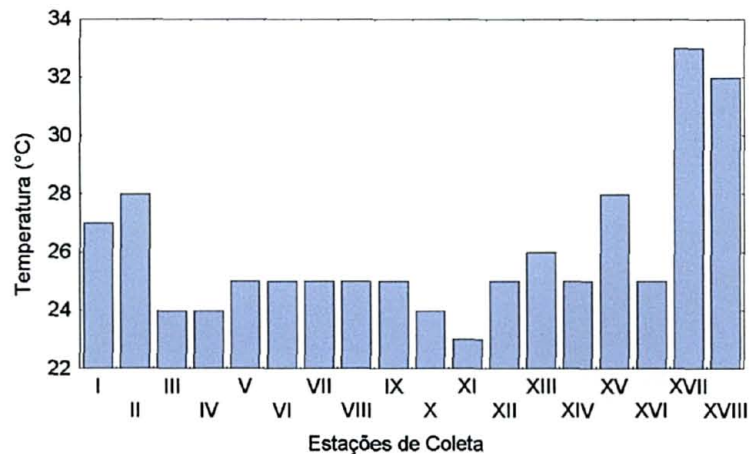
### 4.3.1 Parâmetros Fisico-químicos

Como foi descrito no sub-capítulo 3.2.1 os valores de temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido foram obtidos, nas estações internas, em poças de água remanescentes da última maré alta, próximas ao local de coleta do sedimento, e nas externas na água do mar adjacente ao local de coleta.

#### 4.3.1.1 Temperatura

Como pode ser observado na Figura 30 e no Anexo 8 a menor temperatura de sedimento foi registrada na estação XI (22,5°C) e a maior na estação XVII (33°C).

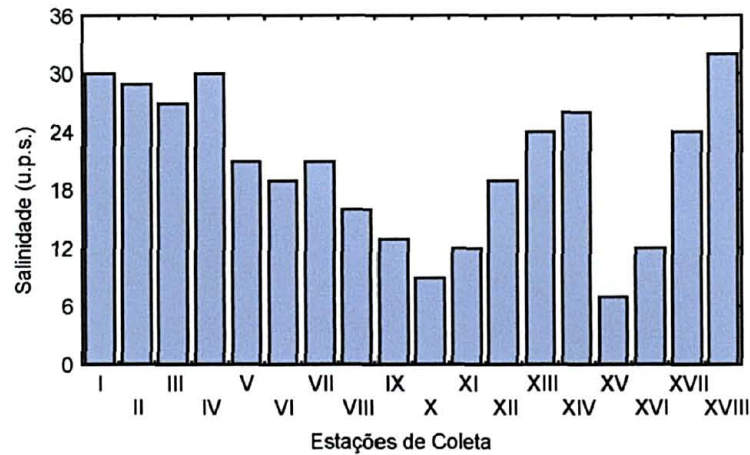
FIGURA 30 - VALORES DE TEMPERATURA



#### 4.3.1.2 Salinidade

A maior salinidade foi registrada na estação XVIII (32 u.p.s.) e a menor na estação XV (7 u.p.s.) (Figura 31, Anexo 8).

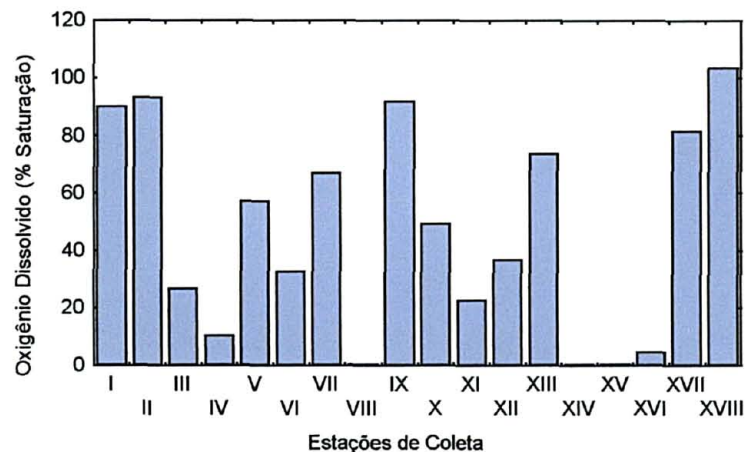
FIGURA 31 - VALORES DE SALINIDADE



#### 4.3.1.3 Oxigênio dissolvido

Enquanto a maior porcentagem de oxigênio dissolvido foi medido na estação XVIII (103,6%), as das estações VIII, XIV e XV foram completamente anaeróbicas (0%) (Figura 32, Anexo 8).

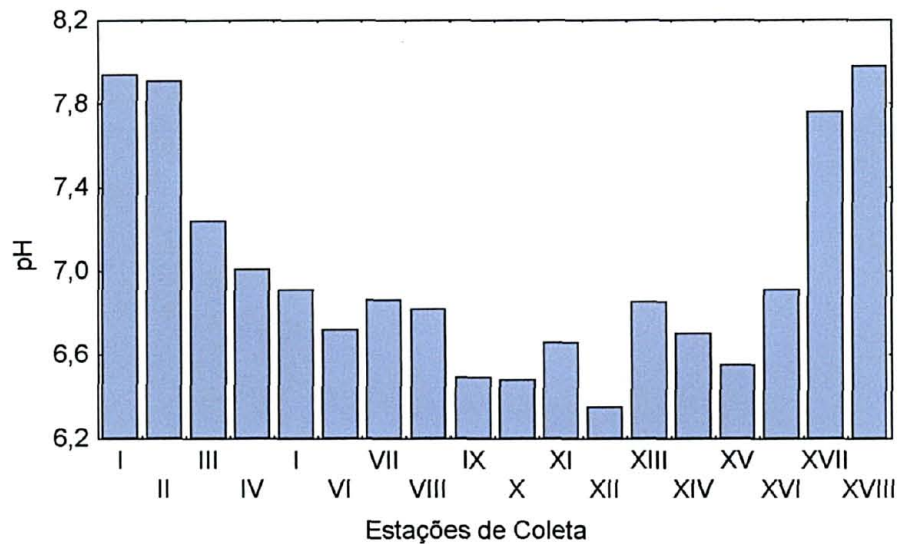
FIGURA 32 - VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO



#### 4.3.1.4 Potencial hidrogeniônico

Como pode ser observado na Figura 33 e no Anexo 8 os maiores valores de pH, com um máximo de 7,98 na estação XVIII, foram observados nas estações externas da baía. Valores menores, com um mínimo de 6,35 na estação XII, foram registrados nas estações internas.

FIGURA 33 - VALORES DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO



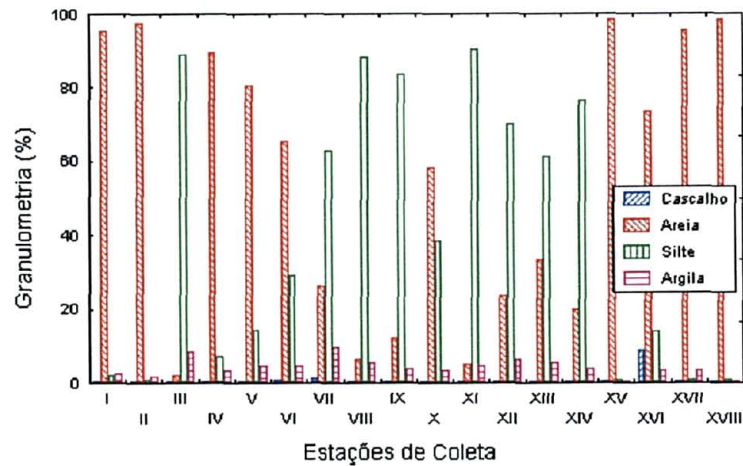
#### 4.3.1.5 Granulometria

Poucas foram as estações em que pode ser encontrado cascalho (Anexo 8), entretanto é importante ressaltar os altos valores dessa fração granulométrica registrada na estação XVI (8,88%).

Com relação à porcentagem de areia, pode-se observar que há predomínio de sedimento arenoso nas estações externas da baía (Est. I, II, XVII e XVIII), com um máximo desta fração (98,50%) na estação XVIII. Frações menores, com um mínimo de 2,24% na estação III, foram observadas nas estações internas.

Ao contrário, nas estações internas da baía foi observado predomínio das frações de silte e argila. Os maiores valores de silte (90,36%) foram registrados na estação XI e os de argila (9,655%) na estação VII. Os menores valores das duas frações (1,003 e 0,501%) foram registrados na estação XVIII (Figura 32, Anexo 8).

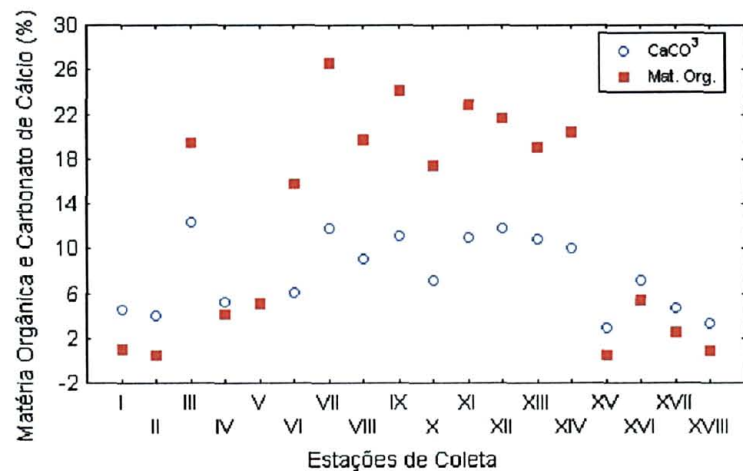
FIGURA 34 - VALORES DA GRANULOMETRIA



#### 4.3.1.6 Matéria orgânica e carbonato de cálcio

A maior quantidade de matéria orgânica foi encontrada na estação VII (26,57%) e de carbonato de cálcio na estação III (12,33%). Os menores valores foram registrados na estação XV (0,52% e 2,98%) (Figura 35 e Anexo 8).

FIGURA 35 - VALORES DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONATO DE CÁLCIO

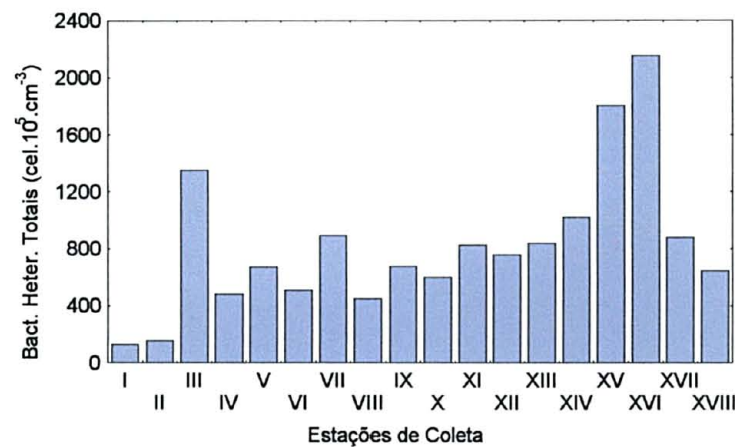


### 4.3.2 Parâmetros Biológicos

#### 4.3.2.1 Bactérias heterotróficas totais

Como pode ser observado na Figura 36 e no Anexo 8 o maior número de bactérias heterotróficas totais foi encontrado na estação XVI (2158,55. cel  $10^5$ .cm<sup>-3</sup>) e o menor na estação I (128,51 cel  $10^5$ .cm<sup>-3</sup>).

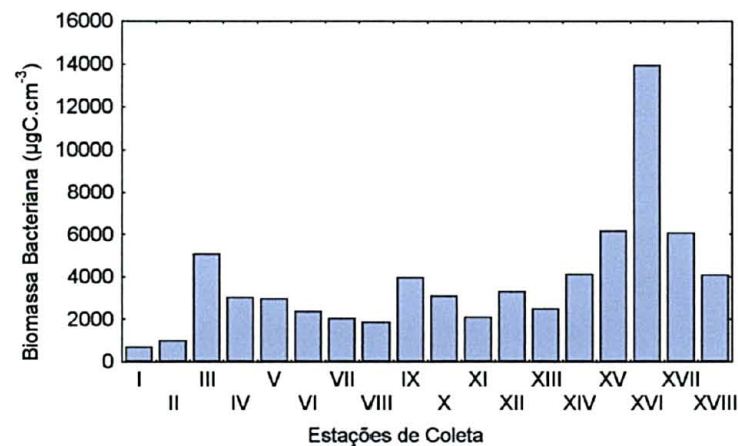
FIGURA 36 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS TOTAIS



#### 4.3.2.2 Biomassa bacteriana

Assim como nas bactérias heterotróficas totais, os maiores valores de biomassa bacteriana foram registrados na estação XVI (13944,91  $\mu$ C.cm<sup>-3</sup>) e os menores na estação I (680,36  $\mu$ C.cm<sup>-3</sup>) (Figura 37 e Anexo 8).

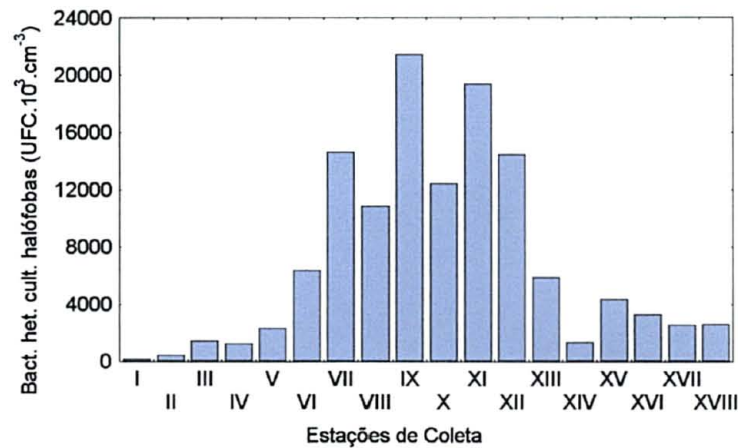
FIGURA 37 - VALORES DE BIOMASSA BACTERIANA



#### 4.3.2.3 Bactérias heterotróficas cultiváveis halófitas

Como pode ser observado na Figura 38 e Anexo 8 os valores destas bactérias foram mais elevados nas estações internas da baía. O maior número foi encontrado na estação IX ( $21500 \cdot 10^3 \cdot \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) e o menor na estação I ( $176 \cdot 10^3 \cdot \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-3}$ ).

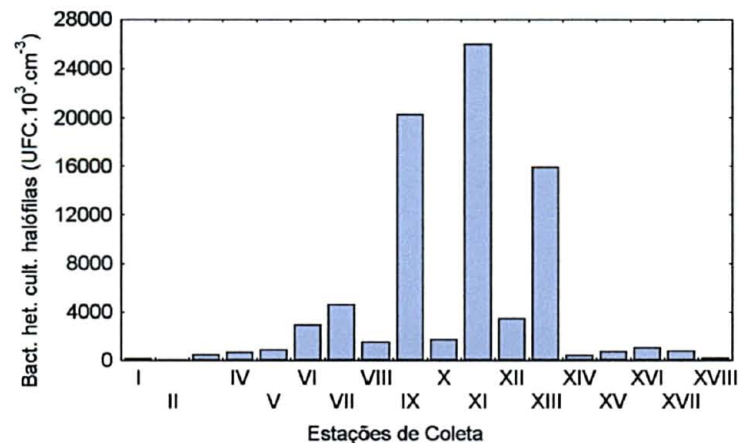
FIGURA 38 - VALORES DO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFITAS



#### 4.3.2.4 Bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas

Como pode ser observado na Figura 39 e Anexo 8 os valores de bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas foram, consistentemente, mais elevados nas estações internas da baía. Seu maior número ( $25972 \text{ UFC} \cdot 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) foi encontrado na estação XI e o menor ( $59,8 \text{ UFC} \cdot 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) na estação II.

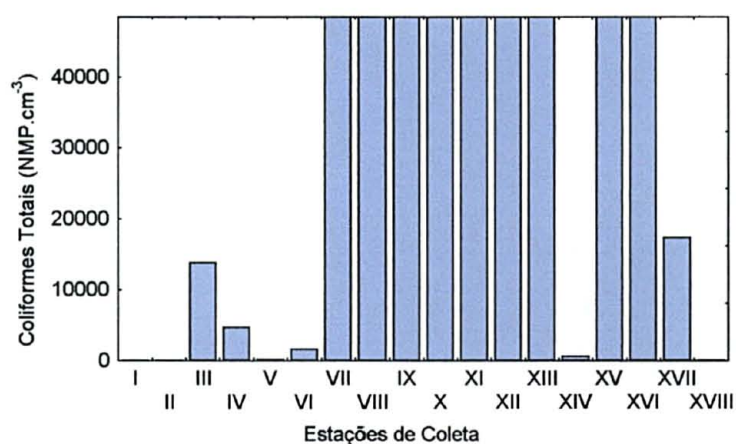
FIGURA 39 - VALORES DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS CULTIVÁVEIS HALÓFILAS



#### 4.3.2.5 Coliformes totais

Com exceção da estação XIV, puderam ser observados valores acima de 48.394 NMP.cm<sup>-3</sup> coliformes totais em todas as estações internas da baía (Estações VII a XIII, XV e XVI). Ao contrário sedimentos das estações externas apresentaram valores baixos destes microorganismos, com um mínimo de 20 NMP.cm<sup>-3</sup> na estação I (Figura 40, Anexo 8).

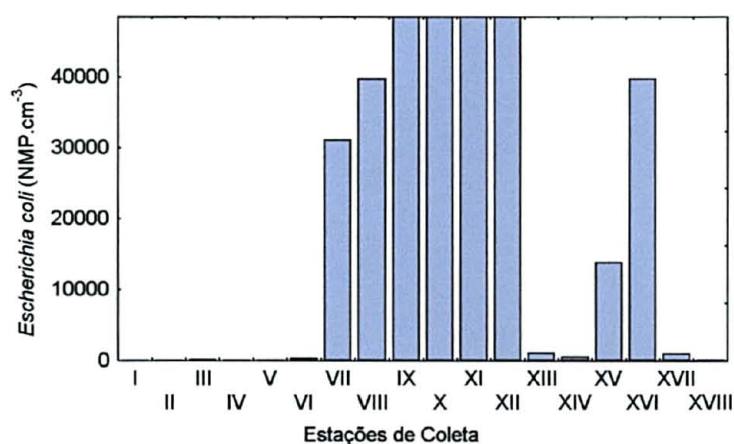
FIGURA 40 - VALORES DE COLIFORMES TOTAIS



#### 4.3.2.6 *Escherichia coli*

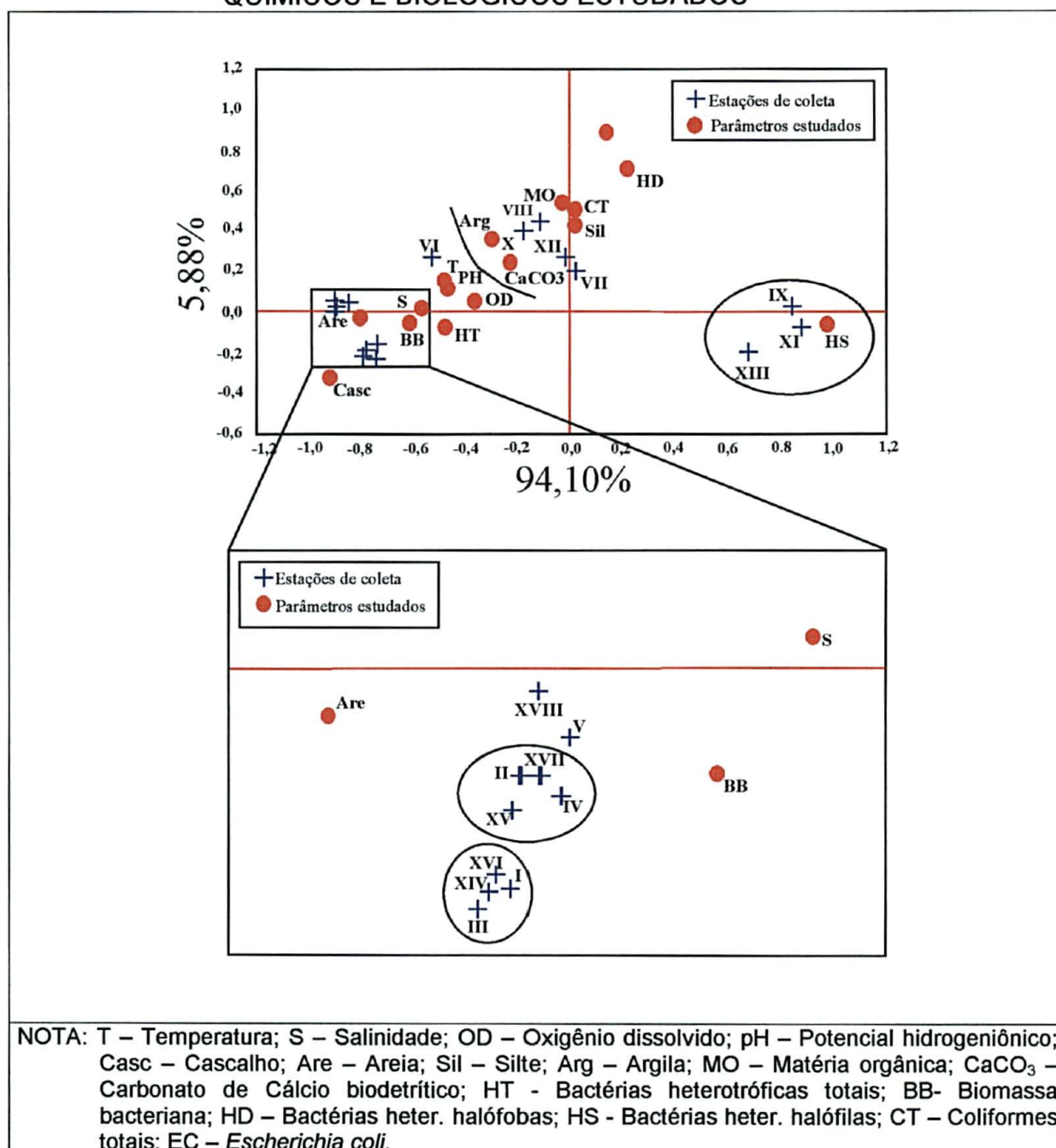
Assim como nos coliformes totais, também puderam ser observados valores acima de  $48.394 \text{ NMP.cm}^{-3}$  de *Escherichia coli* em várias estações internas da baía (Est. IX a XII). Ao contrário, as estações externas apresentaram, com exceção da estação XVI, valores relativamente baixos. Isentos destes microrganismos só foram os sedimentos da estação I (Figura 41, Anexo 8).

FIGURA 41 - VALORES DE *Escherichia coli*



O primeiro componente da análise de correspondência explicou 94,10% da variabilidade e apresentou correlação positiva entre as estações IX, XI e XIII e as bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas, e entre o cascalho, a areia, a salinidade, a temperatura, o pH, o oxigênio dissolvido, as bactérias heterotróficas totais e a biomassa bacteriana nas estações I, II, III, IV, V, VI, XIV, XV, XVI, XVII e XVIII. O segundo componente explicou 5,88% da variabilidade e apresentou correlação positiva entre o silte, a argila, o carbonato de cálcio, a matéria orgânica, as bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas, os coliformes totais e a *Escherichia coli* nas estações VII, VIII, X e XII (Figura 42).

FIGURA 42 - ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA DOS VALORES FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS ESTUDADOS



## 5 DISCUSSÃO

A Baía de Guaratuba é um corpo d'água semi fechado altamente influenciado pelas marés da plataforma continental adjacente assim como pelos rios que nela desembocam. A falta de ilhas próximas à sua entrada, que reduziriam a energia das águas salinas, faz com que o ambiente externo da baía seja de alta energia, fato confirmado pelos altos valores de areia e baixos de silte e argila registrados nos sedimentos de fundo das estações 1 e 5 (Figura 21).

Segundo RHEINHEIMER (1987) há uma relação inversa entre o tamanho dos grãos e a quantidade de bactérias no sedimento, isto é quanto menor a superfície dos grãos maior é o número de bactérias. Tais observações foram confirmadas pois foi observada a redução drástica do número de todos os grupos bacterianos nas estações de sedimento (entre-marés) e bactérias heterotróficas totais e da biomassa bacteriana (sedimento de fundo) no ambiente arenoso quando comparada aos do sedimento argiloso. Os resultados mostraram ainda que (Figura 22), além do tamanho dos grãos, a pequena quantidade de matéria orgânica registrada nas estações 1 e 9 também colaboraram para que fossem registrados baixos valores de bactérias. Esses resultados coincidem com os encontrados por KOLM et al (1997) que encontraram baixos valores de saprófitas em sedimentos arenosos na entrada da Baía de Paranaguá.

A coleta do sedimento da estação 1, foi obtida dentro do canal de maré e a da estação 2, apesar de estar na entrada da Baía de Guaratuba, fora do canal principal. Isto pode justificar os menores valores de areia e maiores de silte e argila que os registrados para as estações 1, 5 e 6.

As estações 3 e 4 encontravam-se em lugares protegidos de braços da baía, onde previa-se a presença de partículas finas de sedimento. Entretanto, os resultados mostraram o contrário. Porém existem indícios (nível elevado de *Escherichia coli*) de que o sedimento de fundo destes locais tenha sido alterado por influência antrópica. As grandes quantidades de bactérias heterotróficas totais (principalmente na estação 3) e de bactérias halófilas registradas nos sedimentos de fundo das duas estações, confirmaram esta suposição. Os altos valores de salinidade da água registrados nestas estações, mostraram que elas são diretamente influenciadas pela água da plataforma continental. Sabe-se que o fator

limitante para o desenvolvimento bacteriano em águas oceânicas e de plataforma é a matéria orgânica (SCHLEGEL, 1993). Quando estas águas encontram, em regiões de baixa energia, grandes quantidades de matéria orgânica (gerada através dos dejetos das ostras aí cultivadas), as bactérias halófilas passam a se desenvolver tanto no sedimento, quanto na coluna d'água.

As características granulométricas das estações 7 e 8 foram muito semelhantes entre si. Entretanto a estação 8, apesar de apresentar valores mais altos de matéria orgânica e carbonato de cálcio biodetrítico que as demais estações, apresentou valores mais baixos de bactérias heterotróficas totais e saprófitas halófilas e halófitas no sedimento que a estação 7. A coleta do sedimento foi feita concomitantemente com a da água em julho de 2002 (vazante). Como pode ser observado foi neste período que os valores de bactérias heterotróficas totais, tanto em água de superfície quanto na de fundo da estação 8, foram mais elevados que os da estação 7. Estes resultados indicam que possivelmente ocorreu uma ressuspensão dos microrganismos do sedimento para a coluna d'água durante a coleta na estação 8.

A estação 9 é diretamente influenciada pelo Rio São João. As salinidades da água foram extremamente baixas (1‰ na baixa-mar e 8‰ na preamar) nesta estação. Isto demonstra que ela é pouco influenciada pelo regime das marés. Os altos valores de areia e baixos de carbonato de cálcio e matéria orgânica, assim como valores baixos de bactérias heterotróficas totais (semelhantes aos da entrada da baía) sugerem que esta região também apresente alta energia.

WEYLAND (1967) destacou a importância das bactérias no sedimento. Segundo o autor, o número de saprófitas sempre é maior no sedimento do que na coluna d'água. Os valores obtidos nesta pesquisa mostraram que o número de bactérias heterotróficas aeróbicas cultiváveis halófitas foram mais elevadas no sedimento superficial que na coluna d'água em todas as estações, com exceção da estação 9. Nesta estação o valor foi mais elevado na água de profundidade coletada durante o pico da baixa-mar. As quantidades de bactérias cultiváveis halófilas foram mais elevadas no sedimento das estações 1 e 4 a 8. Na estação 2 elas foram mais elevadas na água de superfície, que foi coletada durante a maré enchente. Na estação 3, nas águas de superfície e fundo durante a enchente, e na

estação 9 na água de fundo durante a vazante. Através destes dados é possível observar que nem sempre os valores de saprófitas são mais elevados no sedimento.

Muitas das colônias das chamadas bactérias halófilas, apesar de serem cultivadas em meio de cultura salino, são halotolerantes, e sobrevivem por maior ou menor tempo em ambiente salino. Ao contrário, bactérias que crescem em meio de cultura de água doce, são estritamente halófitas (RHEINHEIMER, 1987). KOLM et al. (2002) encontraram em águas superficiais no interior da Baía de Antonina (próximo à Ilha do Corisco) valores mais elevados, tanto de bactérias halófilas (halotolerantes) quanto de halófitas, que na entrada da baía. Resultados semelhantes também foram constatados na presente pesquisa.

Apesar das dificuldades de diferenciação entre bactérias halófilas e halotolerantes, suas pesquisas em regiões costeiras são de suma importância, pois de acordo com HOPPE (1986) respondem mais rapidamente às variações ambientais e à poluição orgânica do que as bactérias heterotróficas totais. Estas observações já foram confirmadas por ANDRETTA (1999) e JOUCOSKI (2001) que estudaram a influência da maré sobre as bactérias de águas superficiais da Gamboa do Perequê em Pontal do Sul no Paraná. Os resultados da presente pesquisa mostraram que os valores de saprófitas halófilas foram mais elevados na coluna d'água, tanto de superfície quanto de fundo na estação 3, durante a enchente, situação em que também foram registrados valores extremamente altos de *E. coli* na água. Além disto, a constatação de valores significativamente mais elevados das bactérias heterotróficas totais e da biomassa bacteriana na água durante a maré enchente em todas as estações.

Parte dos microrganismos que formam o grupo dos coliformes totais podem ser encontrados normalmente na natureza, principalmente em solos e águas (SCHLEGEL, 1993). Os altos valores destes microrganismos encontrados, tanto na coluna d'água quanto no sedimento nas estações internas da baía (estações 6 a 9), sugerem que estejam constituídos prioritariamente por bactérias autóctones da região. Resultados semelhantes puderam ser observados por KOLM et al (2002) que encontraram valores altos de coliformes totais em águas superficiais da Baía de Antonina e baixos nas da Baía de Paranaguá. Por outro lado, valores extremamente altos de *E. coli* (oriunda do trato intestinal de animais homeotérmicos) foram encontrados em sedimentos subaquáticos da estação 9. O fato dos Rios São João e

Cubatão nascerem no primeiro planalto e receberem ao longo dos seus percursos águas servidas originárias de vários povoados, justificaria os altos valores de *E. coli* registrados no sedimento desta estação.

A Análise de Variância mostrou que dentre os parâmetros abióticos estudados na alternância da maré, somente oxigênio dissolvido apresentou variação significativa, que apresentou valores mais elevados, principalmente na água de superfície e durante a vazante (primeira coleta). Contudo, o fato dos valores manterem-se acima dos 75% de saturação não podem caracterizá-lo como fator limitante para o desenvolvimento de bactérias aeróbicas (saprófitas halófilas e halófbas).

Em linhas gerais a variabilidade de bactérias registrada na região entre-marés foi semelhante à de sedimento de fundo, com valores mais elevados nas estações internas da baía. Entretanto, ao contrário das regiões aquáticas, nos estudos efetuados na região entre-marés nas regiões internas (manguezal), foram registrados valores extremamente baixos de oxigênio dissolvido nas poças de água remanescente da última maré alta. Foi justamente nestas regiões que se desenvolveram quantidades mais elevadas de bactérias heterotróficas totais e saprófitas halófilas e halófbas. Os resultados confirmam as observações feitas por SNEDAKER e SNEDAKER (1984) de que entre uma maré alta e outra, desenvolvem-se bactérias aeróbicas em sedimentos de manguezais que utilizam o oxigênio para sua respiração.

Nas estações externas da região entre-marés (Est. I, II, XV, XVII e XVIII), com características semelhantes às da estação 1 do sedimento subaquático, os valores bacterianos também foram semelhantes. Da mesma forma, as altas quantidades de *E. coli* registradas nas estações III (sedimento siltoso), V e VI (sedimentos areno-siltosos) confirmam que estas áreas protegidas são altamente susceptíveis às influências antrópicas (esgoto, habitações, etc.).

Valores altos de *E. coli* ainda foram observados nas estações XV e XVI. Estas estações estão localizadas junto à área mais antiga da cidade de Guaratuba, que apresenta saídas de esgotos diretamente para a baía. Por tratar-se de uma região com atividades antrópicas durante o ano todo, será de extrema importância o monitoramento contínuo dos sedimentos desta região.

É importante ressaltar ainda os altíssimos valores de coliformes totais, e principalmente de *E. coli*, registrados nos manguezais da região. Com o represamento, durante a enchente, das águas oriundas das proximidades do balneário de Caiobá e principalmente da cidade de Guaratuba, a água dos esgotos é transportada aos manguezais, onde ela perde pouco a pouco a sua energia. Isto permite a decantação destes microrganismos que aí permanecem nos sedimentos superficiais durante a baixa-mar.

Apesar da análise de *E. coli* não ter sido feita com o intuito de efetuar um monitoramento de balneabilidade, não correspondendo inclusive ao número de amostras e de períodos de coleta aos exigidos pela Resolução 274/2000 do CONAMA (Anexo 18), os resultados mostraram que, dentre as águas analisadas as das estações 1, 2 são excelentes, as estações 5, 7 são muito boas, as estações 4, 6, 8 são satisfatórias e as estações 3 e 9 são impróprias para banho. Entretanto, a legislação brasileira não prevê valores de *E. coli* no sedimento. Na presente pesquisa observou-se que os valores destes organismos nos sedimentos das regiões entre-marés foram elevados, não só nos manguezais (Est. VII a XII) mas também nos lugares normalmente freqüentados pelo homem (Estações XV e XVI). Assim sugere-se que doravante sejam incluídas análises microbiológicas de rotina nos sedimentos.

Também foi observado que, apesar da exigüidade do número de amostras coletadas em relação ao estabelecido pela Resolução nº. 20 do CONAMA, toda a Baía de Guaratuba parece não ser adequada para o cultivo de espécies destinadas à alimentação humana principalmente quando ingeridas cruas. Entretanto, é nas regiões mais abrigadas da baía que foram constatados os maiores problemas. Desta forma, sugere-se que sejam tomadas medidas imediatas quanto ao saneamento básico das cidades.

## CONCLUSOES

Através da presente pesquisa pode-se concluir que:

- Na água, o número de bactérias heterotróficas totais, de biomassa bacteriana, de bactérias cultiváveis halófilas e halófobas da região estudada depende do ciclo das marés.
- Nem sempre o número de bactérias é maior no sedimento em relação à coluna d'água.
- O oxigênio dissolvido não é fator limitante para o desenvolvimento bacteriano nas águas da região.
- O número de bactérias no sedimento depende não só da granulometria, mas também da quantidade de matéria orgânica disponível.
- Houve um aumento de bactérias nas estações de cultivo de organismos marinhos, em decorrência do aumento de matéria orgânica produzida pelos organismos cultivados.
- Nos manguezais desenvolvem-se bactérias aeróbicas durante a baixa-mar.
- Os números de *Escherichia coli* das regiões entre-marés foram muito mais elevados nos manguezais.
- Há indícios de que a água das estações externas é adequada para balneabilidade.
- Os valores de *E. coli* foram extremamente altos em regiões arenosas de intenso impacto antrópico.

- Há indícios de que nenhuma região da Baía de Guaratuba é adequada para cultivo de espécies destinadas à alimentação humana e que são ingeridas cruas e que nas regiões mais abrigadas da baía residem os maiores problemas.
- Há necessidade de efetuar-se estudos mais detalhados dos microrganismos na região com o objetivo de conhecer mais profundamente a microbiologia da baía e tomar providências cabíveis para este estuário.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. C.; THOMPSON, F. L.; WASIELESKY JR., W. e CAVALLI, R. O. New perspectives in the use of microorganisms in shrimp culture: food source, water quality and disease control. In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1998, Recife. **Anais do Aquacultura Brasil'98**, Recife, 1998. p.703 -712.

ANDRETTA, L. **Influência da maré sobre o bacterioplâncton da Gamboa do Perequê, Pontal do Sul, Paraná**. Curitiba, 1999. 42p. Monografia de bacharelado. Universidade Federal do Paraná.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 16 ed. Washington:APHA,1985.

AZAM, F.; FENCHEL, T.; FIELD, J. D.; GRAY, J. S.; MEYER-REIL, L. A.; THINGSTAD, F. The ecological of water-column microbes in the sea. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v.10, p. 257 – 263. 1983.

BJØRNSSEN, P. K.; KUPARINEN, A. Determination of bacterioplankton biomass, net production and growth efficiency in the southern ocean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 71: p. 185-194, 1991. In DELILE, D. ; FIALA, M.; RAZOULS. S. Seasonal changes in bacterial and phytoplankton biomass in a subantarctic coastal area (Kerguelen Islands). **Hydrobiologia**. 330 p. 143-150, 1996.

BOTO, K. G. Waterlogged saline soils. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. The mangrove ecosystem: research methods.UNESCO. United Kingdom: [s.n.], 1984. 251p.

BOTO, K. G.; ALONGI, D. M.; NOTT, A. L. J. Dissolved organic carbon-bacteria interactions at sediment-water interface in a tropical mangrove system. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 51 p. 243-251, 1989.

BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982. 116p.

BRATBAK, G. Bacterial Biovolume and Biomass Estimations. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 49, n. 6, p. 1488-1493, Jun. 1985.

BRATBAK, G.; DUNDAS, I. Bacterial Dry Matter Content and Biomass Estimations **Applied and Environmental Microbiology** v.48, n. 4, p.755-757, Out. 1984.

BREPOHL, D. C.; ABREU, P. C.; ANÉSIO, A. M. B.; COSTA, C. S. B. Variação da biomassa microbiana durante a degradação da macrófita *Scirpus maritimus* var. *macrostachyus* (Lam) Michx. **Atlântica**, Rio Grande, n. 18, p. 13-26, 1996.

CAMARGO, M.G. **SYSGRAM para Windows**: Sistema de análises granulométricas. Pontal do Sul, 1999. 2 disquetes; 5¼ pol.

CAMMEN, L. M.; WALKER, J. A. The Relationship Between Bacteria and Microalgae in the Sediment of a Bay of Fundy Mudflat. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** n.22, p. 91-99, 1986.

CARVER, R.E. Settling analysis. In: \_\_\_\_\_. **Procedures in sedimentary petrology**. New York: Wiley-Interscience, 1971. p. 427-452.

CESAR, D. E.; ABREU, P. C. Ecology of aquatic microorganisms in Southern Brazil: State of Art. In: FARIA, B. M. FARJALLA, V. F.; ESTEVES, F. A. **Aquatic Microbial Ecology in Brazil**. Series Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro: PPGE, v. 9, 2001.

CLARK, K. R.; WARWICH, R. M. **Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation**. United Kingdom: Natural Environment Research Council, 1994. 144p.

DALE, N. G. Bacteria in intertidal sediments: Factors related to their distribution. **Limnology and Oceanography**. v. 21, p. 509-518, 1974.

DALEY, R. J.; HOBBIE, J. E. Direct Counts of Aquatic Bacteria by a Modified Epifluorescence technique. **Limnology and Oceanography**, v.20, p. 875-882, 1975.

DAY Jr., J.W.; HALL, C.A.S.; KEMP, W.M.; YAÑEZ-ARANCIBIAS, A. **Estuarine Ecology**. New York: J. Wiley, 1989. 558 p.

DHN, BRASIL, DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Oceanografia**. Niterói: [s.n], 1974

DYE, A. H. A method for the quantitative estimation of bacteria from mangrove sediments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** n. 17, p. 207-212, 1983.

EMERY, K. O.; STEVENSON, R. E. **Estuaries and Lagoons: Physical and chemical characteristics**. Geological American Society, 1957 p. 673-750.

EPSTEIN, S. S.; ALEXANDER, D.; COSMAN, K.; DOMPÉ, A.; GALLAGHER, S.; JARSOBSKI, J.; LANING, E.; MARTINEZ, R.; PANASIK, G.; PELUSO, C.; RUNDE, R.; TIMMER, E. Enumeration of sandy sediment bacteria: Are the counts quantitative or relative? **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 151, p. 11-16, Mai. 1997.

EPSTEIN, S. S.; ROSSEL, J. Enumeration of sandy sediment bacteria: search for optimal protocol. **Marine Ecology Progress Series**. v. 117 p. 289-298, 1995.

FUHRMAN, J. A. Influence of Method on the Apparent Size Distribution of Bacterioplankton Cells: Epifluorescence Microscopy Compared to Scanning Electron Microscopy. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 5, p. 103-106. 1981.

GRASSHOFF K. EHRHARDT, M. KREMLING, K. **Methods of Sea Water Analysis**. 2. ed. Weinheim: [S.N], 1983.419 p.

GUNKEL, W. Environmental Factors In: \_\_\_\_\_, **Marine Ecology – A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters**. v. 1, Part. 3, 1972. p.1533-1549

GUNKEL, W. Bakteriologische Untersuchungen im Indischen Ozean. **Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. Sonderb.** II, 255 – 264. 1964.

HOBBIE, J. E.; DALEY, R. J.; JASPER, S. Use of Nuclepore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy **Applied and Environmental Microbiology**, p. 1225-1228, Mai. 1977.

HOPPE, H. G. Degradations in Seawater, In: REHM, H. J.; REED, G. **Biotechnology**. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft. v. 8, 1986. p. 453-474.

HUBER, H.; HOHN, M. J.; RACHEL R.; FUCHS, T.; WIMMER, V. C.; STETTER, K. O. A new phylum of Archaea represented by a nanosized hyperthermophilic symbiont. **Nature**, v. 4, n. 17, p. 63 – 67, 02 Mai. 2002

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 16 jan. 2003.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Área de Proteção Ambiental de Guaratuba**. Disponível em: <[http:// www.guaratuba.com/apa.asp](http://www.guaratuba.com/apa.asp) > Acesso em: 16 jan. 2003.

IPARDES – INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Diagnóstico ambiental da APA de Guaraqueçaba**. IPARDES/IBAMA. Versão preliminar. 166 f., 1995.

JOUCOSKI, J. **Variação temporal de bactérias ao longo de um ciclo de maré de sizígia, em um ponto fixo da Gamboa do Perequê – PR**. Curitiba, 2001. 40p. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuarie** : Biological Aspects. Vol.2 Boston: CRC Press, 1990. 391p.

KHIYAMA, H. M.; MAKENSON, J.C. Sand Beach Bacteria: Enumeration and Characterization. **Applied Microbiology**, v. 26, n. 03, p.293-297, Set. 1973.

KIRCHMAN, D.; SIGDA, J.; KAPUCINSKI, R.; MITCHELL, R. Statistical Analysis of the Direct Counting Method for Enumeration Bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 44, n. 2 , p. 376-382, Aug. 1982.

KJERFVE, B. Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems. In: UNESCO/UNDF. **"Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific"**. Regional Project (RAS/79/002 e RAS/86/120), 79p. 1990.

KJERFVE, B.; PROEHL, J. A.; SCHWING, F.B.; SEIM, H.E.; MAROZAS, M., Temporal and spatial considerations in measuring estuarine water fluxes. In: KENNEDY, V. S. **Estuarine comparations**. New York: Academic Press, p. 37-51, 1982.

KOLM H. E., SIQUEIRA, A.; JOUCOSKI, J. Influência da dragagem e da pluma produzida pelas dragas sobre o bacterioplâncton. Relatório parcial. In: KOLM, H. E.

et al. **Avaliação dos impactos da dragagem do canal navegável que liga o Porto de Paranaguá aos Terminais Portuários da Ponta do Félix, realizada em 2001-2002**, Pontal do Paraná: Centro de Estudos do Mar - UFPR, v. 1, 2002, 133p. Relatório técnico.

KOLM H. E.; SIQUEIRA, A. Influência da dragagem e construção do píer sobre microorganismos da água e do sedimento. Relatório parcial. In: KOLM, H. E. et al. **Avaliação dos impactos decorrentes da construção de um píer pela FOSPAR - Fertilizantes Fosfatados do Paraná S.A.** Pontal do Paraná: Centro de Estudos do Mar - UFPR, 2002, 184p. Relatório técnico.

KOLM, H. E.; ABSHER, T. M. Spatial and temporal variability of saprophytic bacteria in the surface waters of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. **Hydrobiologia**. n. 308, p. 197-206, 1995.

KOLM, H. E.; CORRÊA, M. F. M. Distribuição espacial e variabilidade temporal de bactérias saprófitas na praia arenosa de Pontal do Sul, Paraná. **Arq. Biol. Tecnol.** v.37, n.2 , p. 391-402, 1994.

KOLM, H. E.; GIAMBERARDINO FILHO, R. E.; KORMANN, M. C. Spatial distribution and temporal variability of heterotrophic bacteria in the sediments of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. **Revista de Microbiologia**, n.28 p. 230-238, 1997.

KOLM, H. E.; LESNAU, N. M. Variação espacial e temporal de bactérias saprófitas na coluna d'água da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Arq. Biol. Tecnol.** v. 40, n.2, p. 383-395, 1997.

KOLM, H. E.; SCHOENENBERGER, M. F.; PIEMONTE, M. R.; SOUZA, P. S. A.; SCÜHLI, G. S.; MUCCIATTO, M. B.; MAZZUCO, R. Spatial variation of bacteria in surface waters of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, n. 1, p. 27-34, 2002.

KOLM, H. E.; SIQUEIRA, A. Variação de bactérias em decorrência da dragagem do canal de acesso ao porto de Paranaguá, Paraná. Relatório parcial. In: SOARES, C. R. et al. **Levantamentos ambientais pré e pós-dragagem do Canal da Galheta e Bacia de Evolução efetuados pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina – 1998/1999**. Pontal do Paraná: Centro de Estudos do Mar - UFPR, 1999, 66 p. Relatório técnico.

LARSEN, H. 1962. Halophilism. In: GUNSALUS; STANIER. **The Bacteria IV**, New York: Academic Press, 1962. p. 297-342

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. New York: Elsevier, 1983. 217p.

LEUSSEN, W. V.; DRONKERS, J., Physical processes in estuaries: An Introduction. In: LEUSSEN, W. V.; DRONKERS; J. **Physical Processes in Estuaries**. New York: Springer-Verlag, p. 347-403. 1988.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná** - Secretaria da Cultura e Esporte do Estado do Paraná. 2 ed. Curitiba: J. Olympio, 1981. 450p.

MAC LEOD, R. A. The question of the existence of specific marine bacteria. **Bact. Ver.** n. 29, p. 9 – 23, 1965.

MACDONNEL, M. T.; HOOD, D. W. Isolation e Characterization of ultramicrobacteria from a gulf coast estuary, **Appl. Environ. Microbiol.** n. 43 p. 566-571, 1982

MANN, K. **Ecology of coastal waters: a system approach.** Berkeley: University of California Press, 1982. 322 p.

MESQUITA, H. S. L. Free-living/attached bacteria ratio in the Cananéia estuary (25°S 48°W), Brazil, **Anais II Seminário Regional de Ecologia.** São Carlos p. 437-455, 1981.

MONTAGNA, P. A. Sampling Design and Enumeration Statistics for Bacteria Extracted from Marine Sediments. **Applied and Environmental Microbiology**, p. 1366 -1372. Jun. 1982.

NICHOLS, M. M. Effects of fine sediment resuspension in estuaries. In: MEHTA, A. J. **Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies.** Estuarine Cohesive Sediment Dynamics. New York: Springer-Verlag, v. 14, p. 5-42. 1986.

ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C. Microorganismos em lagoas costeiras: Um estudo de caso do estuário da Lagoa dos Patos (RS). In: ESTEVES, F. A.; LACERDA, L. D. **Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras.** Macaé: NUPEM, p. 215-230, 2000.

ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C. Microorganismos em praias arenosas expostas: Importância, aspectos metodológicos e estado da arte para o sul do Brasil. In: ABSALÃO, R.; ESTEVES, A. M. **Ecologia de Praias Arenosas no Litoral Brasileiro.** Series Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro: PPGE, v. 3, p. 01-18, 1997.

ODSRESKI, L. L. **Evolução sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina.** Curitiba, 2002. 90p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

PARSONS, T. R.; MAITA, Y.; LALLI, C. M. Direct Counting of Bacteria by Fluorescence Microscopy In.: **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis.** Pergamon, 1984. 173p.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES A. **Biologia Marinha.** Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 382p.

REBELLO, J.; BRANDINI, F. P. Variação temporal de parâmetros hidrográficos e material particulado em suspensão em dois pontos fixos da Baía de Paranaguá, Paraná (junho/87 - fevereiro/ 88). **Neritica** 5: , p. 95-111, 1990.

RHEINHEIMER, G. Bacterial Ecology of the North and Baltic Seas. **Botanica Marina** v. 27, p. 277-299, 1984.

RHEINHEIMER, G. Beobachtungen über den Einfluß von Salzgehaltsschwankungen auf die Bakterienflora der westlichen Ostsee. **Sarsia** n. 34, p. 253-262, 1968.

RHEINHEIMER, G. **Microbiologia de las aguas**. Zaragoza: Acribia S.A., 1987. 299p.

RHEINHEIMER, G.; GOCKE, K. The Use of Bacteriological Variables for the Characterization of Different Water Bodies. **Int. Revue ges. Hydrobiol.** v. 79, n. 4, p. 605-619, 1994.

SCHLEGEL, H.G. **General Microbiology**. 7 ed. [s. l.]: Cambridge University Press. 1993. 655 p.

SCHOENENBERGER, M.F. **Varição espacial e temporal de bactérias em águas de superfície das baías das Laranjeiras e Guaraqueçaba, Paraná, Brasil**. Curitiba, 1998. 59 p. Monografia ( Bacharel em Ciências Biológicas). Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

SICH, H. Sediment bacteria attached to sand grains – indications to a protection from feeding by ciliates. In: **4 European Marine Microbiology Symposium**, Kiel 1990

SIEBURTH, J. Organic aggregation in seawater by alkaline precipitation of inorganic nuclei during the formation of ammonia by bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 41p, 1965

SIEBURTH, J. **Sea Microbes**. New York: University Press. 1979. 491p.

SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. Waterlogged saline soils. In: **The mangrove ecosystem: research methods**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO. United Kingdom. 1984. 251p.

SOARES, C. R.; ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. Roteiro de excursão ao litoral do estado do Paraná. Morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o quaternário e problemas de erosão costeira. In: VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul. **Anais do VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul**. Curitiba, 1997. p. 1-127.

SOARES, C. R.; CAMARGO R.; MARONE, E. O problema de assoreamento na Marina do Sol, Município de Guaratuba (PR). **Bol. Paran. Geoc.** 43: 61-77. 1995.

STOKES, J. L. Recent progress in microbiology. In: VIII International Congress of Microbiology, Toronto, Canada. 1962. p. 187-192

STRAPASSON, F. **Varição espaço-temporal do bacterioplâncton no setor do Rio Guaraguaçu sujeito à influência de águas costeiras**. Pontal do Sul, 2000-. 40p. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná.

STRICKLAND, J. D; PARSONS, T.R. A practical handbook of sea water analysis. **Bull. Fish. Res. Bd Can.** 167 p. 1-311, 1968.

SUKURI, M. T.; KOLM, H. E.; BRANDINI, F. P. Distribuição vertical do picoplâncton e nanoplâncton no Canal da Galheta, PR. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE

PLÂNCTON, IV, 1990, Recife. Anais do IV Encontro Brasileiro de Plâncton. Recife: UFPE, 1990, p.47

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F.; GOMPERTS, O. F.; CANDEIAS, J. A. N. **Microbiologia**. 3ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 585p.

TURLEY, C.M.; BORSHEIM, K.; IRIBERRI, J.; PROSSER, J. The Estimation of Bacterial Biomass in Mediterranean Seawater Arquivo enviado pelo autor.

WATSON, S. W.; NOVITSKY, T. J.; QUINBY, H. L.; VALOIS, F. W. Determination of Bacterial Number and Biomass in the Marine Environment. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 33, n. 4, p. 940-946, Apr. 1977.

WEISE, W.; RHEINHEIMER Scanning Electron Microscopy and Epifluorescence Investigation of bacterial Colonization of Marine Sand Sediments. **Microbial Ecology**. n. 4, p.175-188, 1978.

WEYLAND, H. Beitrag zur quantitativen Verteilung mariner und terrestrischer Bakterien im Wasser und in Sedimenten der Deutschen Bucht. **Helgolander wiss. Meeresunters** v. 15, p. 226-242, 1967.

WRIGHT, R.T. Measurement and significance of specific activity in the heterotrophic bacteria of natural waters. **Appl. And Environ. Microb.** v. 36, n. 2, p. 297-305, 1978.

ZHUKOVA, A . I.; FEDOSOV, M. V. Significance od microorganisms of upper sediment layer of shallow waters and transformation of organic matter. In: OPPPENHEIMER, C. H. Marine Miocrobiology, [s.l.]: **Springfield**. 1963. p. 699-710.

ZIMMERMANN, R.; MEYER-REIL, L. K. A New Method for Fluorescence stainig of Bacterial Populations on Membranes Filters. **Meeresforschungen**, v. 30, n. 1, p. 24-27, 1974.

ZOBELL, C. E. **Marine Microbiology**. A monograph on hydrobacteriology. Mass.: Waltham, 240pp. 1946.

ZOBELL, C. E.; UPHAM, H. C. A list of marine bacteria including descriptions of sixty new species. **Bull. Scripps Inst. Oceanogr.** n. 5, p. 239-292, 1944.

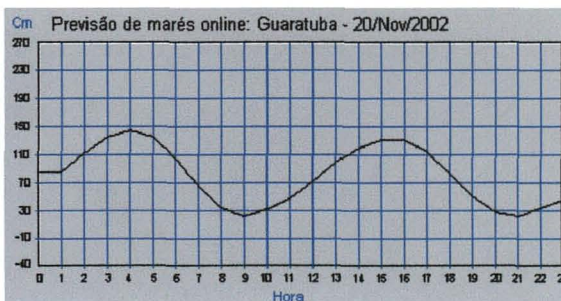
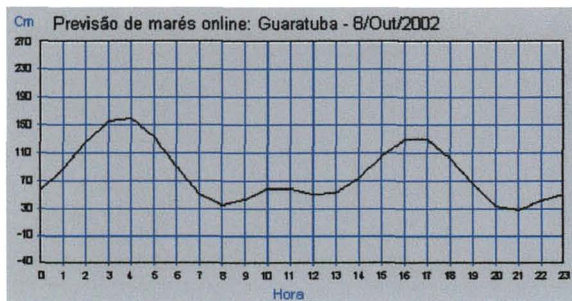
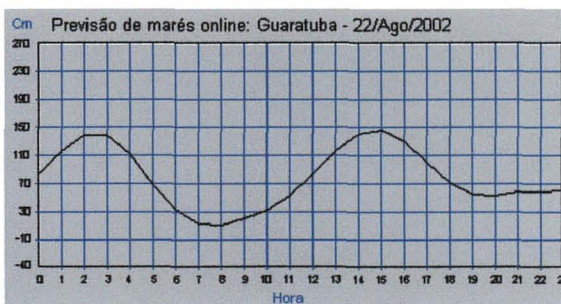
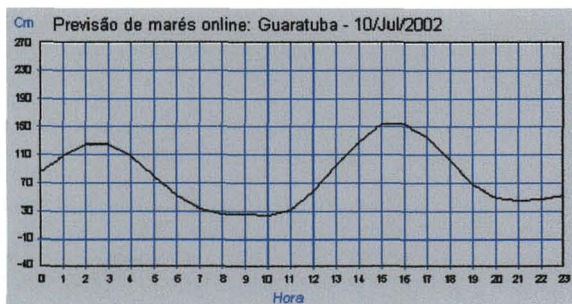
## 7 ANEXOS

### ANEXO 1 – CONSTITUIÇÃO DO MEIO DE CULTURA ZOBELL 2216E (MODIFICADO POR GUNKEL, 1964).

Meio de Cultura	Quantidade
Extrato de Levedura	1 g
Peptona de Carne	5 g
Fosfato de ferro III	0,01 g
Agar	13,0 g
Água*	1000 mL

NOTA: Para bactérias halófilas foi utilizada água destilada e para halófilas água salgada envelhecida na proporção de 3 partes de água salgada para 1 de água destilada. Calibrou-se o pH entre 7,5 e 7,6.

### ANEXO 2 – GRÁFICOS DA MARÉ NOS DIAS DAS COLETAS (FONTE: WEBSITE CEM)



## ANEXO 3 - DADOS REFERENTES À ÁGUA DE SUPERFÍCIE COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - PREAMAR - DIA 10/07/02

Ponto	Estação	Referência	Hora	Maré	Temp. °C	Salin. u.p.s.	OD (% sat)	pH	Secchi m	Seston mg.L <sup>-1</sup>	Clorofila mg/L	Heter. Totais (10 <sup>5</sup> cel.mL <sup>-1</sup> )	Biomassa µC.L <sup>-1</sup>	Halófitas UFC.mL <sup>-1</sup>	Halófilas UFC.mL <sup>-1</sup>	Col. totais NMP.100mL <sup>-1</sup>	E. coli NMP.100mL <sup>-1</sup>
1	1a2	Caieiras	15:55	1,55	19	33	106,36	7,83	3,5	561,98	0,2	11,369	110,659	38	41	172,7	75,2
2	2a2	Cultivo Sepultura	15:05	1,5	19,2	33	105,97	7,82	4	183,64	0,24	13,180	96,719	447,5	44,5	132	64,5
3	3a2	Cultivo Cabaraquara	17:30	1,2	19,3	31	100,43	7,82	1,25	694,28	1,34	9,476	111,276	825	963	>2419,2	>2419,2
4	4a2	Cultivo Barigui	16:40	1,4	19,4	27	100,36	7,53	2	728,65	1,16	7,295	64,043	570	291,5	2419,2	689,3
5	5a2	Ilha do Araçá	13:50	1,2	19,4	33	105,55	8,2	2,4	558,14	0,36	0,710	0,673	136,5	110,5	920,2	360,9
6	6a2	Marisma Ilha da Garça	12:40	0,8	19	23	104,9	7,67	1,45	422	2,57	3,076	20,527	175	315	1413,6	387,3
7	7a2	Ilha do Capim de baixo	11:45	0,55	19,7	19	100,55	7,63	2,2	453,05	1,39	6,390	43,758	390	590	2419,2	344,1
8	8a2	Ponta de Cedro	10:45	0,26	18,8	13	96,68	7,16	1,4	756,83	2,3	12,686	72,67	2605	1010	>2419,2	488,4
9	9a2	Rio São João	9:30	0,27	17,2	1	87,36	6,77	1,5	316,38	1,01	3,673	19,866	6910	3000	>2419,2	579,4

## ANEXO 4 - DADOS REFERENTES À ÁGUA DE FUNDO COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - PREAMAR - DIA 10/07/02

Ponto	Estação	Referência	Hora	Maré	Temp. °C	Salin. u.p.s.	OD (% sat)	pH	Secchi m	Seston mg.L <sup>-1</sup>	Clorofila mg/L	Heter. Totais (10 <sup>5</sup> cel.mL <sup>-1</sup> )	Biomassa µC.L <sup>-1</sup>	Halófitas UFC.mL <sup>-1</sup>	Halófilas UFC.mL <sup>-1</sup>	Col. totais NMP.100mL <sup>-1</sup>	E. coli NMP.100mL <sup>-1</sup>
1	1b2	Caieiras	16:10	1,55	19	33	112,81	7,82	3,5	876,68	0,11	5,278	36,676	322,5	215	98,2	73,3
2	2b2	Cultivo Sepultura	15:25	1,5	19,1	33	105,95	7,85	4	16,24	0,36	1,183	10,331	488,5	189	193,6	140,8
3	3b2	Cultivo Cabaraquara	17:40	1,2	19,3	31	99,59	7,33	1,25	678,98	1,53	6,101	52,346	1193,5	495	>2419,2	1299,7
4	4b2	Cultivo Barigui	16:55	1,4	19,2	28	96,21	7,52	2	617,53	1,35	5,196	51,679	1080	707	2419,2	980,4
5	5b2	Ilha do Araçá	14:30	1,2	19,2	33	105,53	8,07	2,4	102,33	0,49	5,937	39,058	215,5	157	1046,2	396,8
6	6b2	Marisma Ilha da Garça	13:00	0,8	19,8	27	96,59	8,07	1,45	298,93	1,36	5,237	33,647	5350	10150	>2419,2	>2419,2
7	7b2	Ilha do Capim de baixo	12:00	0,55	19,5	23	92,79	7,63	2,2	402,65	0,78	5,114	25,171	6100	22650	>2419,2	1299,7
8	8b2	Ponta de Cedro	11:10	0,26	18	17	84,17	7,33	1,4	563,8	9,72	9,888	61,289	15850	12500	>2419,2	2419,2
9	9b2	Rio São João	10:05	0,27	18	8	81,33	6,78	1,5	602,36	6,68	12,110	88,063	36650	29350	>2419,2	1413,6

## ANEXO 5 - DADOS REFERENTES À ÁGUA DE SUPERFÍCIE COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - BAIXAMAR - DIA 22/08/02

Ponto	Estação	Referência	Hora	Maré	Temp. °C	Salin. u.p.s.	OD (% sat)	pH	Secchi m	Seston mg.L <sup>-1</sup>	Clorofila mg/L	Heter. Totais (10 <sup>5</sup> cel.mL <sup>-1</sup> )	Biomassa µC.L <sup>-1</sup>	Halófitas UFC.mL <sup>-1</sup>	Halófilas UFC.mL <sup>-1</sup>	Col. totais NMP.100mL <sup>-1</sup>	E. coli NMP.100mL <sup>-1</sup>
1	1a1	Caieiras	11:30	0,65	20	30	102,59	7,79	1,4	209,15	1,53	85,657	429,292	1880	3540	920,8	365,4
2	2a1	Cultivo Sepultura	11:55	0,8	20	30	97,05	7,8	1,8	116,81	0,61	54,172	247,733	1030	125645	372,5	270
3	3a1	Cultivo Cabaraquara	10:05	0,35	21	26	81,94	7,6	1,6	535,22	0,65	164,677	568,869	3260	275400	>2419,2	1986,3
4	4a1	Cultivo Barigui	8:55	0,25	21	23	117	7,46	0,8	366,2	1,45	67,548	268,267	25280	44005	1732,9	980,4
5	5a1	Ilha do Araçá	12:25	0,97	20	31	97,22	7,5	1	347,6	0,52	33,182	143,348	1065	4360	1203,3	436
6	6a1	Marisma Ilha da Garça	13:20	1,22	20	26	93,58	7,29	1,4	426,7	1,94	52,938	239,855	1265	2200	1119,9	328,2
7	7a1	Ilha do Capim de baixo	13:55	1,4	20	25	86,15	7,2	1,4	451,28	1,78	19,807	96,216	2495	2865	866,4	280,9
8	8a1	Ponta de Cedro	14:20	1,43	20,5	18	94,73	6,95	1,2	757,68	5,7	45,941	132,533	4140	1800	1553,1	106,3
9	9a1	Rio São João	14:50	1,49	20,5	11	96,8	6,56	1	399,4	9,08	61,992	388,323	2050	1700	>2419,2	435,2

## ANEXO 6 - DADOS REFERENTES À ÁGUA DE FUNDO COLETADA NA BAÍA DE GUARATUBA - BAIXAMAR - DIA 22/08/02

Ponto	Estação	Referência	Hora	Maré	Temp. °C	Salin. u.p.s.	OD (% sat)	pH	Secchi m	Seston mg.L <sup>-1</sup>	Clorofila mg/L	Heter. Totais (10 <sup>5</sup> cel.mL <sup>-1</sup> )	Biomassa µC.L <sup>-1</sup>	Halófitas UFC.mL <sup>-1</sup>	Halófilas UFC.mL <sup>-1</sup>	Col. totais NMP.100mL <sup>-1</sup>	E. coli NMP.100mL <sup>-1</sup>
1	1b1	Caieiras	11:50	0,65	19,5	31	95,51	7,64	1,4	133,81	1,22	43,883	351,411	1000	7585	980,4	360,9
2	2b1	Cultivo Sepultura	12:15	0,8	20	31	98,79	7,59	1,8	14,96	1,54	130,929	581,847	681,5	9235	920,8	290,9
3	3b1	Cultivo Cabaraquara	10:35	0,35	20	26	83,14	7,68	1,6	565,5	0,36	15,485	91,415	1830	211000	2419,2	1732,9
4	4b1	Cultivo Barigui	9:35	0,25	20,5	24	75,66	7,52	0,8	235,3	2,12	143,276	563,431	6625	130000	2419,2	1046,2
5	5b1	Ilha do Araçá	12:40	0,97	20	30	96,65	7,58	1	36,89	0,71	32,565	61,739	19225	2915	770,1	325,5
6	6b1	Marisma Ilha da Garça	13:43	1,22	20	27	86,7	7,42	1,4	399,6	1,79	55,407	183,479	754	605	1299,7	816,4
7	7b1	Ilha do Capim de baixo	14:10	1,4	20	26	83,52	7,31	1,4	393,35	2,58	25,774	226,921	498	660	920,8	261,3
8	8b1	Ponta de Cedro	14:40	1,43	20	20	80,71	6,87	1,2	450,35	4,64	21,864	139,655	2600	855	2419,2	410,6
9	9b1	Rio São João	15:15	1,49	20	13	96,05	6,69	1	748,53	11,44	185,873	781,116	2915	2445	>2419,2	410,6

NOTAS: Nas estações a letra "a" representa água de superfície e a letra "b" representa água de fundo.

## ANEXO 7 - DADOS REFERENTES AO SEDIMENTO DE FUNDO COLETADO NA BAÍA DE GUARATUBA - PREAMAR - DIA 10/07/02.

Ponto	Referência	Hora	Granulom. Cascalho (%)	Granulom. Areia (%)	Granulom. Silte (%)	Granulom. Argila (%)	Granulom. CaCO3 (%)	Granulom. Mat. Org. (%)	Heter. Totais (10 <sup>5</sup> cel.cm <sup>-3</sup> )	Biomassa MicrogC.cm <sup>-3</sup>	Halófitas 10 <sup>3</sup> UFC <sup>-1</sup>	Halófilas 10 <sup>3</sup> UFC <sup>-1</sup>	Col. totais NMP.cm <sup>-3</sup>	E. coli NMP.cm <sup>-3</sup>
1	Caieiras	15:55	0	95,5	3,002	1,501	3,36	1,29	35,08585	257,045	27,775	21,9	802	241
2	Cultivo Sepultura	15:05	0	57,33	37,15	5,522	2,88	2,59	70,27465	478,7	25,675	62	434	217
3	Cultivo Cabaraquara	17:30	0	90,48	8,018	1,503	5,28	4,25	113,48895	533,43	24,775	177	6309,5	85,5
4	Cultivo Barigui	16:40	0	87,45	10,04	2,509	4,9	4,62	86,22275	643,75	57,55	422,25	1384	25
5	Ilha do Araçá	13:50	0	95,5	2,001	2,501	5,38	1,48	77,99145	638,09	20,275	15,175	12529,5	51
6	Marisma Ilha da Garça	12:40	0	94,49	3,006	2,505	5,19	2,03	121,7202	1081,045	41,525	44,975	>24192	4166
7	Ilha do Capim de baixo	11:45	0	74,62	21,89	3,483	5,57	6,66	244,67515	1462,29	54,75	86,35	14833,5	621
8	Ponta de Cedro	10:45	0	60,38	37,11	2,507	8,26	9,07	136,63945	1244,69	26,9	42,35	16700	3795
9	Rio São João	9:30	0	98,5	1	0,5	2,98	1,29	35,909	248,945	24,3	11,825	>24192	>24192

## ANEXO 8 - DADOS REFERENTES AO SEDIMENTO DA REGIÃO ENTRE MARÉS COLETADO NA BAÍA DE GUARATUBA EM BAIXA MAR - DIA 08/10/02 E 20/11/02

Ponto	Hora	Temp. °C	Salin. u.p.s.	pH	OD (% sat)	Granulom. Cascalho (%)	Granulom. Areia (%)	Granulom. Silte (%)	Granulom. Argila (%)	Granulom. CaCO3 (%)	Granulom. Mat. Org. (%)	Heter. Totais (10 <sup>5</sup> cel.cm <sup>-3</sup> )	Biomassa MicrogC.cm <sup>-3</sup>	Halófitas 10 <sup>3</sup> UFC <sup>-1</sup>	Halófilas 10 <sup>3</sup> UFC <sup>-1</sup>	Col. totais NMP.cm <sup>-3</sup>	E. coli NMP.cm <sup>-3</sup>
1	12:50	27	30	7,94	90,06	0	95,49	2,003	2,504	4,59	1,05	128,5110875	680,361205	176	119,25	20	0
2	12:23	28	29	7,91	93,23	0	97,47	1,01	1,516	3,97	0,53	157,8350745	981,47061	457,75	59,8	109	52
3	8:07	23,5	27	7,24	26,71	0	2,239	89,15	8,611	12,33	19,48	1356,002904	5076,689115	1425	447,3	13734	148
4	8:43	24	30	7,01	10,12	0	89,46	7,026	3,513	5,25	4,14	481,427846	3023,744175	1285	701,75	4764	62
5	9:10	25	21	6,91	57,17	0,4274	80,47	14,45	4,646	5,16	5,12	671,7765345	2966,87621	2345	850	146	124
6	9:39	25	19	6,72	33,01	0,8578	65,57	29,06	4,51	6,06	15,77	513,3241125	2373,291575	6412,5	2921	1586	320
7	12:20	25	21	6,86	67,11	1,201	26,13	63,01	9,655	11,79	26,57	894,4330557	2035,153085	14680	4624	>48394	31062
8	10:20	25	16	6,82	0	0	6,5	88	5,5	9,03	19,77	450,4576001	1860,236935	10900	1503	>48394	39726
9	09:40	24,5	13	6,49	92,03	0	12,38	83,71	3,907	11,16	24,08	674,7603795	3966,493483	21500	20281	>48394	>48394
10	08:50	24	9	6,48	49,09	0	58,21	38,26	3,524	7,18	17,48	599,6498158	3091,45732	12455	1733	>48394	48394
11	08:15	22,5	12	6,66	22,73	0	5,122	90,36	4,518	10,99	22,92	830,1260662	2119,463515	19420	25972	>48394	>48394
12	11:00	25	19	6,35	36,93	0	23,48	70,02	6,502	11,86	21,69	761,1889734	3317,686335	14510	3490	>48394	>48394
13	11:35	26	24	6,85	73,8	0	33,25	61,14	5,605	10,9	19,05	842,4730082	2478,193415	5922,5	15948,5	>48394	1024
14	10:12	25	26	6,7	0	0,2951	19,73	76,36	3,612	10,07	20,47	1021,606558	4132,59097	1342,5	403	646	550
15	10:43	28	7	6,55	0	0	98,48	1,013	0,5065	2,98	0,52	1805,637374	6153,207165	4385	726,5	48394	13734
16	11:28	25	12	6,91	4,73	8,88	73,58	14,03	3,507	7,21	5,44	2158,554132	13944,9098	3275	1070,25	>48394	39726
17	13:36	33	24	7,76	81,9	0	95,47	1,006	3,521	4,71	2,47	883,7323725	6076,108125	2575	771,25	17328	930
18	14:04	32	32	7,98	103,61	0	98,5	1,003	0,5013	3,4	0,9	645,539283	4109,284095	2622,5	164,75	121	10

NOTAS: Coleta dia 08/10/02  
Coleta dia 20/11/02



















## ANEXO 18 – RESOLUÇÃO N° 274 DE 29 DE NOVEMBRO 2000

O Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei no 6938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto na Resolução CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986 e em seu Regimento Interno, e

considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade;

considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade;

considerando a necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário;

considerando que a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) recomendam a adoção de sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas, resolve:

Art. 1o Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- a) águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50°/00;
- b) águas salobras: águas com salinidade compreendida entre 0,50°/00 e 30°/00;
- c) águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30°/00;
- d) coliformes fecais (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima  $\beta$ -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica;
- e) *Escherichia coli*: bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente;
- f) Enterococos: bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais como: capacidade de crescer na presença de 6,5% de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies dos *Enterococcus* são de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais;
- g) floração: proliferação excessiva de microorganismos aquáticos, principalmente algas, com predominância de uma espécie, decorrente do aparecimento de condições ambientais favoráveis, podendo causar mudança na coloração da água e/ou formação de uma camada espessa na superfície;
- h) isóbata: linha que une pontos de igual profundidade;
- i) recreação de contato primário: quando existir o contato direto do usuário com os corpos de água como, por exemplo, as atividades de natação, esqui aquático e mergulho.

Art. 2o As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1o As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco

semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;

c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2o Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3o Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

§ 4o As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias ;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

§ 5o Nas praias ou balneários sistematicamente impróprios, recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.

Art. 3o Os trechos das praias e dos balneários serão interditados se o órgão de controle ambiental, em quaisquer das suas instâncias (municipal, estadual ou federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação de contato primário justifica a medida.

§ 1o Consideram-se ainda, como passíveis de interdição os trechos em que ocorram acidentes de médio e grande porte, tais como: derramamento de óleo e extravasamento de esgoto, a ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas ou outros organismos e, no caso de águas doces, a presença de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.

§ 2o A interdição e a sinalização, por qualquer um dos motivos mencionados no caput e no § 1o deste artigo, devem ser efetivadas, pelo órgão de controle ambiental competente.

Art. 4o Quando a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou em consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no boletim de condição das praias e balneários, assim como qualquer outra que o órgão de controle ambiental julgar relevante.

Art. 5o A amostragem será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários, a critério do órgão de controle ambiental competente.

Parágrafo único. A amostragem deverá ser efetuada em local que apresentar a isóbata de um metro e onde houver maior concentração de banhistas.

Art. 6o Os resultados dos exames poderão, também, abranger períodos menores que cinco semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, cinco amostras durante o tempo mencionado, com intervalo mínimo de 24 horas entre as amostragens.

Art. 7o Os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial-INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição.

Art. 8o Recomenda-se aos órgãos ambientais a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações.

Art. 9o Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a divulgação das condições de balneabilidade das praias e dos balneários e a fiscalização para o cumprimento da legislação pertinente.

Art. 10. Na ausência ou omissão do órgão de controle ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA atuará, diretamente, em caráter supletivo.

Art. 11. Os órgãos de controle ambiental manterão o IBAMA informado sobre as condições de balneabilidade dos corpos de água.

Art. 12. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios articular-se-ão entre si e com a sociedade, para definir e implementar as ações decorrentes desta Resolução.

Art. 13. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores às sanções previstas nas Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981; 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto no 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 15. Ficam revogados os arts. nos 26 a 34, da Resolução do CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986.

JOSÉ SARNEY FILHO  
Presidente do CONAMA

JOSÉ CARLOS CARVALHO  
Secretário-Executivo