



**Universidade Federal do Pará**  
**Centro de Geociências**  
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**“BALNEABILIDADE DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE MOSQUEIRO (PA):  
UMA VISÃO GEOQUÍMICA AMBIENTAL”.**

TESE APRESENTADA POR

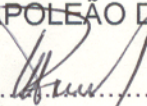
**LIANNE MARIA MAGALHÃES DIAS**

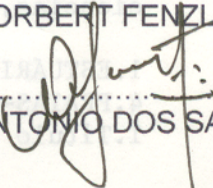
Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOQUÍMICA.

Data de Aprovação 21 / 09 / 95

**Comitê de Tese:**

  
.....  
WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA ( Orientador )

  
.....  
NORBERT FENZI

  
.....  
ANTÔNIO DOS SANTOS

BELÉM

Aos meus pais ( Magalhães e Edite ) , que sempre me deram amor e carinho.

Ao Luiz Carlos , meu marido e companheiro, pelo apoio e incentivo.

Aos meus filhos, Leonardo e Luiz Carlos Jr. pelo tempo que lhes neguei durante a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus , Pai todo poderoso e a Jesus , presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais Manoel Magalhães e Edite pela minha formação intelectual e moral que norteiam todos os meus passos e acima de tudo , pelo amor dedicado aos meus filhos na minha ausência.

Ao Prof. Dr. Waterloo Napoleão de Lima pela incontestável orientação, contribuição e amizade a qual foi fundamental para tornar viável o desenvolvimento deste trabalho.

A Prof. Msc. Vera Nobre Braz, pelo trabalho de co - orientação e atendimento prestado em todas as solicitações.

Ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, pelo apoio material e de recursos humanos , que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Diretor do Centro Tecnológico, Prof. Msc. Luciano Nicolau da Costa pela liberação para a conclusão deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Química pela cessão do Laboratório de Controle Ambiental para a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Norbert Fenzel e o Prof. Dr. Antonio dos Santos, componentes do comitê de Tese.

Ao Prof. Dr. Jean Michael Lafon, coordenador do curso de Pós-Graduação , pela compreensão e sensibilidade, frente as dificuldades encontradas na execução deste trabalho.

Aos Profs Ezequiel C. dos Santos, Fernando Sá, José Antonio Souza e Roberto Orofino, membros do Núcleo de Tecnologia Mineral-NUTEM , pelo incentivo e apoio para a realização desta dissertação.

Aos Professores Mattos e Schuckmann, pela confiança em mim depositada.

Aos técnicos Célia Maria e Mário Carneiro do Centro Tecnológico pela colaboração .

A Gladys e D. Maria, secretárias da Pós-Graduação.

Aos técnicos Antônio, Dário, Natalino, Lopes e Vânia pela colaboração na fase experimental.

Ao biólogo e Pesquisador Rosildo Paiva pelas identificações fitoplanctônicas deste trabalho.

Aos bolsistas Celeste Souza e Hermenson , pelo auxílio prestado nas coletas e nas análises químicas necessárias à esta dissertação , mas acima de tudo, pela amizade.

A bolsista Renata Lilian pela contribuição nas análises de clorofila.

Ao Prof. Dr. Lênio Farias do Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais por permitir a utilização da instrumental deste laboratório .

A Prof. Lúcia Beckmann Menezes, pela colaboração bibliográfica que muito contribuiu para a redação desta dissertação .

A Ana Lídia, pela colaboração nas análises bacteriológicas.

Ao Sérgio Coelho (Paraíba), pela confecção das figuras que ilustram este trabalho.

Ao Hélio Braga Martins, pelo minucioso trabalho de normalização.

A amiga Hebe Morganne, pela amizade e exemplo de que quando realmente queremos, conseguimos.

Ao amigo João Carlos Monteiro, pela preciosa ajuda na impressão desta dissertação.

As amigas Ana Blanc, Maria Vitória e Mônica Castro pelo incentivo, colaboração e amizade.

A todos os amigos pela colaboração e incentivo nos momentos de dificuldades, o meu muito obrigada.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> -----	<b>p</b> <b>i</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> -----	<b>ii</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> -----	<b>vi</b>
<b>RESUMO</b> -----	<b>01</b>
<b>ABSTRACT</b> -----	<b>05</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> -----	<b>09</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> -----	<b>11</b>
<b>2.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO NATURAL</b> -----	<b>11</b>
<b>2.1.1. Histórico</b> -----	<b>11</b>
<b>2.1.2. Situação geográfica e limites</b> -----	<b>11</b>
<b>2.1.3. Clima</b> -----	<b>14</b>
<b>2.1.4. Vegetação</b> -----	<b>16</b>
<b>2.1.5. Geologia e Hidrografia</b> -----	<b>17</b>
<b>2.1.6. Solos</b> -----	<b>26</b>
<b>2.1.7. Estuários Guajará e Marajó</b> -----	<b>30</b>
<b>2.2. OCUPAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO</b> -----	<b>36</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> -----	<b>44</b>
<b>3.1. TRABALHO DE CAMPO</b> -----	<b>44</b>
<b>3.1.1. Amostragem</b> -----	<b>55</b>

3.1.2. <b>Técnicas de Coleta</b> -----	56
3.2. <b>TRABALHOS DE LABORATÓRIO</b> -----	57
3.2.1. <b>Águas naturais superficiais</b> -----	57
3.2.1.1. Parâmetros físicos, físico-químicos e bioquímicos -----	57
3.2.1.2. Parâmetros hidrobiológicos -----	59
3.2.1.3. Parâmetros bacteriológicos -----	61
3.2.2. <b>Análise de sedimentos de fundo</b> -----	63
3.2.2.1. Tratamento preliminar -----	63
3.2.2.2. Carbono orgânico -----	63
3.2.2.3. Nitrogênio orgânico -----	63
3.2.2.4. Análise de fósforo -----	65
3.2.2.5. Análise de metais -----	66
3.2.2.6. Composição mineralógica -----	67
<b>4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> -----	69
4.1. DISCUSSÃO DE FATOS ABORDADOS NA LITERATURACIENTIFÍCA -----	69
4.2. ÁGUAS COLETADAS NAS PRAIAS- ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS -----	75
4.3. PARÂMETROS HIDROBIOLÓGICOS - UMA ANÁLISE PRELIMINAR -----	86
4.4. SEDIMENTOS DE FUNDO -----	92
4.5. ANÁLISE BACTERIOLÓGICA -----	104
4.6. AVALIAÇÃO PRELIMINAR SOBRE IMPACTO AMBIENTAL EM PRAIAS DO BALNEÁRIO DE MOSQUEIRO -----	117
<b>5. CONCLUSÕES</b> -----	121
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	124

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS	p
Figura 01 Mapa de localização da área fisiográfica da ilha de Mosqueiro (PA) no contexto regional. -----	12
Figura 02 Imagem de satélite ( Landsat TM 5 ) 1991. Área fisiográfica (Belém e adjacências) -----	13
Figura 03 Diagrama do clima de Belém para o ano de 1994. -----	15
Figura 04 Coluna estratigráfica para a região de Belém para o ano de 1994. -----	23
Figura 05 Perfil da praia do paraíso na Ilha de Mosqueiro. -----	24
Figura 06 Mapa hidrográfico da área de estudo. -----	25
Figura 07 Mapa pedológico da área de estudo. -----	29
Figura 08 Variação sazonal da condutividade elétrica em amostras de água -----	35
Figura 09 Imagem de satélite ( Landsat TM 5 ) 1991. Ocupação urbana na orla litorânea da ilha de Mosqueiro. -----	41
Figura 10 Imagem de satélite ( Landsat TM 5 ) 1991. Concentração urbana na porção sul da ilha de Mosqueiro. -----	42
Figura 11 Imagem de satélite ( Landsat TM 5 ) 1991. Formação de núcleos urbanos ao longo da estrada da baía do Sol. -----	43
Figura 12 Mapa de amostragem. -----	47
Figura 13 Praia do Paraíso, ponto PP. Área aparentemente preservada, situada na baía de Marajó. (Fotografia). -----	48

Figura 14	Praia do Bispo ( baixamar ), ponto PB, às proximidades do lançamento do efluente do “esgoto pluvial”, ponto EB. (Fotografia). -----	49
Figura 15	Praia Grande, ponto PG. Observa-se a ocorrência de sanitários às proximidades do ponto de amostragem. (Fotografia). -----	50
Figura 16	Praia do Farol, ponto PF. Observe-se um dos canais de “despejo orgânico” às proximidades do ponto de coleta . (Fotografia). -----	51
Figura 17	Praia do Chapéu Virado, ponto PCV, às proximidades de um “esgoto urbano”. (Fotografia). -----	52
Figura 18	Praia do Murubira, ponto PM, em frente ao hotel Murubira. (Fotografia). -----	53
Figura 19	Esgoto “pluvial” ( ponto EM ) sendo lançado na praia do Murubira. (Fotografia). -----	54
Figura 20	Espectro de absorção eletrônica. Extratos fitoplânctônicos de águas estuarinas. Praia do Murubira (I) e Carananduba (II). Material coletado em 19.12.94 -----	89
Figura 21	Componentes da flora plânctonica da praia do Murubira. -----	90
Figura 22	Rio Cajueiro, ponto RC. Observe-se a manifestação antrópica ( embarcações, favelas, etc. ) e a presença de manguesais nas margens. -----	99
Figura 23	Praia de Carananduba. Observe-se o desenvolvimento de plantas aquáticas. (Fotografia). -----	100
Figura 24	Praia do Bispo (baixamar). Desenvolvimento de plantas aquáticas e sedimentos e o trapiche de desembarque na ilha de Mosqueiro.(Fotografia). ----	101

Figura 25 Difratoograma para identificação dos principais argilominerais nos sedimentos de fundo das praias do Bispo e Caranaduba e do rio Cajueiro.----- 103

Figura 26 Distribuição das categorias próprias e impróprias de acordo com os resultados obtidos na avaliação bacteriológica em praias selecionadas da ilha de Mosqueiro. ----- 116

## TABELAS

p.

Tabela 1	Parâmetros e constituintes químicos ( ppm ), em águas do rio Tapajós e Amazonas. -----	34
Tabela 2	Parâmetros e constituintes químicos (ppm), em águas do estuário Marajó. ---	74
Tabela 3	Parâmetros físicos, físico - químicos e químicos. Águas estuarinas ( praias da ilha de Mosqueiro, PA ), período chuvoso. -----	84
Tabela 4	Parâmetros físicos, físico - químicos e químicos. Águas estuarinas ( praias da ilha de Mosqueiro, PA), período de estiagem. -----	85
Tabela 5	Análise química de sedimentos de fundo (praias da ilha de Mosqueiro,PA) ----	102
Tabela 6	Limites de coliformes fecais ( NMP/ 100mL ) para cada categoria de classificação das praias. -----	112
Tabela 7	Limites de coliformes totais ( NMP/ 100mL ) para cada categoria de classificação das praias. -----	112
Tabela 8	Coliformes totais e coliformes fecais ( n <sup>o</sup> organismos/ 100mL ) em praias selecionadas da ilha de Mosqueiro. -----	113
Tabela 9	Coliformes totais e coliformes fecais ( n <sup>o</sup> organismos/ 100 mL ) em “esgotos pluviais”. (ilha de Mosqueiro, PA). -----	114
Tabela 10	Concentração de coliformes totais e coliformes fecais em algumas zonas costeiras, cursos de águas brasileiras e praias estuarinas da ilha de Mosqueiro-PA. -----	115

## RESUMO

As praias da ilha de Mosqueiro - localizada na região metropolitana de Belém (PA) - são tipicamente estuarinas com maior ou menor influência de águas salgadas do oceano Atlântico, dependendo do período sazonal. Com efeito, a partir do mês de julho até fins de dezembro, em geral, faz-se sentir a influência da penetração de águas oceânicas no estuário, constituído principalmente pelas baías de Guajará e Marajó.

Considerando a crescente sobrecarga do estuário guajarino, decorrente das diversas atividades poluidoras na orla de Belém, acrescido do lançamento de esgotos nas praias da ilha sem nenhum controle de quantidade e qualidade, impõe-se a observância de critérios geoquímicos de avaliação ambiental capazes de detectar a influência dessas manifestações antropogênicas nas praias, que se estendem pelo litoral da ilha de Mosqueiro.

Para se ter uma visão algo mais completa das condições de balneabilidade das praias selecionadas, procedeu-se uma avaliação e classificação de acordo com a Resolução nº 20 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, de junho de 1986. Trabalhou-se com os componentes biogeoquímicos sensores da qualidade das águas das baías de Guajará e Marajó que banham o litoral da ilha.

Para isso, procedeu-se uma avaliação de parâmetros físicos (temperatura, cor, turbidez), físico-químicos (pH, condutividade elétrica), químicos (alcalinidade, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido), bioquímicos (DBO, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrato, fosfato), hidrobiológicos (clorofila, fitoplâncton), bacteriológicos (coliformes totais e fecais) e geoquímicos (relações iônicas; caracterização de sedimentos de fundo segundo a química, a mineralogia, os elementos traços, carbono orgânico e nitrogênio orgânico). A amostragem foi

realizada durante o ciclo sazonal de 1994, dividindo-se em dois períodos diferentes, o chuvoso (janeiro a junho) e o menos chuvoso (julho a dezembro), em nove (09) pontos de coleta selecionados em locais aparentemente preservados e em pontos visivelmente vulneráveis à contaminação antropogênica.

Variações sazonais foram observadas nos resultados de cor e turbidez, que apresentaram valores mais elevados (máximos de 150 U.C e 80 ppm  $\text{SiO}_2$ , respectivamente) no período chuvoso. Pode-se observar também nesse mesmo período os maiores valores de oxigênio consumido, ficando o máximo em 7,5 ppm  $\text{O}_2$ .

Em relação ao oxigênio dissolvido (máx. 8,2ppm  $\text{O}_2$  e mín. 5,4ppm  $\text{O}_2$ ) o ambiente apresentou-se bastante aerado, em conformidade com as observações de campo, já que o estuário se mantém bastante renovado (fluxos e refluxos diários de maré ventilação permanente, etc.).

No período menos chuvoso ocorre a intrusão de águas marinhas, provenientes do Atlântico, tornando as águas estuarinas algo salobras e com valores numéricos de condutividade elétrica mais elevados (registrou-se neste estudo mínimos em torno de 22  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em janeiro e máximos em cerca de 1035  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em novembro) condizente com o aumento significativo de cloreto.

Fato curioso ocorreu em relação a  $\text{DBO}_5$  e DQO; no período chuvoso, os valores de DQO foram superiores aos de  $\text{DBO}_5$ , e no período menos chuvoso, ocorreu o inverso, talvez justificável pelo fato de que com as chuvas, maiores lançamentos quimicamente oxidáveis são levados à praia.

Quanto ao N amoniacal e nitrato, as praias apresentaram valores pouco relevantes; em média abaixo de 0,67 mg/L de N e de 1mg/L  $\text{NO}_3^-$  respectivamente, durante o ciclo sazonal

Na avaliação hidrobiológica, o ecossistema estuarino se apresentou muito pouco produtivo em relação à clorofila e com baixa diversidade de espécies na análise do fitoplâncton, sendo o grupo dominante, o das diatomáceas.

Analisando metais nos sedimentos, detectou-se na fração total valores variando de 700  $\mu\text{g/g}$  para o Mg até 4264  $\mu\text{g/g}$  para o K, revelando um complexo orgânico-mineral, isto é, matéria orgânica e argilomineral principalmente. Quanto aos metais pesados (Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Ni), as concentrações desses metais foram, predominantemente, mais elevadas na fração residual, cujos máximos, na fração total, atingiram cerca de 10.193  $\mu\text{g/g}$  (para o Fe), 252  $\mu\text{g/g}$  (para o Mn), 83  $\mu\text{g/g}$  (para o Zn e Ni), 54  $\mu\text{g/g}$  (para o Cr) e 21  $\mu\text{g/g}$  (para o Cu).

O nitrogênio orgânico nos sedimentos variou de 0,56% (sedimentos da praia de Carananduba), para 1,68% (rio Cajueiro). O carbono orgânico ficou na faixa de 0,24% (praia de Carananduba) para 2,97% (rio Cajueiro). Já o fosfato atingiu um máximo em torno de 117  $\mu\text{g/g}$  (rio Cajueiro). Pelo que se pode observar, o rio Cajueiro apresentou valores relativamente superiores aos das praias, onde o impacto é menos pronunciado por se tratar de um estuário com boa circulação de água e também geograficamente maior do que as margens de um rio sob vegetação de mangue, e submetido à ação antrópica (favelas, embarcações e trabalhos de pescado).

Os argilominerais detectados - caulinita, montmorilonita e ilita - refletem a composição mineralógica predominante dos solos amazônicos.

Na avaliação da balneabilidade os resultados de coliformes fecais evidenciaram índices máximos - expressos em coliformes fecais - que chegam a  $9,3 \times 10^5$  NMP/100ml d'água para a praia do Bispo,  $2,6 \times 10^6$  NMP/100ml d'água para a praia Grande,  $2,1 \times 10^6$  NMP/100ml d'água

para a praia do Farol,  $1,5 \times 10^4$  NMP/100ml d'água para a praia do Chapéu Virado,  $1,5 \times 10^4$  NMP/100ml d'água para a praia do Murubira, enquanto a praia do Paraíso apresentou um índice médio de 490 NMP/100ml d'água, dentro portanto do limite de 1000 NMP de coliformes fecais / 100ml d'água estabelecido pela Resolução nº 20 do CONAMA. Os resultados obtidos confirmaram alto comprometimento das praias selecionadas da ilha de Mosqueiro por matéria orgânica de origem sanitária, as quais estiveram impróprias para recreação, por contato primário e secundário, em média 80% do período analisado, exceto a praia do Paraíso cujos índices de coliformes totais e fecais foram pouco pronunciados, por tratar-se de local sem relevantes influências antropogênicas, portanto, algo preservada.

Até onde este estudo alcançou, a notável defesa do meio ambiente tem permitido a utilização dessas águas estuarinas para recreação de contato primário. No entanto, o monitoramento das condições de balneabilidade devia se constituir, doravante meta indispensável das autoridades sanitárias visando o bem comum naquela área fisiográfica.

## ABSTRACT

The beaches of the island of Mosqueiro - located within the metropolitan region of Belém (PA) - are typically estuarine, having greater or lesser salt water influence from the Atlantic Ocean, depending of the seasonal period. The result is that, from June until the end of December, there is generally some influence of the penetration of sea water in the estuary, made up principally by the Guajará and Marajó bays.

Considering the ever-growing overload on the Guajará estuary, due to the diverse polluting activities around Belém, added to the dumping of sewage on the island's beaches without any kind of quantity and quality control, it becomes necessary to observe certain geochemical environmental evaluation criteria able to detect the influence of these anthropogenic manifestations on the beaches, which extend along the shoreline of Mosqueiro Island.

In order to obtain a more complete vision of the conditions of certain beaches for human use, we proceeded with an evaluation and classification according to Resolution n° 20 of CONAMA - National Council of the Environment, dated June 1986. The work was carried out with biogeochemical components able to sense the water quality of Guajará and Marajó bays, which bathe the island's shoreline with an evaluation of the physical (temperature, color, turbidity), physical-chemical (pH, conductivity electric), chemical (alkalinity, dissolved oxygen, consumed oxygen), biochemical (DBO, DQO, ammoniac nitrogen, organic nitrogen, nitrate, phosphate), hydrobiological (chlorophyll, phytoplankton), bacteriological (total and fecal coliforms) and geochemical parameters (ionic relations; chemical characterization of bottom sediments, mineralogy, trace elements, organic carbon and nitrogen). The sampling was done during the seasonal cycle of 1994, divided into two different periods, the rainy season (January to

June) and the drier season (July to December), at nine (09) collection points selected at locations apparently preserved and at points visibly vulnerable to anthropogenic contamination.

Seasonal variations were observed in the results of color and turbidity tests, which presented higher values (maximum of 150 U.C and 80 ppm  $\text{SiO}_2$ , respectively) during the rainy period. During this same period, the amounts of consumed oxygen were also higher, reaching a maximum of 7.5 ppm  $\text{O}_2$ .

In terms of dissolved oxygen (max. 8.2ppm  $\text{O}_2$  and min. 5.4ppm  $\text{O}_2$ ) the environment was well-aerated, which was in agreement with our field observations, since this estuary is constantly being renewed (daily tidal flows and refows, permanent ventilation, etc.).

Sea water enters during the drier period, from the Atlantic, the estuarine water becoming brackish and with higher numerical values of electric conductivity (minimums recorded in this study were approximately 22  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in January and maximums around 1035  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in November) according to the significant increase of chlorite.

Something interesting regarding  $\text{DBO}_5$  and DQO occurred; during the rainy period, the amounts of DQO were superior to those of  $\text{DBO}_5$ , and during the drier period, the opposite occurred, possibly due to the fact that the rains carry chemically oxidable substances to the beach.

Regarding ammoniac N and nitrate, the beaches present insignificant amounts; on average below 0.67 mg/L of N and 1 mg/L  $\text{NO}_3^-$  respectively, during the seasonal cycle

The estuarine ecosystem presented very little chlorophyll production during the hydrobiological evaluation with a low diversity of species in the phytoplankton analysis, the dominant group being diatomaceous.

In analyzing metals in the sediments, within the total fraction, we detected amounts varying from 700  $\mu\text{g/g}$  for Mg to 4264  $\mu\text{g/g}$  for K, revealing an organic-mineral complex, i.e., principally organic and clayish mineral material. Regarding heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Ni), their concentrations were, predominantly, higher in the residual fraction, their maximum, in the total fraction, reached approximately 10,193  $\mu\text{g/g}$  (for Fe), 252  $\mu\text{g/g}$  (for Mn), 83  $\mu\text{g/g}$  (for Zn and Ni), 54  $\mu\text{g/g}$  (for Cr) and 21  $\mu\text{g/g}$  (for Cu).

Organic nitrogen in the sediments varied from 0.56% (sediments from Carananduba beach), to 1.68% (Cajueiro river). Organic carbon was approximately between 0.24% (Carananduba beach) to 2.97% (Cajueiro river). Phosphate reached a maximum near 117  $\mu\text{g/g}$  (Cajueiro river). From what was observed, the Cajueiro river presented relatively higher amounts than the other beaches, where the impact is less pronounced because of its being an estuary with good water circulation and also geographically the largest of the margins of a river with mangrove vegetation, and submitted to anthropical activity (slums, embarkation and fishing).

The argilo-minerals detected - kaolinite, montmorillonite and illite - reflect the predominant mineralogical composition of amazonian soils.

Evaluating the suitability of the beaches for human use, the results of fecal coliforms presented high rates - expressed in fecal choliformes - reaching  $9.3 \times 10^5$  NMP/100ml of water at Bispo beach,  $2.6 \times 10^6$  NMP/100ml of water for Grande beach,  $2.1 \times 10^6$  NMP/100ml of water at Farol beach,  $1.5 \times 10^4$  NMP/100ml of water at Chapéu Virado beach,  $1.5 \times 10^4$  NMP/100ml of water at Murubira beach, while Paraíso beach presented an average of 490 NMP/100ml of water, therefore within the limit of 1000 NMP of fecal choliformes / 100ml water established by CONAMA Resolution nº 20. The results obtained confirmed a high degree of damage to certain

beaches on Mosqueiro island by means of organic sewage material, which makes these unsuitable for human recreation, for primary and secondary contact, on average 80% of the period analyzed, except Paraíso beach where total and fecal choliforme levels were not high, due to its being a location with few anthropogenic influences, therefore somewhat preserved.

From our limited studies, we observed that notable efforts in defense of the environment has allowed the utilization of estuarine waters for primary contact recreation. Monitoring of the conditions of suitability should constitute, hereforth, an indispensable goal of the sanitary authorities seeking the common good of this physiographical area.

## 1- INTRODUÇÃO

A ilha de Mosqueiro, localizada a nordeste de Belém, distando cerca de 75 Km do centro, com acesso pela BR- 316, possui 11.000 hectares de área.

Mosqueiro é um distrito da cidade de Belém. Com a construção da ponte Sebastião R. de Oliveira que liga Mosqueiro a Belém, a freqüência de suas praias aumentou consideravelmente, assim como a expansão das áreas ocupadas através de loteamentos de extensas glebas de terra. A ilha recebe intensa pressão antrópica resultante da grande população flutuante ( 8 vezes a fixa ) que a ela aflui, principalmente nos períodos de temporada e durante o mês de julho ( início do verão ).

Considerando a poluição ambiental que se manifesta no estuário guajarino, em conseqüência do processo de urbanização crescente e desordenado na região metropolitana de Belém (PA), deve-se esperar que as praias de areias brancas que se estendem pelo litoral da ilha de Mosqueiro, venham sofrer influência destas manifestações antropogênicas.

Sendo a ilha de Mosqueiro, um dos balneários mais importantes do Estado do Pará, o qual possui excelente estrutura viária e de hospedagem é de suma importância a realização de pesquisas químicas, imunológicas e microbiológicas, que visem o conhecimento mais realista das modificações ambientais, correlacionando o quimismo predominante nessas águas com suas prováveis origens antrópicas ( possivelmente oriundas dos canais de drenagem que deságuam diretamente nas praias ). Para tal, comparar-se-á, a qualidade dessas águas com outros ecossistemas similares já estudados e com áreas algo mais preservadas, com baixa densidade ocupacional.

Com a finalidade de se reconhecer a problemática da área serão abordados vários aspectos ligados à ilha de Mosqueiro como as características hidroquímicas, situação bacteriológica das

águas que banham as praias, a caracterização imunológica preliminar do ecossistema considerado, interpretação geoquímica e um estudo orientativo preliminar sobre acumulação de contaminantes químicos selecionados no ambiente natural através dos sedimentos de fundo das praias, procurando com isso, dar-se uma visão geral do ambiente em que a área em estudo está situada.

Tais dados permitirão, por certo, obter-se um quadro geral da qualidade ambiental litorânea, em termos de balneabilidade de suas praias, oferecendo subsídios de relevada importância aos órgãos governamentais responsáveis por ações que possam manter sua qualidade ou melhorá-las quando for o caso, assim como divulgando resultados para pleno conhecimento das autoridades públicas e da comunidade em geral, para que seja adotada uma política ambiental de preservação de ecossistema estuarino.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO NATURAL

#### 2.1.1 - Histórico

Os selvagens localizados na ilha ( tupinambás ) viviam da caça e da pesca, sendo esta abundante em toda a costa norte e nas baías de Santo Antônio e do Sol, que limitam-na a oeste e a leste, respectivamente. No processo de conservar o peixe, isto é, de moqueá-lo ( o que ainda hoje se faz pela gente do povo para manter durável o resultado de seu trabalho na exploração do rio ), admite-se como hipótese que, nas belas praias mosqueirenses, o silvícola afetava esse serviço de moqueio do peixe para conservá-lo até seu transporte à cidade de ( Belém ) onde era negociado. Dessa atividade primitiva, surgiria a expressão para a “ilha de moqueio” que, através dos anos, transformar-se-ia em “ilha de Mosqueiro” (ROCQUE, 1968).

A ilha de Mosqueiro pertence ao patrimônio de Belém, pela Lei nº 753 de 26 fevereiro de 1901, no governo de Augusto Montenegro (Palma Muniz citado por MEIRA FILHO, 1978).

#### 2.1.2 - Situação geográfica e limites

A ilha de Mosqueiro situa-se na região Guajarina do norte do Estado do Pará entre as latitudes  $1^{\circ}4'11''N$  e  $1^{\circ}13'42''S$  e longitudes de  $48^{\circ}19'20''W$  GrW, e  $48^{\circ}29'14''W$  GrW. Limita-se a oeste com a baía do Sol; no lado ocidental encontra-se a ilha de Colares e do lado oriental a ilha de Caratateua, conforme ilustra Figura 01.

Segundo MEIRA FILHO (1978) altitude média acima do mar é de 15 metros. Abrange uma faixa de 11.000 hectares; dista cerca de 75 Km da capital paraense. Seu acesso a partir de Belém é feito pela BR-316 (Pará- Maranhão) até o entroncamento com a rodovia Estadual PA-391(Figura 02).

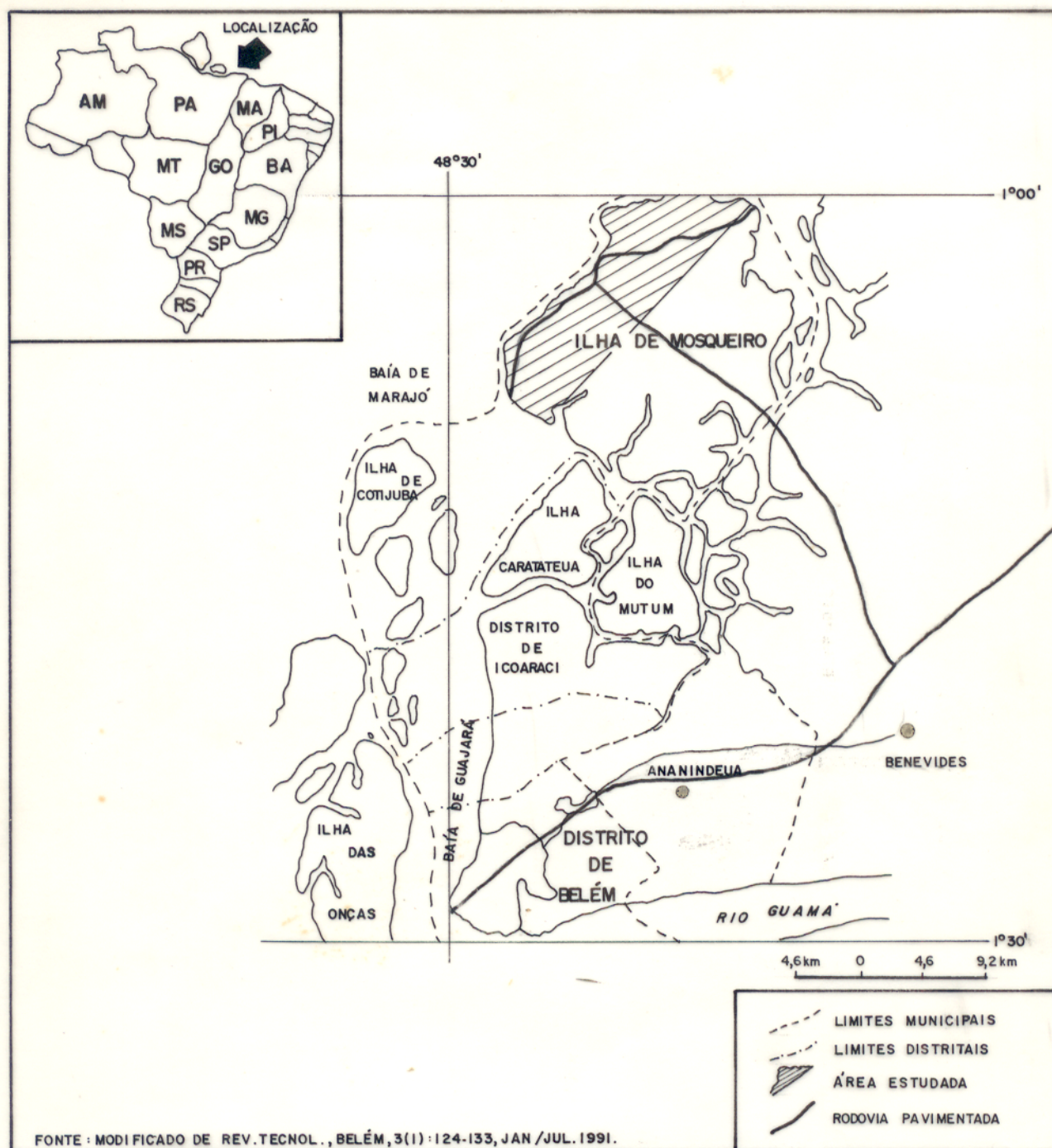


Figura 1 - Mapa de localização da área fisiográfica da Ilha de Mosqueiro (PA) no contexto regional.

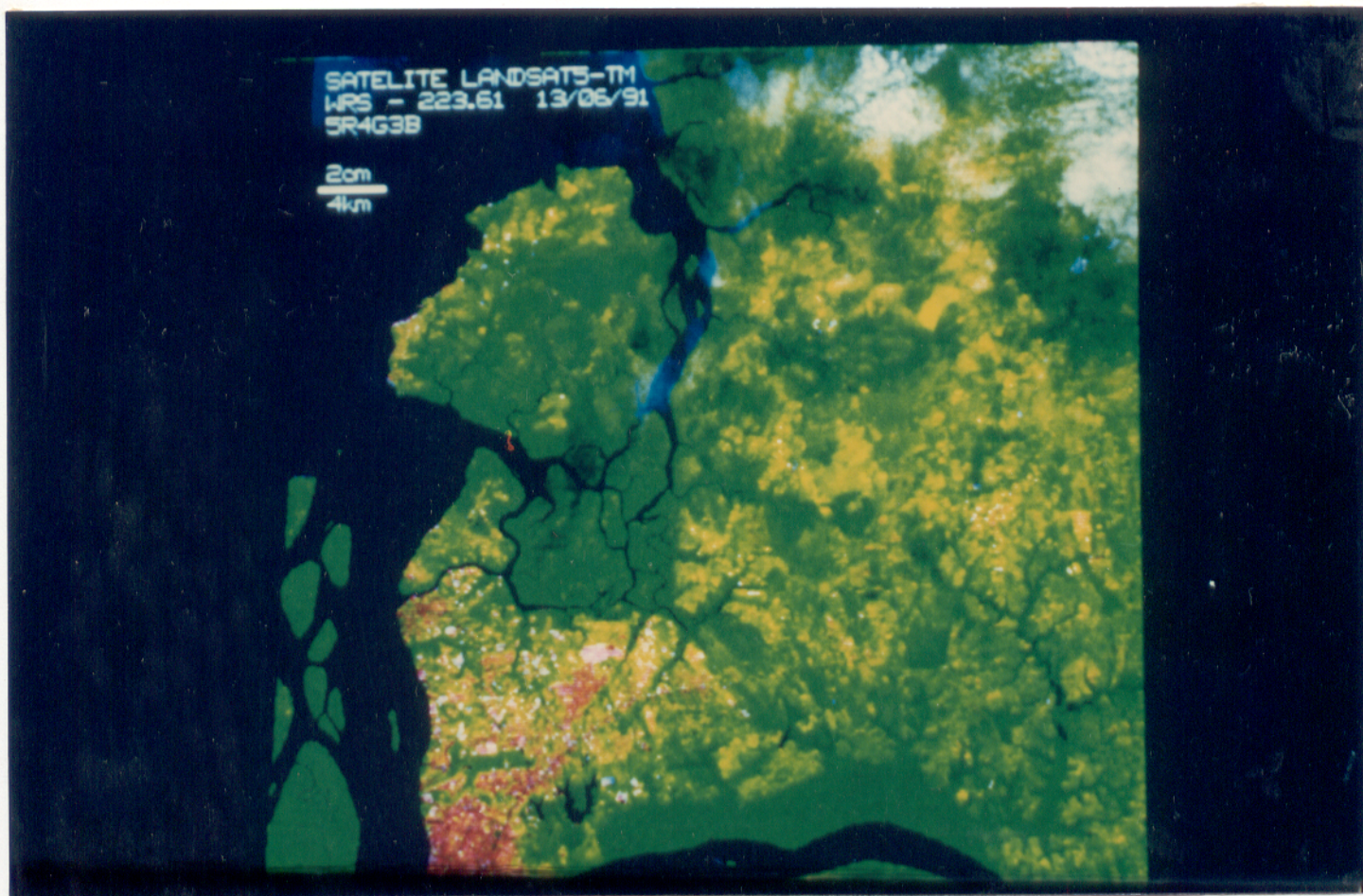


Figura 02 - Imagem de satélite ( Landsat - TM5 ). Observe-se a ocupação do espaço físico. Abaixo, a Região Metropolitana de Belém (PA); na ilha de Mosqueiro (acima, à esquerda) a ocupação da orla litorânea, desde a vila de Mosqueiro até a baía do Sol. (Fonte: SUDAM, 1991).

### 2.1.3 - Clima

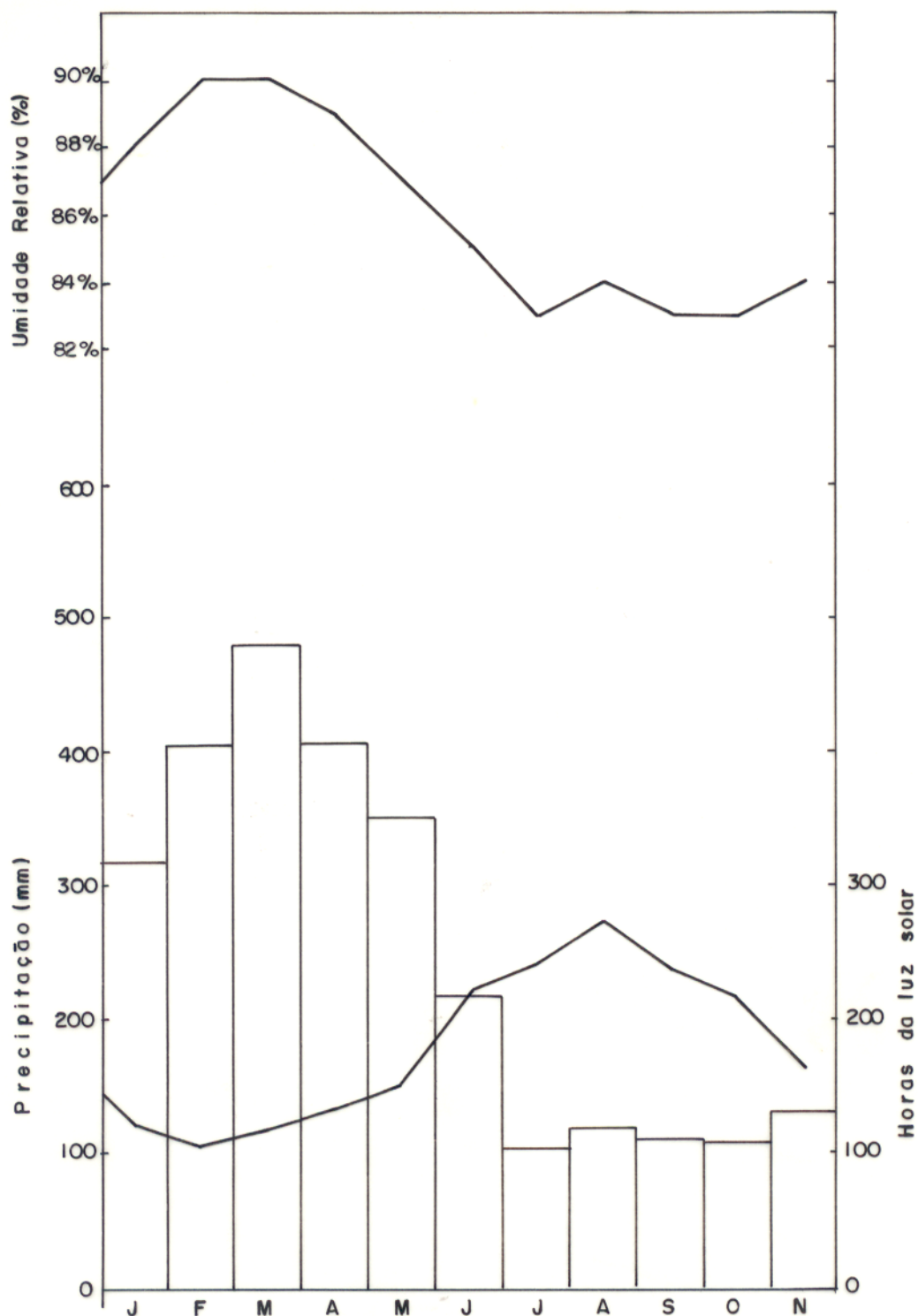
Belém situa-se numa das áreas mais chuvosas do Brasil, com índices anuais superiores a 2000mm e notabiliza-se pela sua isoterмия, apresentando amplitude térmica anual em torno de 1,0<sup>o</sup> C a 3,0<sup>o</sup> C. Possui dois períodos bem definidos, o mais chuvoso e o menos chuvoso, mais ou menos acentuados e invadindo em parte um ao outro, conforme o ano, o primeiro é denominado INVERNO TROPICAL, que vai de Dezembro ou Janeiro e tem a duração de cinco ou seis meses, sendo o mês mais chuvoso Março ou Abril. O período menos chuvoso abrange os demais seis meses do ano (PENTEADO, 1967).

A umidade relativa do ar, sempre superior a 80%, favorece a formação de chuvas de convecção local, processo que se evidencia após insolação máxima diária, “durante a tarde ou princípio da noite” (NECHET, 1984).

Essas características lhe conferem a classificação climática do tipo Af, que corresponde ao clima quente-úmido segundo a classificação de Koppen.

Segundo dados da estação meteorológica do Ministério da Agricultura - INMET, durante o ciclo hidrológico de 1993, a média anual de temperatura é igual a 26,3<sup>o</sup> C, com pequenas oscilações mensais durante o ano, determinando ambiente praticamente estável, sem ocorrência de meses quentes e frios. A Figura 03 mostra as condições climáticas de Belém, no ano de coleta desse trabalho de acordo com os dados fornecidos pelo INMET.

A maior concentração das chuvas ocorreu nos meses de Fevereiro a Abril, atingindo o pico máximo em Março. O período menos chuvoso ocorreu de Julho a Novembro, no qual se verificou as maiores concentrações de insolação durante o ano e conseqüentemente as menores registros de umidade relativa.



**Figura 3 - Diagrama de clima de Belém no período de janeiro à novembro de 1994 (dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET).**

#### 2.1.4 - Vegetação

A vegetação primária da ilha é constituída de Floresta Primária Perenifolia. Este tipo de vegetação pode ser subdividido em dois subtipos que estão condicionados ao tipo de relevo da área (SILVA, 1975).

As florestas situadas nos Terraços Aluviais Pleistocênicos são constituídas de espécies arbóreas de porte elevado, formando estratificações com espécies de menor porte. Encontram-se plantas epífitas e cipós que também são responsáveis pelo adesamento da floresta. Como espécies integrantes desse tipo de vegetação citam-se tachi (*Tachigalia mymercofila*), piquiá (*Tetragastris altissima*), jutaí (*Hymenae oblongifolium*), jatarena (*Eschweilera corrugata*), matamatá (*Eschweilera odora*), breu branco (*Protium spp*), ingá (*Ingá spp*), acapurí (*Pogonophora achomburgkii*), etc..

Na planície Aluvial de Inundação, a floresta apresenta uma fisionomia diferente: a maioria das espécies são de porte médio, hidrófilas. É também denominada de “Floresta de Várzea”. As principais espécies que integram são conhecidas como: andiroba (*Carapa guianensis*), pracauba (*Mora paraensis*), taperebá (*Spondias lutra*), açacu (*Hura creptons*), samaúma (*Ceiba pentandra*), cachinguba (*Ficus pulchella*), açai (*Euterpe oleracea*), ucuuba (*Virola surinanmensis*), matutí (*Pterocarpus amazonicus*).

Nas áreas de maior influência salina encontra-se uma vegetação conhecida como mangue cujas principais espécies são: tamanqueiro (*Tagara rhoifolia*), mangue vermelho (*Thizophora mangle*), siriúba (*Avicenia nítida jacq*), mangue rama (*Laguncularia racemosa*).

Encontram-se também áreas de vegetação secundária denominada de “capoeira”. As plantas dominantes desse tipo de vegetação são as seguintes: embuabeiras (*Secropia spp*), louro (*Ocotea nobilis*), ingá (*Ingá heterophila*), lacre (*Vismia spp*), etc..

### 2.1.5 - Geologia e Hidrografia

A geologia predominante na Região Metropolitana de Belém (PA) corresponde aos terrenos constituídos de rochas sedimentares, sobrejacentes a um substrato gnáissico. Esse pacote sedimentar pertence à Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas, e pode atingir mais de 4000 m de espessura (PROJETO RADAM, 1974; IDESP, 1980). Também nessa área fisiográfica se desenvolvem, entre outros, os depósitos terciários de Formação Pirabas e do Grupo (Formação) Barreiras, bem como os depósitos quaternários da Formação Pará (SIOLI, 1967; ACKERMANN, 1969; PROJETO RADAM, 1974).

O Grupo (Formação) Barreiras apresenta uma extensa variedade de tipos litológicos, que variam de argilitos a conglomerados. Em geral, predominam arenitos finos e siltitos, bem estratificados, nas cores vermelha, amarela, branca e roxa, com camadas de arenito grosseiro e conglomericos (PROJETO RADAM, 1974).

GÓES (1981) define sedimentos Barreiras ao conjunto heterogêneo de sedimentos constituídos por conglomerados, arenitos argilitos pouco consolidados, moderados e mal selecionados, predominante sem estratificação, com concentrações arenitos ferruginosos (grés do Pará). A pesquisadora subdivide tais sedimentos em três litofáceis:

- litofáceis conglomerática - corresponde a base do complexo, contendo componentes quartzosos sustentado por um abundante matriz de areia grossa, argilosa, seixo mal selecionados e pouco trabalhados, fragmento de rocha metamórficas e graníticas;

- litofáceis argilo-arenosa - consiste de camadas argilo-arenosa e areno-argilosas, apresentam coloração variadas, pouco plásticas e maciças;

- litofáceis arenosa - corresponde ao topo de complexo, constituída de arenitos amarelados, de granulação média, mal selecionados, com grânulos de seixo mal selecionados.

A Formação Pirabas ocorre no estado do Pará nas zonas fisiográficas do Salgado e Brangatina, sobre a Plataforma Continental, em toda a faixa litorânea, estendendo-se ao longo da Plataforma do Amapá, do Maranhão e do Piauí. De origem marinha, é a Formação Pirabas constituída por calcário (predominantemente, fossilífero) associado a margas e folhedos (FERREIRA, 1982).

Estudando a geologia de Belém e adjacências, notadamente na área do estuário guajarinó, PINHEIRO (1987), com base nos estudos geológicos anteriores, realizados por diversos pesquisadores, propôs uma coluna estratigráfica, na qual correlaciona os sedimentos da região do porto de Belém com a topossequência “Pós-Barreiras”, esta com idade provável compreendida entre o Pleistoceno e o Holoceno Inferior a Médio (Figura 04).

Dentre os trabalhos geológicos realizados na ilha de Mosqueiro é interessante salientar o estudo pioneiro de KATZER (1933), posicionando-a, estratigraficamente, como pertencente ao Quaternário.

Em estudos na região ACKERMANN (1969) identificou a presença de sedimentos pertencentes à “série Barreiras” na estrada de rodagem que vai para o porto de embarque na ilha de Mosqueiro.

SÁ (1969), com bases em estudos anteriores realizados por outros pesquisadores, descreve sedimentos naquela área como pertencentes ao Grupo (Formação) Barreiras e Pós-Barreiras.

Estudos estratigráficos realizados ao longo da orla costeira da ilha de Mosqueiro por BORGES & ANGÉLICA (1986) e COSTA & ROBRINI (1992), possibilitaram a divisão dos sedimentos da base ao topo em 3 camadas distintas (Figura 05):

- camada argilo-arenosa
- camada areno-conglomerática

- camada arenosa

Camada argilo-arenosa - predominam seqüências argilo-arenosas, de coloração esbranquiçada com “manchas” avermelhadas, amareladas e violetas ocasionadas pelos processos de intemperismo, muito comum na região. Na baixamar, observa-se a exposição dessa camada em todas as praias, por quase todo o estirâncio. Onde a camada não aflora há deposição de areia, caracterizando as praias, resultantes do retalhamento das próprias falésias (BORGES & ANGÉLICA, 1986).

Camada areno-conglomerática - constituídas de conglomerados oligomíticos, dispostos em blocos e ou colunas, com matriz composta por material arenoso de granulação variando em média a grossa e por algum material argiloso, os seixos presentes são de grãos de quartzo subarredondados com dimensões centimétricas (COSTA & ROBRINI, 1992).

Sobreposta a camada areno argilosa e areno-conglomerática, identifica-se um nível de concreções ferruginosas correlacionados aos possíveis paleopavimentos definidos por Bigarela citado por GÓES (1981).

Camada arenosa - compõe-se de sedimentos arenosos, e até microconglomeráticos. Apresenta coloração amarelada marcante com níveis mais esbranquiçados. Não apresenta estrutura sedimentar relacionados. Ocorre sobreposta a camada areno-conglomerático localizada no topo de todos os perfis da área. No topo desta unidade observa-se geralmente gradação para um solo pedogenético, rico em húmus, de coloração escura a amarronzada devido a grande concentração de vegetação com espessura variando de 5 a 40 cm. (BORGES & ANGÉLICA, 1986).

As camadas argilo-arenosa e areno-conglomerática, apresentam características semelhantes a litofáceis argilo-arenosa, enquanto a camada arenosa assemelha-se a litofáceis arenosa, descrita por Góes citado por BORGES & ANGÉLICA (1986).

Ainda segundo BORGES & ANGÉLICA (1986) as camadas argilo-arenosas apresentaram em análises mineralógicas abundância de quartzo, caolinita, goethita aluminosa, hematita, além de illita e feldspatos. Destes minerais, goethita, hematita e em parte coalinita são frutos da laterização.

Fisicamente, a ilha de Mosqueiro pode ser dividida em duas seções fisiográficas principais (SILVA, 1975; COSTA & ROBRINI, 1992):

1. Terraços Aluviais Pleistocênicos - Ao norte - nordeste, apresentam-se praticamente planos, com altitudes entre 15 - 25 m, representam 2/3 da superfície da ilha. Constituem-se de sedimentos arenosos, siltosos e argilosos coaliniticos pertencentes à Formação Pará.
2. Planície Aluvial de Inundação- Ao sul-sudeste, sendo localmente denominadas de várzeas. São áreas planas com altitudes entre 5 e 10 metros. Constituída de sedimentos argilosos e siltosos pouco desenvolvidos pertencentes à Formação Atual ou Holocêno.

A linha da costa é caracterizada por falésias e praias, que, associadas, formam as “pontas” e as “enseadas” (COSTA & ROBRINI, 1992).

A ilha de Mosqueiro tem a forma relativamente quadrangular avançada para a baía de Marajó e côncava em relação ao continente. Na face do litoral norte, em sua linha longitudinal, da baía do Sol ( lado ocidental da ilha de Colares ) à baía de Guajará (lado oriental da ilha de Caratateua) é constituída de uma série de praias onde se destacam a do Areião, do Bispo, Grande, do Farol, Chapéu Virado, Murubira, Ariramba, São Francisco, Carananduba, Maraú, Paraíso, Conceição (Grande), Bacuri e Fazenda já fronteiras a Colares, ao lado oriental de Mosqueiro.

A extensa rede hidrográfica que cobre a ilha de Mosqueiro (CODEM, 1991), é composta por uma gama de recursos hídricos abaixo relacionados (Figura 06).

rio Cajueiro- no quadrante noroeste da ilha de Mosqueiro, afluindo para a baía de Marajó ;

rio Carananduba- também na porção noroeste da ilha de Mosqueiro afluindo para a baía de Marajó, com um percurso mantido na direção sudoeste;

igarapé Sucurijuquara- no quadrante nordeste da ilha de Mosqueiro, com percurso geral no sentido norte noroeste, deságua na baía de Marajó;

igarapé Itapora- na porção nordeste da ilha de Mosqueiro, percorre em direção ao leste e desagua na baía do Sol;

igarapé Muriaçu- do quadrante nordeste da ilha, com percurso geral na direção leste, deságua no furo das Barreiras;

igarapé Pau-Amarelo- do quadrante sudeste da ilha de Mosqueiro, flui em direção ao sul até confluir no rio Pirajussara;

rio Pirajussara que após receber a contribuição do igarapé Pau Amarelo continua em direção ao sul, até desaguar no furo das Marinhas.

rio Guamá- principal coletor da Região Metropolitana de Belém contribui para baía de Guajará, seu principal receptor hídrico;

rio Marí-Marí- no quadrante sul da ilha de Mosqueiro, fluindo no sentido geral do norte para sul até desaguar na baía de Santo Antônio, após ter recebido as contribuições dos igarapés Tucumandeu, Aracairu, Marí-Marí, Castanhal, Santo Antônio e do furo Marueia;

rio Pratiquera - também na porção sudoeste da ilha de Mosqueiro, deságua na baía de Santo Antônio após ter recebido as confluências do rio Murubira, dos igarapés Tamanduá, Caruaru,




Tupiapanema e do furo do Engenho, mantendo percurso geral no sentido de nordeste para sudoeste.

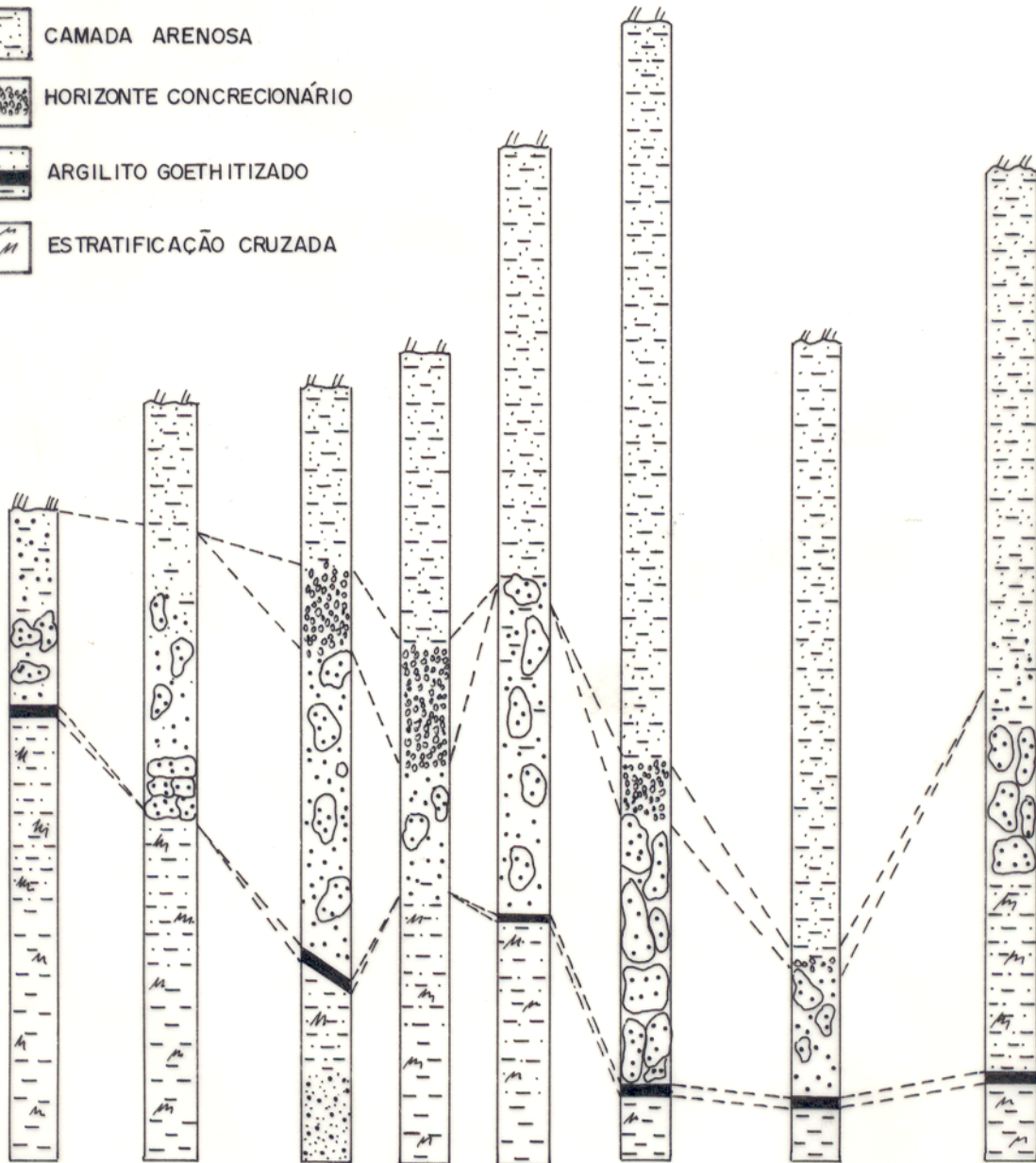
UNIDADE	PROFUNDIDADE	ID A D E		Descrição Sucinta
GRUPO BARREIRAS	0 a 40 - 50 m	Quaternário	10.000 a 4-5.000 anos AP ao Recente	Argilas siltosas e areias quartzosas sem matéria orgânica.
			10.000 a 15.000 anos AP	Siltos, argilas, areias finas a medias com siltos. Siltos argilosos com grânulos e blocos de arenito ferruginoso.
			16.000 a 2.5 M.A.	
	0 a 100-150m	Terciário Superior		Siltos argilosos com níveis de arenito ferruginoso, argila cinza clara, areias avermelhadas variadas e lateritas.
FORMAÇÃO PIRABAS	entre 76 e 100-120m	Oligo-Mioceno		Areia argilosa cinza escura, grossa a muito grossa, subangular com grãos arredondados a subarredondados. Macro e microfósseis (foraminíferos), briozórios, moluscos, corais, fragmentos de ossos, etc.

Figura 4 - Coluna estratigráfica esquemática para a região de Belém e adjacências.

Fonte: PINHEIRO, 1987.

**LEGENDA**

-  CAMADA ARGILO-ARENOSA
-  CAMADA ARENO-ARGILOSA A  
ARENO-CONGLOMERÁTICA
-  CAMADA ARENOSA
-  HORIZONTE CONCRECIONÁRIO
-  ARGILITO GOETHITIZADO
-  ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA



ESC. VERTICAL 1:20  
ESC. HORIZONTAL 1:1000

Figura 05 - Perfil da Praia do Paraíso. Compilado de BORGES & ANGÉLICA, (1986).

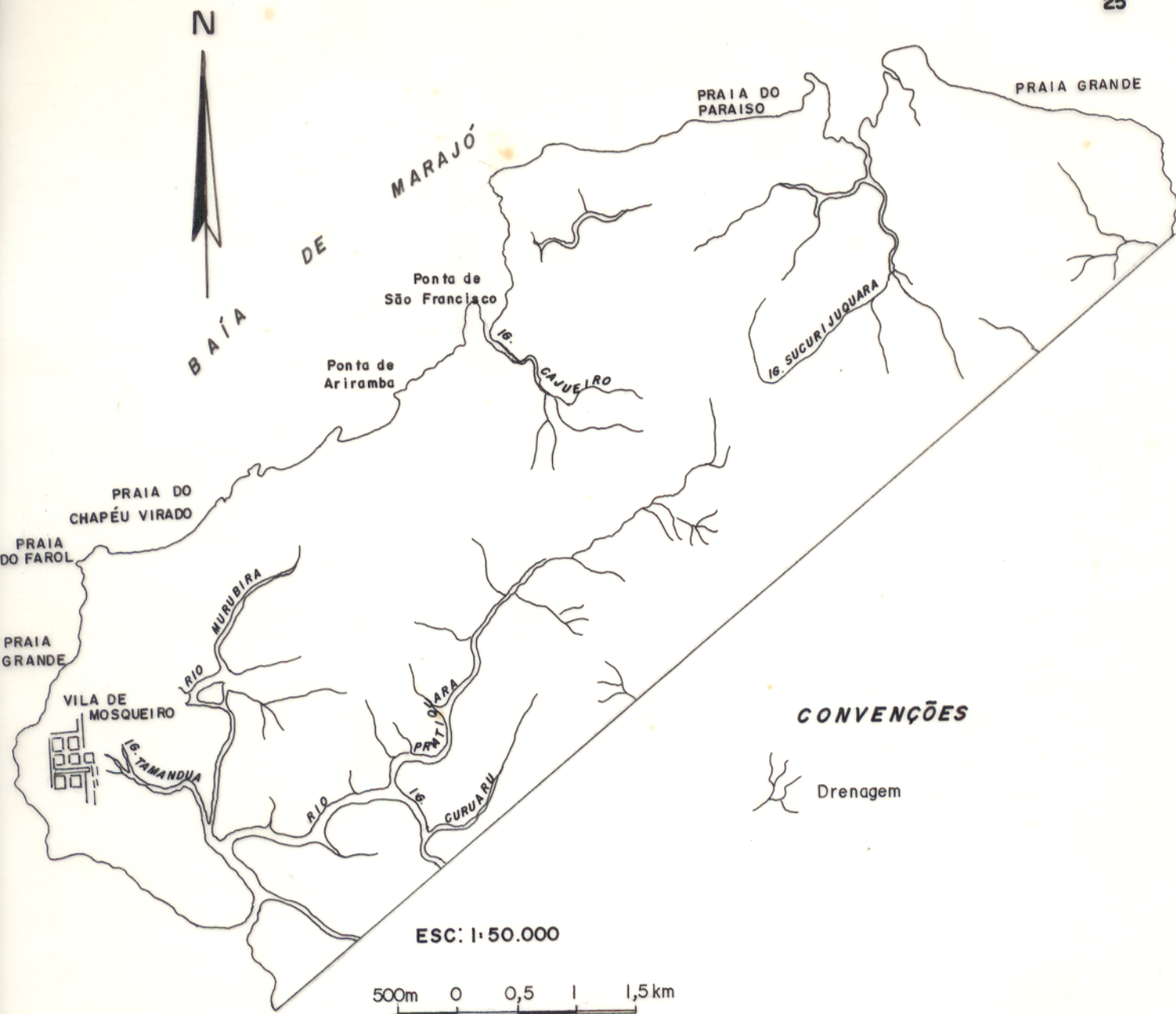


Figura 6 - Mapa hidrográfico da área em estudo.  
Fonte: SILVA, 1975

### 2.1.6. Solos

A Formação Barreiras, formada de argilas, siltes, areias e conglomerados, foi sucessivamente meteorizada e erudida, facultando o desenvolvimento de latossolos e solos podzolizados, tanto sobre a sua superfície, como sobre as várzeas e terraços pleistocênicos, enquanto que nas depressões formaram-se os solos gley úmidos e latossolos hidromórficos (BRASIL, 1974).

Em Belém, tem-se 3 tipos de solos; solos de igapó, que são encharcados, inconsistentes e excessivamente ácidos, deficientes de drenagem natural; solos de várzeas, que apresentam má drenagem, são argilosos e úmidos, mas encharcados só no inverno, com pH próximo ao neutro na sua parte superior; solos de terra firme, que são predominantemente areno-argilosos, secos e soltos, porém lixiviados e ácidos, apresentando boa drenagem e integrando uma unidade litogenética definida- série Barreiras (MOREIRA, 1966).

A identificação dos solos da área em estudo aqui abordadas por SILVA (1975), foi feita através das características morfológicas dos perfis, complementadas por interpretação de fotos na escala 1: 25.000, obtidas pela LASA (Levantamento Aerofotogramétrico de Engenharia e Prospecções S/A). Um mapa obtido por restituição fotogramétrica, elaborado pela LASA, foi utilizado como base para a confecção do mapa pedológico (Figura 07).

O trabalho de fotointerpretação do referido autor permitiu separar a ilha em duas seções fisiográficas principais: a) Terraços Aluviais Pleistocênicos, b) Planície Aluvial de Inundação.

-Terraços Aluviais - Possuem baixa fertilidade natural, situam-se em relevo praticamente plano sob vegetação floresta tropical perenifolia. São representados pelas seguintes classes de solo:

### LATOSSOLO AMARELO ÁLICO

Compreende solos minerais não hidromórficos, profundos a muito profundos, bem drenados. Em sua composição granulométrica há predominância de areias, grossas e finas.

### AREIA QUARTZOSA ÁLICA

São solos minerais não hidromórficos, normalmente profundos, com baixo teor de argila, bem drenados e excessivamente desgastados. A sua ocorrência predomina em pequenas manchas, associados ao latossol amarelo. São derivados de sedimentos areno-quartzosos de formação Barreiras.

### CONCRECIONÁRIO LATERÍTICO ÁLICO

São solos que apresentam grande e média profundidade, encontram-se associados com o latossol amarelo, diferenciando-se pela presença acentuada de concreções ferruginosas, em todo o perfil. São constituídos de sedimentos argilo-arenosos da formação Barreiras.

### PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO

São solos medianamente profundos, moderadamente drenados, formados a partir de sedimentos argilo-arenosos de Pleistocênio. Esta classe de solos ocupa pequena extensão da área estudada, está associada com o latossol amarelo álico de textura média.

### PODZÓLICO HIDROMÓRFICO

São solos minerais muito arenosos, mal drenados, de coloração escurecida pela presença de matéria orgânica. São desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos, referidos ao Terciário e Quaternário. Apresentam-se associados às unidades areia quartzosa latossólica e latossolo amarelo. Sua maior concentração está nas várzeas da Baía do Sol, especificamente, nas margens do rio Sucurijugara.

- Planície Aluvial de Inundação- Possuem fertilidade natural média, situam-se em relevo plano, sob vegetação floresta tropical perenifolia de várzea. Os solos encontrados nesta seção fisiográfica são os seguintes:

#### GLEYS POUCO HÚMICOS

Solos originados de sedimentos aluviais recentes de natureza argilosa de argilo-siltosa. São solos pouco profundos, com lençol freático próximo à superfície, mal drenados, com camadas mais ou menos estratificadas. Predominam nas margens dos igarapés.

#### SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS

Esta unidade abrange várias classes de solos com características próprias, condicionadas principalmente pela influência de água e do relevo. Encontram-se associados com os solos gley pouco húmicos.

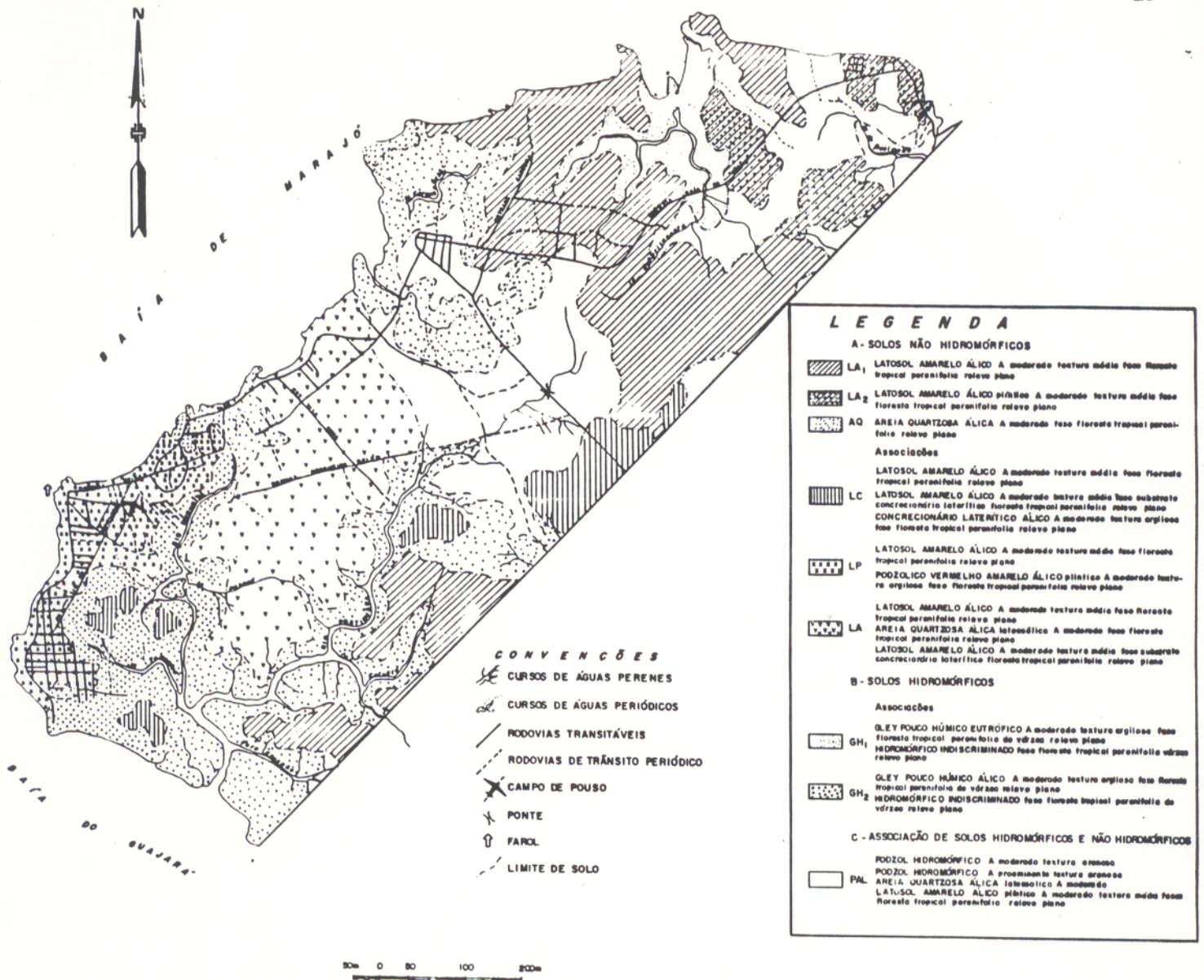


Figura 07 - Mapa pedológico da área de estudo.

### 2.1.7. Estuários Guajará e Marajó

Segundo SIOLI (1951), os rios da Bacia Amazônica podem ser subdivididos em três grandes grupos, que, naturalmente, estão ligados entre si por tipos intermediários. Os grupos estão abaixo relacionados.

1. Rios de “água branca”- apresentam águas com coloração turva , barrenta, amarela, como exemplos deste grupo temos o Amazonas como rio Solimões, e o rio Madeira que tem suas cabeceiras nas regiões andinas

Os rios de “água branca” da Amazônia exercem forte atividade de erosão que ataca as margens dos rios em sentido horizontal. Em lugares com forte erosão marginal, encontramos os chamados “barrancos”, beiras quadradas, mais ou menos verticais. Esses rios carregam sedimentos em direção à planície Central e os depositam nas margens, formando um terreno típico de aluvião :a várzea.

A pequena transparência das “águas brancas” indica a grande quantidade de matéria em suspensão contida nestas águas, provocando forte turvação em comparação com os rios de “água limpa” e “preta”. Tais rios apresentam pH variando entre 6,2 e 7,2.

2. Rios de” água limpa”, chamados “águas claras”- suas águas são transparentes, de cor verde, verde-amarelo até verde escuro de oliva, como exemplos temos o rio Tapajós com os seus dois formadores, rio Juruena e rio São Manoel, que descem dos maciços do Brasil Central e das Guianas. Suas cabeceiras se encontram em regiões geologicamente mais antigas, bem diferentemente das condições nos Andes. Por causa da base mais sólida, sua atividade de erosão é fraca. Pouco material de solo, suspensivo e transportável, está a disposição de tais rios. O pH varia entre 4,5 e 7,8.

3. Os rios de “água preta” - são caracterizados pela sua água marrom e transparente. A cor marrom é em decorrência do contato dessas águas com material orgânico morto, fornecido pela vegetação de igapó. O maior exemplo desse tipo de rio é o Negro.

Esses rios dispõem de quantidades mínimas de substâncias em suspensão para o transporte. Em tais rios, foram encontrados uma alta acidez (pH variando entre 3,8 a 4,9) que representa uma reduzida capacidade de tampão e, com esta, pobreza em sais dissolvidos.

As águas do baixo Amazonas apresentam um teor maior em sais dissolvidos e um pH mais alto, mais neutro do que, p.e., as águas dos grandes tributários vindos das Guianas ou do Brasil Central (SIOLI, 1951) (Tabela 1).

As baías do Guajará, Marajó e do Sol são formadas pelo rio Pará o qual, segundo PINHEIRO (1987), pode ser definido como um canal flúvio-estuarino separando a borda sul da ilha do Marajó da porção continental nordeste do Pará. Como afluentes principais o rio Pará tem, à direita, o rio Atapu, rio Tocantins, rio Acará Grande e o rio Guamá e à esquerda, o rio Arari e rio Camará, provenientes da ilha de Marajó.

Segundo LIMA (1979) os principais formadores dessa imensa calha coletiva, o rio Pará, com mais de 300 quilômetros de extensão e cerca de 20 quilômetros de largura média, são os rios: Araguaia (com 2.627 km de extensão), Tocantins (2.600 km), Capim (1.000 km), Acará (900 km), Moju (800 km), Guamá (700 km), Atapu (627 km), Jacundá (300 km), Pacajás (250 km) e Araticu (150 km).

Na região de confluência dos rios Guamá e Acará está o estuário Guajará, que em frente a parte noroeste da cidade de Belém tem a denominação local de baía do Guajará, a qual prolonga-se até próximo a ilha de Mosqueiro, onde se encontra com a baía de Marajó, tendo na sua margem

esquerda numerosas ilhas e canais, na margem direita a cidade de Belém e mais ao norte as ilhas de Caratateua (Outeiro) e Mosqueiro (PINHEIRO, 1987).

No estuário Guajará, onde o atrito do fundo produz uma acentuada assimetria nas curvas de marés, a subida do nível d'água leva cerca de 5 horas em contraste com a descida que dura em média 7 horas, notadamente nas marés de sizigia, fato este comum em estuário de águas rasas (PINHEIRO, 1987).

EGLER & SCHWASSAMANN (1962) em estudo no estuário do Amazonas observaram uma grande influência das marés sobre o nível d'água. Durante o período seco, o volume no rio aumenta ou diminui, e a água, salgada recua ou avança, podendo provocar variações mais bruscas em determinados momentos do que em outros.

A ordem de grandeza e o mecanismo de penetração da água marinha, no estuário em direção oposta ao fluxo fluvial são fatores que definem o tipo de estuário (SCHUBEL, 1971).

LIMA (1979), estudando a influência do mar no rio Pará e seus afluentes, determinou as variações do teor de cloreto em um ponto na fazenda Paissandu localizada na baía do Sol na ilha de Mosqueiro e encontrou valor médio de 4 ppm nos meses de março, abril e maio o qual elevou-se subitamente para 375 ppm em junho e 677 em julho alcançando valores máximos de cloreto em torno de 1860 ppm em novembro. PINHEIRO (1987), ao estudar a condutividade no estuário Guajará, comprovou a relação dessa com conteúdo de cloreto, mostrando existir uma proporção direta com o conteúdo de cloretos ao detectar no período chuvoso valor médio de condutividade em torno de 22,0  $\mu$ mhos e no período seco a condutividade sofre grandes alterações alcançando a média de 306,4  $\mu$ mhos ( Setembro/86) a  $595 \pm 550 \mu$ homs ( Novembro/86).

SANTOS (1986 ) encontrou valores para condutividade no sistema Tocantins - Araguaia oscilando entre 18 a 60 $\mu$ homs concordantes com EGLER & SCHAWASSMANN (1962) que verificaram valores na faixa de 52 a 61  $\mu$ homs a 1300 km acima da foz do rio Amazonas.

Observando-se os resultados de condutividade elétrica obtidos por CORDEIRO ( 1987 ) em estudos durante o ciclo sazonal de 1985 evidenciou-se ocorrência de índices máximos no Mosqueiro (praia de Marauá, local muito próximo do oceano) em torno de 13000  $\mu$ s/cm no mês de agosto. No entanto, Icoaraci (na baía de Guajará) e Belém (rio Guamá, frente ao “campus” universitário) apresentaram índices máximos (1200  $\mu$ s/cm e 86  $\mu$ s/cm, respectivamente no mês de novembro, confirmando observações anteriores que a frente salina avança lentamente em direção a Belém com uma defasagem de 2 a 3 meses (Figura 08).

De acordo com o que foi abordado acima verifica-se que as águas fluviais amazônicas apresentam condutividade variando entre 18 a 61 $\mu$ homs. Valores acima desta faixa no estuário, podem sugerir a presença de águas marinhas diluídas, considerando-se que esta condutividade está diretamente ligada à salinidade ( EGLER & SCHAWASSMANN, 1962; CORDEIRO, 1987).

Os principais fatores que interagem na penetração da maré salina são as oscilações das marés, a morfologia do estuário, a vazão de água doce fluvial, a evaporação e a precipitação pluviométrica na bacia estuarina ( OTTMAN, 1968).

**Tabela 1: Parâmetros e Constituintes Químicos (em ppm) de Águas do Rio Tapajós e do Amazonas.**

ESPECIFICAÇÃO	Rio Tapajós *	Rio Tapajós **	Rio Amazonas
	P.C.	P.E.	P.C.
pH	6,50	6,65	6,90
CO <sub>2</sub> livre	3,00	0,80	7,15
CO <sub>2</sub> bicarbonatos	3,14	5,20	17,32
Manganês mg/L	0,00	0	0,00
Fe (T) mg/L	0,08	0	0,38
Cl mg/L	0,30	0,49	0,30
SO <sub>4</sub> mg/L	0,0	0,0	0,0
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/L	Traços de 0,04	0,03	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/L	0	0	0

Fonte: SIOLI (1951).

Obs: P.E. (período de estiagem), P.C. (período chuvoso), \*\* (amostra coletada em frente de Santarém), \* (amostra coletada em frente de Belterra), Fe (T)- ferro total.

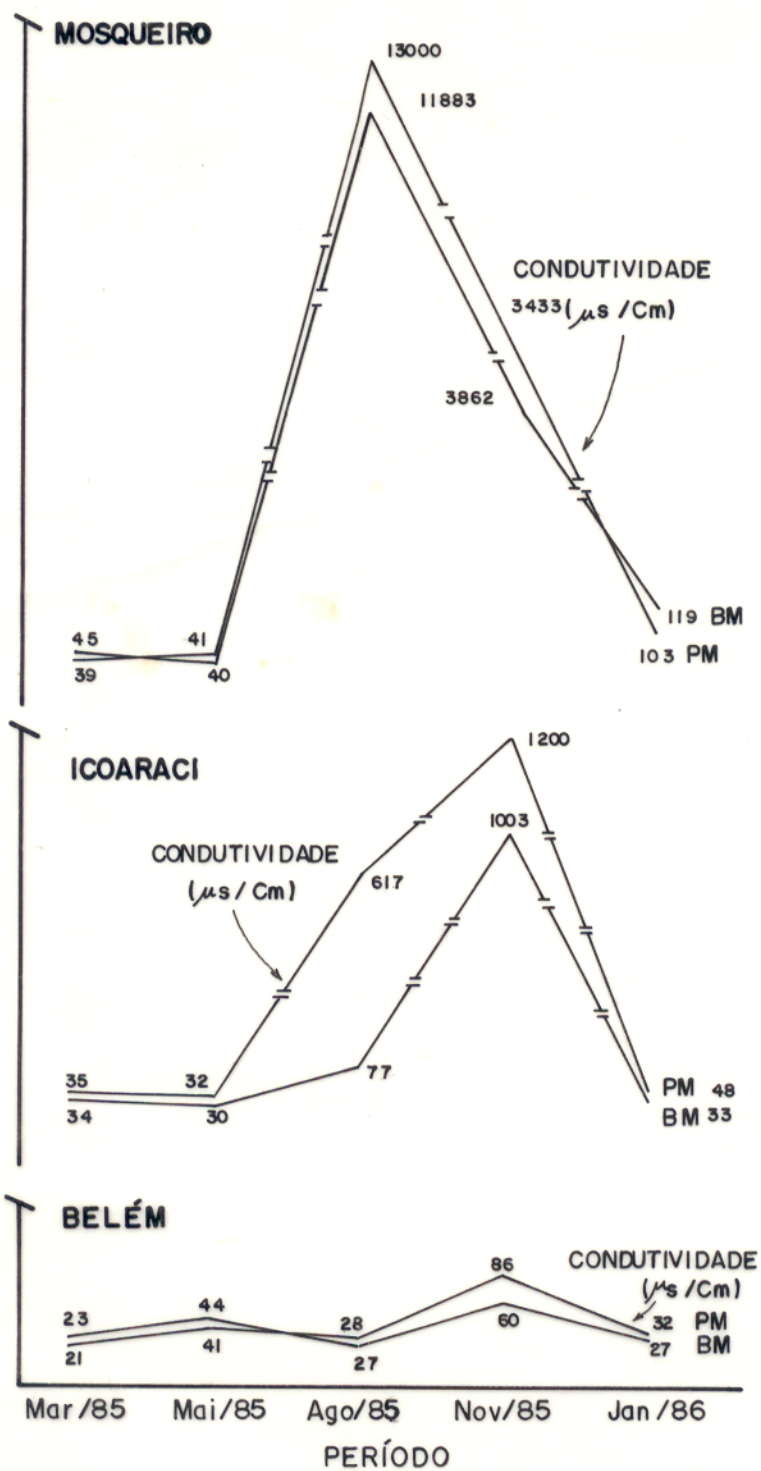


Figura 8 - Variação sazonal da condutividade elétrica em amostras de água. Fonte: CORDEIRO, 1987.

## 2.2. OCUPAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO

Entre os recursos naturais encontrados no ecossistema guajarino, mais procurados como áreas de lazer da população de Belém, têm-se as praias das ilhas de Caratateua e de Mosqueiro (IDESP, 1990).

O distrito de Mosqueiro, que corresponde a uma ilha balneária, onde reside uma população nativa na ordem de 19.386 habitantes (CODEM, 1991) e para onde se desloca periodicamente, em busca de lazer, uma parte razoável da população (algo em torno de 8 vezes a população fixa) no período de veraneio (julho), férias de fim de ano, final de semana e, mais especialmente, o domingo.

Apesar de ter sua orla totalmente ocupada, suas maiores concentrações habitacionais são encontradas nas porções mais ao sul, com a vila de Mosqueiro retendo a maior parte da população fixa (Figura 09 e 10).

O uso habitacional divide-se em população fixa e turística. Via de regra, podemos identificar como habitações de baixo padrão as da população fixa, e de médio e alto as da população turística, que ocupa 2/3 de seu litoral oeste e noroeste.

O tipo de ocupação, mais intenso ao sul que ao norte, mostra como se originou o povoamento da ilha, através do acesso fluvial de Belém. Com a construção da ponte Sebastião R. de Oliveira, a rodovia chega a um ponto médio da orla e promove o início de uma ocupação equidistante, com o alcance e adensamento das porções mais ao norte, antes exclusivamente destinadas à população fixa.

A localização desta está se dando de maneira mais acentuada, na vila, onde encontra relativa facilidade de abastecimento, algum serviço público e infra-estrutura. Nas proximidades do aeroporto, entre este e o rio Murubira observa-se outra concentração de população fixa.

Do acesso da rodovia Belém - Mosqueiro para o norte, a população fixa ainda é majoritária, ocupando as margens da estrada do Caruara, e o entroncamento desta com a estrada da baía do Sol, formando um núcleo mais adiante, junto do igarapé Sucurijuquara (Figura 11).

Sob o ponto de vista econômico, apresenta atividades desenvolvidas no setor hortícola, na extração de areia e no beneficiamento de madeira, só se destaca uma usina de beneficiamento de borracha, constituindo-se na mais importante indústria local. Todavia, merece ser feito o destaque de uma atividade típica do litoral paraense: a pesca.

O extrativismo é uma das atividades mais importantes desta ilha, devido às condições naturais da ilha e baixo poder aquisitivo, e baixo nível de vida da população que esta abriga.

Devido a abundância de rios e igarapés e a grande variedade de peixes e frutos da floresta natural, estes são ainda as principais fontes de alimentos e de renda da maior parte da população da ilha (CODEM/SEPLAN, 1980).

São cultivadas, em pequena escala, a seringueira e a pimenta-do-reino nas proximidades da baía do Sol (CODEM/SEPLAN, 1980).

O abastecimento da água para consumo público no distrito de Mosqueiro é feito parcialmente pela Fundação Nacional de Saúde (FNS), através de convênio com a Prefeitura Municipal de Belém (PMB), e parte pela Companhia de Sanamento do Pará (COSANPA).

O sistema sob a responsabilidade da FNS é constituído por um reservatório elevado de 570.000 litros de capacidade, e por oito poços com profundidades que variam de 30 a 200 metros. Recentemente, foi concluída a construção de um poço com vazão de 200.000 L/h (CODEM, 1991).

A FNS fornece água exclusivamente para a Vila de Mosqueiro e cobre aproximadamente 100% dessa área com redes.

A área da orla fluvial de Mosqueiro é atendida pela COSANPA e compreende o trecho entre as praias do Farol até Carananduba. A partir de Carananduba, não existe rede de água.

Com relação à qualidade da água, foi detectado índice elevado de ferro em um dos poços, mas foi verificado que, quando misturado com o líquido proveniente dos demais poços, o teor de ferro diminuía a níveis compatíveis para o consumo público, ficando, em análise geral, uma água de boa qualidade, requerendo somente o tratamento por meio de cloro (CODEM, 1991).

O sistema de abastecimento é constituído por uma estação elevatório com vazão de  $800\text{m}^3/\text{h}$  e de poços artesianos com vazões de 30 a  $200\text{ m}^3/\text{h}$ . A água recebe tratamento de clorificação e desferrização, pois o teor de ferro encontrado nos poços é superior ao permissível para consumo público (CODEM, 1991)

Por inexistência de Rede de Esgoto Sanitário em aproximadamente 95% de sua área, Belém encontra-se com seus recursos hídricos seriamente comprometidos por lançamentos de esgotos sanitários e pluviais com ligações sanitárias, efluentes industriais sem tratamento e ainda resíduos sólidos. O emissário final faz o lançamento sub-aquático dos esgotos sanitários, sem tratamento na baía do Guajará (CODEM, 1991).

A poluição das áreas do estuário guajarino provocada, principalmente, pela grande quantidade de matéria orgânica lançada diretamente nele sem nenhum tratamento causa a redução na percentagem de oxigênio presente na água, aumentando a proliferação de bactérias (IDESP, 1990).

O sistema de limpeza urbana do distrito de Mosqueiro, pela sua peculiaridade como balneário servido pela população de Belém, sofre alterações de acordo com o período de utilizações.

- Coleta de lixo: inclui o lixo produzido pelos domicílios, feiras, mercados, restaurantes e hotéis.

Mês de julho: 36 ton / dia.

Outros meses do ano: 4 ton / dia.

- Limpeza de praia:

Mês de julho: 48 ton / dia.

Outros meses do ano: 6,4 ton / dia

- Serviços de Varrição e Capinação:

Mês de julho: 64,8 ton / dia

Outros meses do ano: 36,0 ton / dia

A destinação final do lixo é feita a céu aberto em terrenos particulares próximos ao acesso da Rod. Belém- Mosqueiro.

Os problemas ambientais mais graves relacionados com a ocupação do espaço físico na ilha de Mosqueiro são, abaixo, resumidos. É o desmatamento indiscriminado no interior e orla da ilha, uma situação que merece atenção. São inúmeras as clareiras abertas nas cabeceiras dos igarapés, como é o caso do rio Pratiquera, nas proximidades da PA- 391, e ao longo das estradas de ligação da Vila às praias; são enormes áreas com os solos completamente nus, sujeitos aos efeitos da insolação e fortes chuvas, que provocam a erosão e transporte deste material para os rios, deixando no local enormes sulcos. A degradação dos solos, o assoreamento dos rios e o desmatamento indiscriminado, com vem sendo feito, a curto prazo provocará o desequilíbrio climático da ilha.

A expansão urbana da vila de Mosqueiro está forçando a saída dos pescadores da orla para o interior da ilha, como é o caso do igarapé Tamanduá, que foi totalmente ocupado em suas

cabeceiras e margens. A ocupação desta área cria ainda outro problema que é a insalubridade, a poluição dos solos e das águas, pois os excrementos humanos e lixo são jogados a céu aberto. Este igarapé é uma das fontes de alimentação da população mais pobre e se persistir o seu uso como depósito de lixo e esgoto sanitário, suas águas se tornarão um foco de doenças.

Com a construção da rodovia PA-391, que liga Belém a Mosqueiro, incentivou-se a construção civil e com isso a exploração de jazidas de areia e argila em diversos pontos.

Com a construção da ponte Belém-Mosqueiro acelerou-se processo de urbanização na ilha, a qual sem os rigores de uma fiscalização eficiente e um planejamento regional adequado, poderão trazer graves conseqüências para o ecossistema dessas praias.

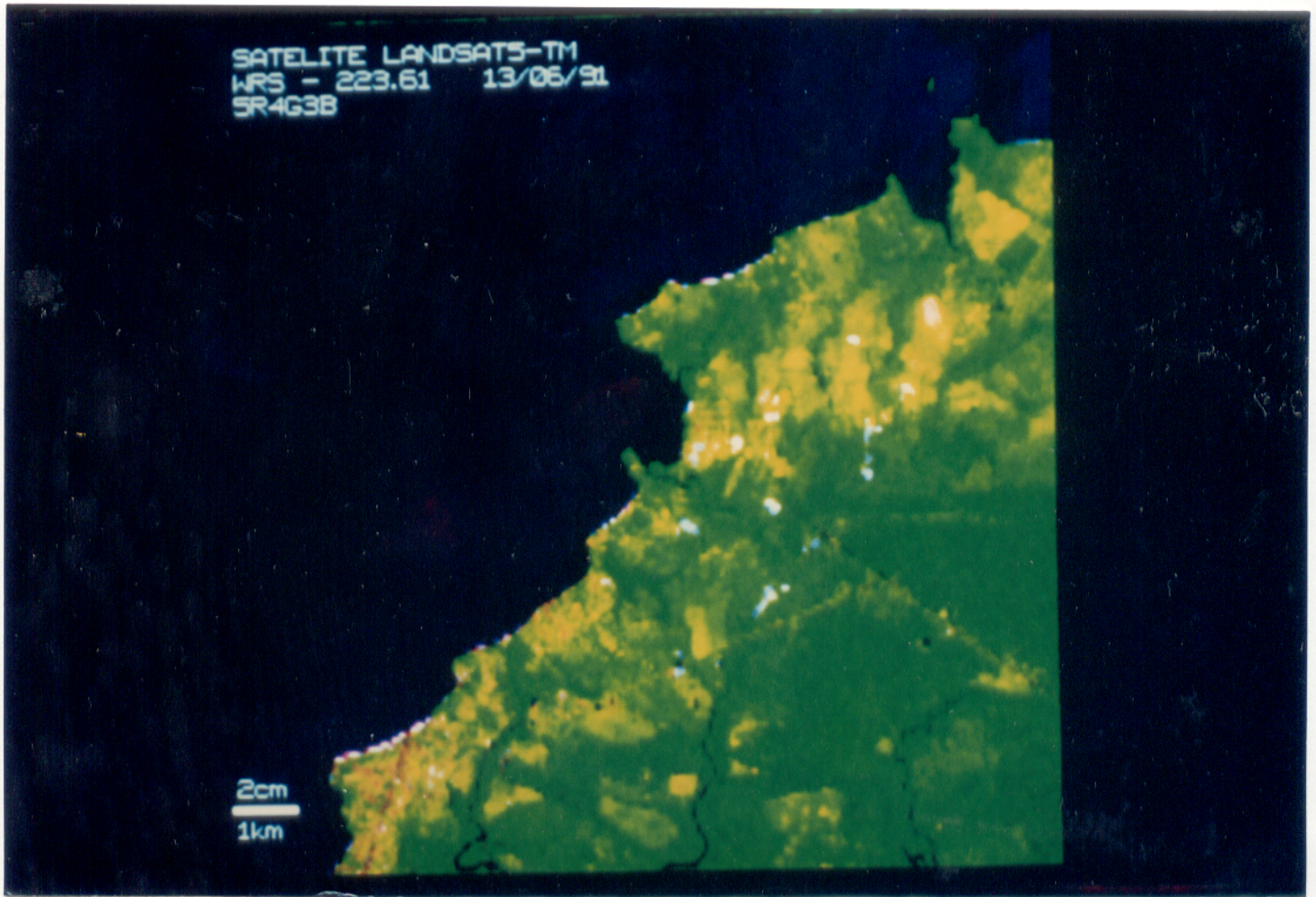


Figura.09 - Imagem de satélite ( Landsat TM5 ). Ocupação urbana na orla litorânea da ilha de Mosqueiro. Abaixo, à esquerda, a vila de Mosqueiro e adjacências até a praia do Chapéu Virado (observe-se os traçados retilíneos que cortam a floresta; são as estradas de acesso ao balneário).

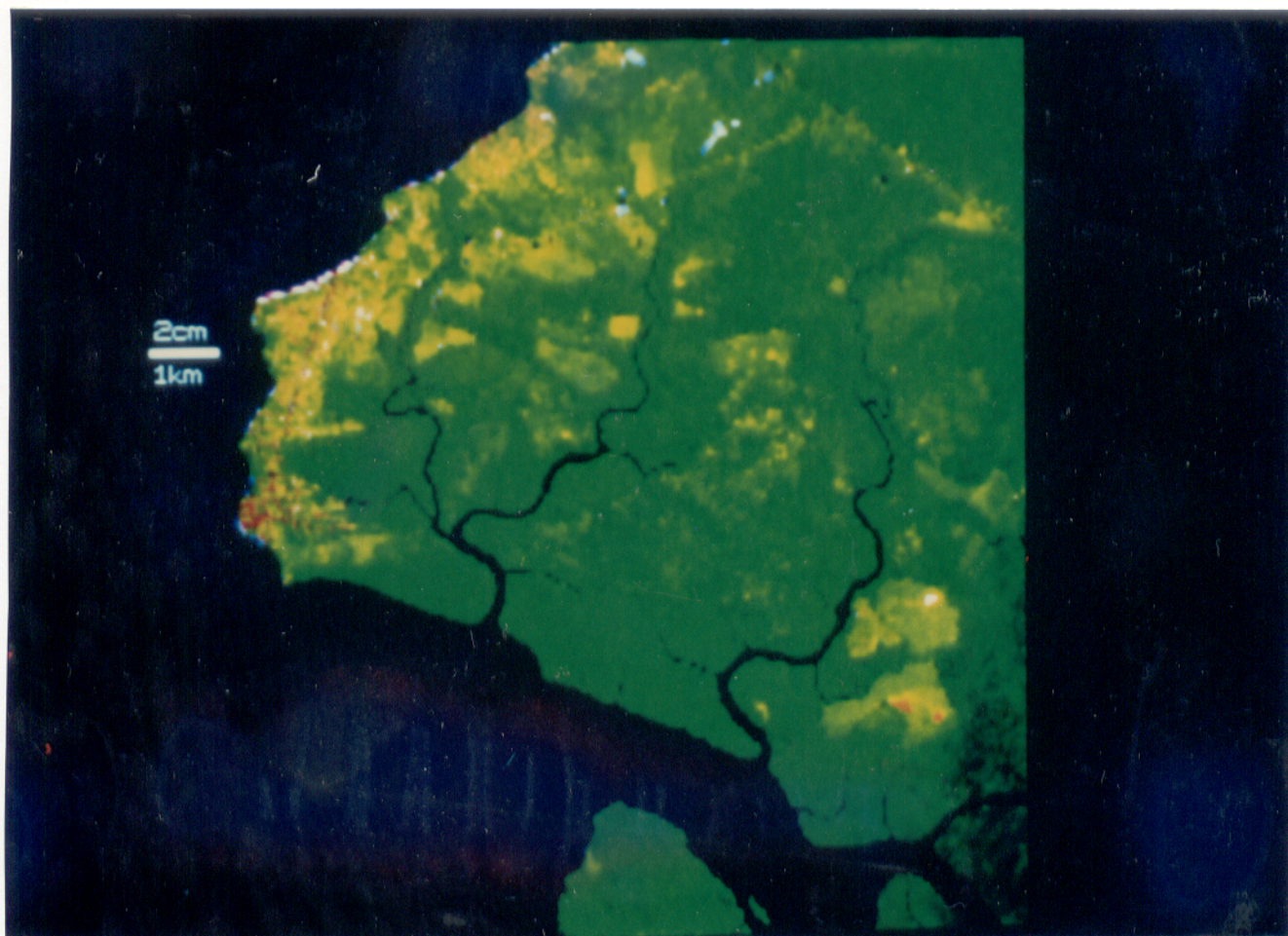


Figura 10 - Imagem de satélite ( Landsat TM5 ). Concentração urbana na orla litorânea da ilha de Mosqueiro (Fonte:SUDAM).

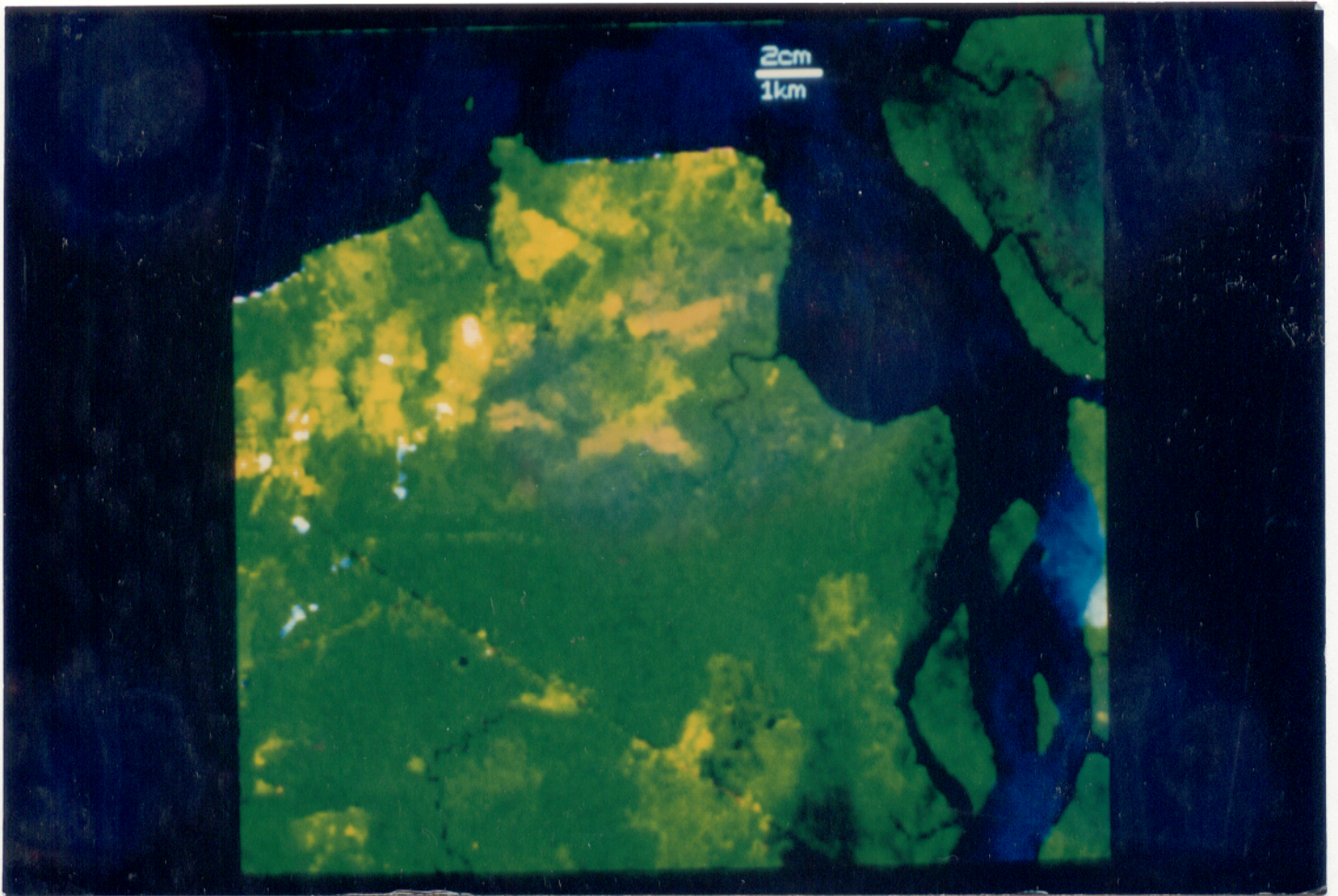


Figura 11 - Imagem de satélite ( Landsat TM5 ). Formação de núcleos urbanos ao longo da estrada da baía do Sol e interior da ilha de Mosqueiro (Fonte:SUDAM).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado periodicamente segundo uma variação sazonal, no período compreendido entre janeiro de 1994 a dezembro de 1994. A primeira etapa caracterizou um período chuvoso, onde também pôde-se observar uma elevação dos níveis d'água; a segunda etapa identificou um período de estiagem típico, sendo menor a vazão das águas fluviais.

Foram estabelecidos nove pontos de coleta representativos da ilha de Mosqueiro, sendo seis situados em praias (praia do Bispo, praia Grande, praia do Farol, praia do Chapéu Virado, praia do Murubira e praia do Paraíso), dois de “esgotos pluviais” que desembocam nas praias do Murubira e outro na praia do Bispo, e um ponto de amostragem localizado no rio Cajueiro. Os pontos de coleta foram definidos após um reconhecimento total da área fisiográfica de Mosqueiro. Visando caracterizar contrastes, selecionou-se pontos aparentemente mais preservados e pontos em locais visivelmente vulneráveis à contaminação antropogênica (Figura 12).

**Praia do Paraíso PP** - Localizado na praia do Paraíso, próximo de um igarapé que deságua na praia. A praia do Paraíso fica situada na parte norte da ilha de Mosqueiro-PA, banhada pela baía do Marajó e sob influência atlântica. Local com muito vento, margeado por vegetação abundante do tipo hiléia e algumas áreas com vegetação de palmeiras; apresenta baixa densidade populacional e um número bastante reduzido de veranistas, devido a distância do centro urbano. Trata-se de local aparentemente preservado (Figura 13).

**Praia do Bispo PB** - Situado na praia do Bispo, a 100 m do trapiche, em frente a praça Matriz. Na baixamar nota-se a presença de vegetação aquática. A praia do Bispo fica localizada na parte sul da ilha de Mosqueiro, área denominada de “vila”, onde se encontra grande parte da população fixa. Apresenta-se bastante frequentada pelos nativos da ilha e por turistas que chegam

de navio ou ônibus nos finais de semana e períodos de temporada. Nota-se nítida contaminação urbana ( esgotos domésticos ) e visíveis sinais de degradação decorrentes de barcos pesqueiros, lixo urbano e despejos orgânico (Figura 14)

Ponto PG - Situado na praia Grande, em frente ao bar Faveirão. A praia Grande fica localizada no litoral sudeste da ilha de Mosqueiro, em local alto, ficando a praia abaixo do nível do calçamento, protegida por barranco e vegetação. Freqüentada pela população local da redondeza, sem grande fluxo de turistas. Apresenta-se com visíveis sinais de influência antropogênicas provenientes de residências que deságuam seus “rejeitos” direto na praia e a presença de sanitários públicos na orla, os quais conferem a praia um visual desagradável (Figura 15).

Ponto PF - Localizado na praia do Farol, próximo ao hotel do mesmo nome. A praia do Farol fica situada no litoral oeste da ilha de Mosqueiro. Apresenta grande movimento, por ser uma das praias preferidas pela população flutuante nos finais de semana e épocas de temporada. Contribuem para essa preferência o grande número de barracas em toda sua orla e por ser uma praia com certa distância do calçamento o que propicia “banho de sol e de mar” em qualquer maré e muita arborização. Nota-se em toda sua extensão alguns canais de drenagem, que formam verdadeiros “lagos” com aspecto e odor desagradável, chegando mesmo em maré cheia misturar-se com a água da praia (Figura 16).

Ponto PCV - Situado na praia do Chapéu Virado em frente ao caramanchão. A praia do Chapéu Virado fica na parte centro da ilha de Mosqueiro. Local bastante freqüentado nos finais de semana, feriados e períodos de férias, no qual nota-se a presença de grande número de crianças brincando com areia, pois é uma praia arborizada, plana, apresentando pedras quando seca somente em determinados locais. Nas proximidades do ponto de amostragem, percebe-se

lançamento de esgoto o qual forma na praia um grande lago na baixamar, e na preamar se mistura com a água da praia (Figura 17).

Ponto PM - Situado na praia do Murubira, em frente ao hotel de mesmo nome. Situada no litoral oeste da ilha de Mosqueiro. Apresenta-se muito frequentada pela população flutuante devido a presença do hotel e o elevado número de barracas que propiciam infra-estrutura aos turistas. Percebe-se no início da extensão da praia na direção Ariramba-Murubira dois (2) “canais de drenagem” que deságuam na praia (Figura 18).

Ponto EB - Esgoto com canal de cimento, que lança efluente na praia do Bispo, às proximidades do ponto PB, com uma distância de aproximadamente 15 metros deste. Existe grande concentração urbana na área, as quais utilizam esse canal como via de despejos sanitários, exibindo um fluxo constante de águas servidas, com espuma, mau odor e cor acinzentada.

Ponto EM - Esgoto com canal de cimento, que lança seu efluente na praia do Murubira, cerca de 400m de distância do ponto PM. Apresenta aspecto e odor nauseantes com características de despejo doméstico (Figura 19).

Ponto RC - Situado no rio Cajueiro, embaixo da ponte do mesmo nome. O rio Cajueiro fica localizado na parte centro-oeste da ilha de Mosqueiro, desaguando na praia de São Francisco na confluência com a praia de Carananduba.

Nas margens desse rio ocorre intenso movimento de barcos pesqueiros, comércio de peixe, extensas favelas, bem como áreas de manguezais.

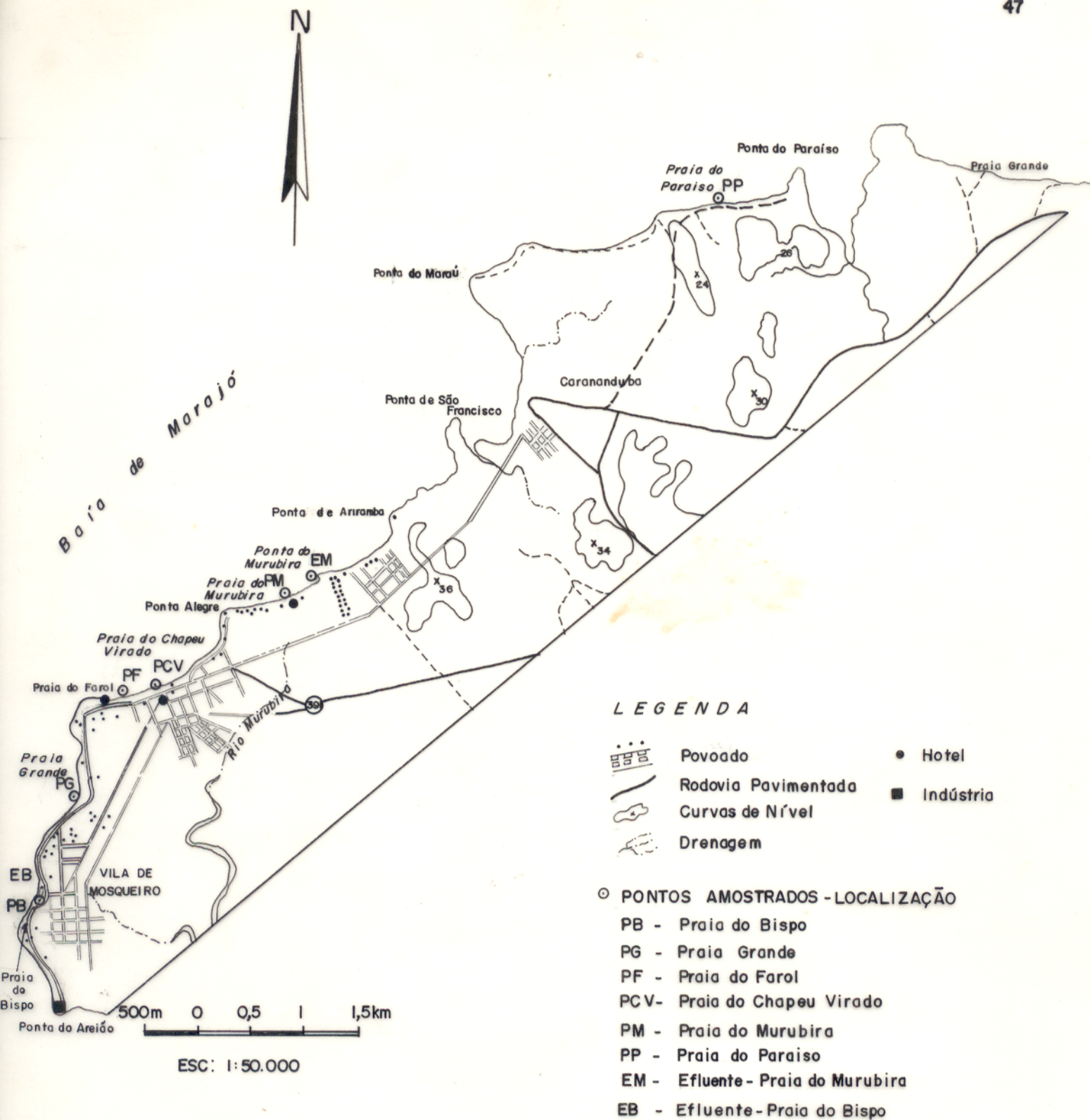


Figura 12- Mapa de amostragem.

### 3.1.1. Amostragem

A coleta de amostras foi feita sempre aos domingos de acordo com a Resolução nº 20 - CONAMA, (Conselho Nacional de Meio Ambiente) cujo art 26 estabelece que a amostragem seja nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários.

As amostras de água superficial foram coletadas na isóbata de 1 (um) metro, que representa em média a região mais utilizada para recreação.

O método de amostragem consistiu em coletar as águas do rio em garrafas de polietileno com capacidade de 2 litros na profundidade de 30 cm abaixo da superfície da água, direcionando o frasco de modo que a boca fique em sentido contrário à correnteza.

Para a determinação bacteriológica as amostras foram colhidas em frascos estéreis, com capacidade de 250 mL

No local de coleta foi medida a temperatura e descrito todas as condições do lugar e hora da coleta, evitando-se o trabalho sob chuva para não alterar as condições naturais no momento da coleta. As amostras foram transportadas imediatamente para o laboratório em caixas de isopor com gelo (as amostras destinadas para análise de oxigênio dissolvido não foram mantidas sob refrigeração). As análises bacteriológicas, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram realizadas no máximo 8 hs decorridas desde a coleta até o início das análises, os demais parâmetros foram respeitados os prazos de conservação estipulados no item 3.1.2.

### 3.1.2. Técnicas de Coleta

Os procedimentos de campo, no que diz respeito à preservação de amostras e outras recomendações, podem ser, assim resumidas (SOUZA & DERÍSIO, 1977; AGUDO, 1987):

	Tipo de Frasco	Preservação	Prazo de análise utilizado
Acidez	Polietileno	Refrig. a 4° C	24 horas
Alcalinidade	Polietileno	Refrig. a 4° C	24 horas
Cloreto	Polietileno	Não é necessário	7 dias
Cor	Polietileno	Refrig. à 4° C	24 horas
DBO	Polietileno	Refrig. à 4° C	24 horas
DQO	Polietileno	Adição de ácido sulfúrico, 2 mL p/ cada litro	7 dias
Fosfato	Polietileno	Adição de ácido sulfúrico conc. até ph < 2	48 horas
* Nitrato	Polietileno	Adição de ácido sulfúrico conc. até pH < 2, refrig. à 4° C	48 horas
Nitrogênio (orgânico)	Polietileno	Adição de ácido sulfúrico conc. até pH < 2.	48 horas
OD	Vidro tipo pirex	Refrig. adição de 2 mL de sulfato manganoso e 2mL de alcali-iodetoazida	8 horas
Sulfato	Polietileno	Refrig. a 4° C	7 dias
Turbidez	Polietileno	Evitou-se a luz	24 horas
pH	Polietileno	Refrig. a 4° C	Imediatamente
Condutividade	Polietileno	Refrig. a 4° C	Imediatamente
OC	Polietileno	Refrig. a 4° C	24 horas

## 3.2. TRABALHOS DE LABORATÓRIO

### 3.2.1. Águas naturais superficiais

#### 3.2.1.1. Parâmetros físicos, físico-químicos e bioquímicos

**pH-** determinado pelo método potenciométrico, utilizando potênciometro.

**Condutividade elétrica-** determinada, pelo método condutimétrico, utilizando condutivímetro.

**Turbidez-** determinado pelo método nefelométrico; utilizou-se o turbidímetro de Hellige; o método se aplica para determinações a partir de zero. (CETESB. N.T. L5.156, 1978).

**Cor-** determinado pelo método colorimétrico, com Aqua-Tester Hellige, faixa de aplicação de 1 a 500 mg Pt/L (CETESB.L5.117, 1978).

**Temperatura-** determinado “in loco”, utilizando termômetro de mercúrio.

**Acidez-** utilizado o método volumétrico pela titulação com o hidróxido de sódio, usando fenolftaleína como indicador (RODIER, 1981).

**Alcalinidade-** utilizou-se o método volumétrico pela titulação total com ácido sulfúrico, usando como indicador a fenolftaleína e o metilorange (RODIER, 1981).

**O<sub>2</sub> dissolvido**- determinado pelo método titrimétrico de Winkler com a modificação pela azida sódica; o oxigênio oxida os sais manganosos em sais mangânicos, que são titulados indiretamente por tiosulfato de sódio (CETESB.N.T.L5.169, 1978).

**Nitrogênio orgânico total**- determinado pelo método do fenato, pela digestão em conjunto, utilizando balão de Kjeldahl; a intensidade do complexo azul de indofenol é formado pela reação de amônia, hipoclorito e fenol, catalizado com nitroprussiato de sódio; a leitura foi feita em espectrofotômetro PM6- Zeiss,  $\lambda = 630$  nm (CETESB, 1985).

**Nitrato**- determinado pelo método do ácido fenoldissulfônico; a leitura foi feita em espectrofotômetro PM6 - Zeiss;  $\lambda = 480$  nm; faixa de utilização até 12 mg/L (CETESB.NT.L5.137, 1978).

**Fosfato**- determinado pelo método de digestão em conjunto, utilizando balão de Kjeldahl, modificado com o ácido ascórbico; o fosfato a ser determinado é convertido em ortofosfato solúvel por digestão ácida; o ortofosfato reage com molibdato de amônio e tartarato duplo de potássio e antimônio, em meio ácido, reduzindo o ácido fosfomolibdico a azul de molibdênio; a leitura foi feita em espectrofotômetro PM6- Zeiss;  $\lambda = 650$  nm (CETESB, 1985).

**Cloreto**- determinado pelo método mercurimétrico, por titulação, com nitrato mercúrico em presença de difenilcarbazona. Faixa de aplicação 0,5 a  $4 \times 10^3$  mg/L (CETESB.NT.L5.113, 1978)

**Oxigênio consumido**- método da oxidação com permanganato de potássio. Faixa de utilização a partir de 1 mg/L ( CETESB. NT. L5. 139, 1978)

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** O bicarbonato foi obtido por cálculo; a partir da alcalinidade total, de acordo com a seguinte fórmula (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1976):

$$\text{HCO}_3 \text{ ppm} = 1,22 (\text{alcalinidade total, em ppm CaCO}_3).$$

**DQO**- determinado pelo método de oxidação por dicromato de potássio, com sulfato de prata como catalisador. Faixa de utilização: 5 a 50 mg/L (CETESB. NT.L5.121, 1978).

**DBO**- determinado método da incubação com diluição por 5 dias, a 20° C, com determinação de O<sub>2</sub> dissolvido no primeiro e quinto dias, pelo método de Winkler (CETESB.NT.L5.120, 1978).

### 3.2.1.2. Parâmetros hidrobiológicos

#### **Clorofilas a,b,c**

Foram determinadas por espectrofotometria de absorção na região do visível; os pigmentos foram extraídos do concentrado planctônico com solução aquosa de acetona; foram filtrados 700 mL de amostra, sob “vácuo”, com filtro milipore 0,45 um com 0,2 mL de suspensão de MgCO<sub>3</sub> na fase final da filtração; acondicionou-se a amostra sob refrigeração em dissecador ate sua extração, poucas horas após, procedeu-se, então, maceração em gral de ágata com solução aquosa de acetona; a amostra foi clorificada por centrifugação a 500 rpm durante 20 minutos; o extrato

clorificado foi decantado e tomada a medida do seu volume total; foi transferido para cubetas de 1 cm e sua absorvância foi lida a 750, 663, 645 e 630 nm em espectrofotômetro PM6- Zeiss; a leitura em 750 nm serve para corrigir a turbidez (APHA, AWWA, WPCF, 1975).

Para as concentrações de clorofila, calcula-se de acordo com (APHA, AWWA, WPCF, 1975):

$$a) C_a = 11,64 A_{663} - 2,16 A_{645} + 0,1 A_{630}$$

$$b) C_b = 20,97 A_{645} - 3,94 A_{663} - 3,66 A_{630}$$

$$c) C_c = 54,22 A_{630} - 14,81 A_{645} - 5,53 A_{663}$$

$C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$  representam as concentrações das clorofilas a, b, c, respectivamente, no extrato, em mg/L;  $A_{663}$ ,  $A_{645}$ ,  $A_{630}$  correspondem às absorvâncias nos respectivos comprimentos de onda, quando se utiliza cubetas de 1 cm de caminho óptico.

Calculou-se, finalmente, a quantidade de pigmento por unidade de volume de amostra, como segue (APHA, AWWA, WPCF, 1975):

$$\text{clorofila a (mg/m}^3\text{)} = C_a \cdot \text{volume do extrato (L)} / \text{volume de amostra (m}^3\text{)}.$$

### **Fitoplâncton**

Para o estudo do fitoplâncton as amostras foram obtidas através de arrastes horizontais, na superfície das águas, com rede de plâncton, confeccionada com tecido de 65 cm de abertura, medindo 1,50 de comprimento e 30 cm de diâmetro. A rede foi arrastada durante dez minutos em movimentos circulares, com a boca voltada contra a corrente da maré. A amostra foi recolhida em frasco escuro (âmbar) de 250 mL e acondicionado com solução de lugol (APHA, AWWA, WPCF, 1975).

### 3.2.1.3. Parâmetros bacteriológicos

As águas de recreação podem estar contaminadas por indivíduos doentes que eliminam nestes locais, grandes quantidades de microrganismos patogênicos, por animais que podem abrigar patógenos e também por portadores sadios, levando assim a surtos ou caso isolados de infecção (RODRIGUES, 1989).

Dentre os testes utilizados para avaliação bacteriológica das águas destinadas à recreação de contato primário e secundário, os mais comuns são aqueles que indicam poluição fecal, como a determinação de coliformes totais, coliformes fecais, *Escherichia coli* e *Streptococos fecais*. O grupo coliforme é o mais usualmente utilizado, devido ser um método com técnicas simples, não muito oneroso e o recomendado pela legislação vigente- Resolução nº 20 do CONAMA.

Atualmente tem-se utilizado a técnica de membrana filtrante para a determinação de coliformes totais e fecais, porém, devido as condições locais, optou-se pelo método de tubos múltiplos.

Coliformes Totais e Coliformes Fecais- técnica de tubos múltiplos (APHA, AWWA WPCF,1975).

A determinação do número mais provável (NMP) de coliformes em uma dada amostra é feita a partir da técnica dos tubos múltiplos, na qual, volumes decrescentes da amostra (diluições decimais consecutivas), são inoculadas em um meio de cultura adequado, sendo que cada volume foi inoculado em série de 3 tubos, os quais fornecem resultados positivos ou negativos. A combinação desses resultados é usada na determinação do NMP.

O exame se processa através de 3 etapas.

**TESTE PRESUNTIVO:** Consiste na semeadura de volumes determinados da amostra, em tubos contendo caldo lactosado, que são inoculados a 35° C durante 24-48 horas. A formação de gás a partir da fermentação da lactose é prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliformes.

**TESTE CONFIRMATIVO:** Consiste na transferência das culturas de todos os tubos positivos, para tubos contendo caldo lactosado verde brilhante bile (C.L.V.B.B.), que serão incubados durante 24-48 horas, a 35° C. A produção de gás a partir da lactose, é prova confirmativa positiva.

**TESTE DE DIFERENCIAÇÃO P/ COLIFORMES FECAIS:** Consiste na transferência das culturas de todos os tubos positivos do caldo lactosado, para tubos contendo meio E.C., que serão incubados durante 24 horas a 44,5° C, em banho maria, com agitação e temperatura constantes. O resultado será positivo, quando houver produção de gás a partir da fermentação da lactose, contida no meio E.C.

### 3.2.2. Análise de sedimentos de fundo

#### 3.2.2.1. Tratamento preliminar

A coleta de sedimentos de fundo foi realizada na maré de baixamar com o auxílio de uma pá de polietileno, raspando-se a parte superficial até 3cm de profundidade. As amostras foram colocadas em bandejas de polietileno, secadas na temperatura ambiente e, posteriormente, em estufa a 60° C, durante 24 horas, seguindo-se, depois, o peneiramento em malhas de nylon (abertura entre 100 e 120 mesh).

#### 3.2.2.2. Carbono orgânico

Determinado por titulometria, com uma solução ferrosa 0,5 g  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , em presença de difenilamina como indicador, segundo Jackson (1958), modificado por GAUDETTE et al (1974).

Pesou-se 0,3 g de amostra de sedimento devidamente tratada (seca e peneirada) em um frasco erlenmeyer de 500 mL, adicionou-se 10 mL de solução  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ao sedimento, seguido de agitação; posteriormente acrescentou-se 20 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, agitando-se com rotação suave (para assegurar completa mistura dos reagentes como sedimento) durante 30 min., posteriormente a solução é diluída para um volume de 200 mL com água destilada.

#### 3.2.2.3. Nitrogênio orgânico

Após o material ter sido devidamente tratado (sêco e peneirado), seguiu-se de acordo com as normas técnicas (CETESB. N.T.L5, 1978), na qual a amostra foi pesada e submetida a digestão com ácido sulfúrico de 10 mL a 20 mL, na presença de 0,5 g a 1 g de catalisador (dióxido de

titânio: sulfato de cobre: sulfato de potássio- 0,3:0,3:6; ou dióxido de selênio: sulfato de cobre: sulfato de potássio (ou sódio)- 1:10:100), durante 1 h. e 30 minutos.

Após a digestão, adicionou-se 50 mL de água, 30 mL de NaOH (50%) e procedeu-se a destilação recolhendo o destilado em erlenmeyer na presença do indicador (ácido bórico 4%, vermelho de metila e verde de bromocresol), o qual foi titulado com HCl 0,1N padronizado, até o aparecimento da coloração róseo.

OBS: Foi feito um ensaio em branco utilizando na digestão o papel de pesagem idêntico ao utilizado para a amostra.

Cálculo do nitrogênio orgânico expresso em N%.

$$N\% = (V_a - V_b) \text{ fa } F 0,14 / P$$

onde:

V<sub>a</sub>- é o volume de solução de NaOH 0,1N padronizado gastos para titular a amostra;

V<sub>b</sub>- é o volume de solução de NaOH 0,1N gastos de solução para a prova em branco;

fa- é o fator volumétrico de correção do ácido clorídrico;

F- 6,25 ( fator de correspondência nitrogênio/ proteína);

P- peso da amostra em gramas.

#### 3.2.2.4. Análise de fósforo

Para distinguir as diferentes formas de fósforo incorporado a solos e sedimentos, utilizou-se o método descrito por CALMANO (1981), cujos procedimentos permitem avaliar as principais categorias de fósforo em sedimentos e que são divididas em fósforo total, fósforo inorgânico e fósforo orgânico.

O procedimento analítico usado para determinar fósforo consiste na secagem de uma quantidade de amostra, aquecimento a 450° C durante 24 horas (para decomposição da matéria orgânica) e lixiviação com HCl 3M por 12 horas na razão sólido/ líquido equivalente 1:20 (g/mL), seguida de centrifugação à 2000 rpm durante 25 minutos. O extrato assim obtido é usado para determinar fósforo total (FT). O fósforo inorgânico é avaliado da mesma maneira inicial, sendo que não é necessário decompor a matéria orgânica do sedimento e o extrato obtido deve conter fósforo inorgânico (FI). A diferença entre fósforo total e inorgânico nos dá o valor do fósforo orgânico (FO).

Partindo do extrato, obtido na lixiviação determinou-se as diversas formas de fósforo por espectrofotometria de absorção na região do visível, pelo método do azul de molibdênio, de acordo com o seguinte procedimento (RILEY, 1958):

- transferiu-se o extrato obtido da centrifugação cuidadosamente para um balão de 50 mL com filtração para eliminação de resíduos e aferiu-se com água deionizada;
- retirou-se uma alíquota de 5 mL da amostra para um balão volumétrico de 50 mL;
- adicionou-se 20 mL da sol. redutora (diluí-se uma mistura de 125 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3N, 38 mL de molibdato de amônio e 60 mL de ácido ascórbico 0,1 M, com água destilada a 250 mL em

um frasco volumétrico ( esta solução, levemente esverdeada, foi preparada imediatamente antes do uso), aferiu-se ao volume com água deionizada e homogeneizou-se.

- deixou-se a solução em repouso por 1 noite antes da medida da absorvância da solução, contra o branco que foi preparado do mesmo modo que a solução amostra, omitindo-se porém a amostra.

- determinou-se o teor de fósforo por meio de uma curva de calibração, em espectrofotômetro PM6-Zeiss,  $\lambda = 650$  nm, em cubetas de 2,0 cm.

#### 3.2.2.5. Análise de metais

Depois da amostra devidamente tratada (seca e peneirada) pesou-se 1 grama da amostra, esse material foi lixiviado por 24 horas com HCl 0,5 M por 16 horas sob agitação contínua, na razão sólido/ líquido equivalente a 1:20 (g/mL) (FERNANDES et al., 1987). O produto da lixiviação (fração móvel do sedimento) foi centrifugado a 3000 rpm, por 10 minutos, decantado e analisado para os metais Na, K, Ca, Mg, Cu, Cr, Mn, Fe, Zn.

O resíduo sólido (fração residual do sedimento) foi seco em estufa 24° C e submetido a digestão ácida com HClO<sub>4</sub> + HF (1:10) e depois analisado em espectrofotometria de absorção atômica em aparelho FMD 4- Zeiss, com lâmpadas de cátodo ôco dos elementos a serem determinados. As condições de leitura utilizadas para cada elemento foram as seguintes:

Elementos	Comprimento de onda	Chama oxidante	Combustível
Zn	427,7 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Cu	327,4 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Mn	403,1 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Fe	392,0 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Cr	357,8 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Na	589,0 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
K	766,5 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Ca	460,7 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Mg	570,4 nm	ar	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>

### 3.2.2.6. Composição mineralógica

A determinação dos minerais foi feita através de difratometria de raios-X, utilizando-se um aparelho Philips PW 1050 com monocromador de grafite e tubo com ânodo de cobre.

Após as amostras terem sido secas, foram desagregadas cuidadosamente com auxílio de um gral de ágata e de um aparelho de ultra-som; posteriormente foram peneiradas em malhas com abertura de 42 mesh; para eliminação da matéria orgânica as amostras foram tratadas com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, depois lavadas seguidas vezes com água destilada (JACKSON et al., 1950).

A separação das frações silte-argila foram feitas por peneiramento via úmida, em peneiras de 0,062 mm. Para a identificação dos argilominerais, as amostras foram concentradas em cilindro de Atterberg, com pirofosfato de sódio 0,9 g/L, a fim de evitar floculação. Depois seguiu-se de lavagem do material argiloso, com centrifugação a 3000 rpm. O produto final foi seco em estufa a 50° C (THOREZ, 1976).

As lâminas para a identificação dos argilominerais, teve o seguinte procedimento: 0,2 g da amostra foi levada ao volume de 10 mL em um balão volumétrico, que foi colocado em um desagregador equipado com ultra-som por um tempo de 3 minutos. Em seguida a lâmina foi preparada com pipeta volumétrica de 2mL e submetida a difratometria de raios-X (THOREZ, 1976).

Para uma melhor detecção quantitativa e qualitativa dos minerais, as amostras foram tratadas com etileno-glicol por 24 horas, e a seguir, submetida a radiação (BROWN, 1972; THOREZ, 1976).

Após a glicolização, as amostras foram aquecidas a 550° C por 3 horas , objetivando uma melhor identificação dos minerais determinados, por um terceiro registro de difratogramas de raios-X (BROWN, 1972; THOREZ, 1976).

Os difratogramas foram registrados em papel de registrador x-y sob as seguintes condições:

faixa de varredura = 4 - 32° 2θ

constante de tempo = 0,5 seg.

sensibilidade = 1000imp/seg

intensidade = 4x10<sup>3</sup>

## 4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. DISCUSSÃO DE FATOS ABORDADOS NA LITERATURA CIENTÍFICA

Um dos fenômenos facilmente observáveis nas águas amazônicas superficiais são as diferenças de coloração e turvação. Um resumo bastante elucidativo das características químicas das águas amazônicas foi apresentado por SIOLI (1967), abordando todos os seus trabalhos anteriores, e discutindo dados e considerações oriundos de outros pesquisadores anteriores.

Baseado nas observações do próprio homem da região, SIOLI (1967) apresentou classificação sumária dessas águas em 3 tipos diferentes: rios de “águas claras”, de “águas pretas” (ou “negras”) e de “águas brancas”.

Os rios de “águas brancas”, como o Amazonas, o Madeira, entre outros, são ricos em sedimentos em suspensão e, por tais fatos, apresentam elevada turbidez. Os rios de “águas pretas”, como o Negro, o Trombetas apresentam-se fortemente tingidos de coloração castanho-amarelada, típica, resultante da ação extratora da água sobre o material vegetal em contato. Os rios de “água clara” como o Tapajós e o Xingu, entre outros, são límpidos e, portanto, apresentam elevada transparência (SIOLI, 1967).

Certos rios, porém, durante seu curso, apresentam-se ora como típicos rios de “águas claras”, ora como rios de “águas brancas”. São exemplos, o Tocantins: límpido, às proximidades de Marabá, no período menos chuvoso, e turvo, na foz, às proximidades de Abaetetuba; o Guamá: límpido, às proximidades de Ourém, no período menos chuvoso, e turvo, na foz, às proximidades de Belém.

As características predominantes apresentadas pelas águas estuarinas que banham a ilha de Mosqueiro são as pertencentes aos rios de “águas brancas”, isto é, exibem elevada turbidez em consequência do material orgânico-mineral em suspensão, transportado para o estuário pelos

numerosos rios, “furos” e igarapés e, principalmente, pelos rios Amazonas e Guamá. Esse complexo orgânico-mineral é formado por material orgânico, predominantemente de origem vegetal, e argiloso, predominantemente caulínico (SIOLI, 1967; CORDEIRO, 1987; LIMA & KOBAYASHI, 1988; PINHEIRO, 1987; RIBEIRO & LIMA, 1992; RIBEIRO, 1992).

Também a coloração das águas se faz sentir segundo a sazonalidade. Em períodos de enchente (período chuvoso, mais abundante em chuvas desde fevereiro até fins de maio, embora chova de janeiro a junho), o estuário toma coloração bége-amarelada, com perceptíveis matizes castanho-amareladas, típicas de rios de “águas pretas” (SIOLI, 1967; LIMA & KOBAYASHI, 1988; RIBEIRO & LIMA, 1992).

Em estudo detalhado sobre parâmetros físico-químicos e químicos de águas estuarinas que banham a ilha de Mosqueiro, CORDEIRO (1987) registrou índices mais baixos de pH (mínimos de 5,5), no período chuvoso (maio, 1985) contra valores mais elevados (máximos de 7,1), no período de estiagem (menos chuvoso, em novembro, 1985); observou valores numéricos para a condutividade elétrica (condutância específica, em uS/ cm) mais elevados (máximos em 1300, agosto de 1985), no período menos chuvoso, em contraposição aos valores mais baixos detectados no período mais chuvoso (mínimo de 45, em março de 1985). Esses resultados parecem evidenciar influência de maior acidez e baixo conteúdo em eletrólitos, no período mais chuvoso (janeiro/junho) e menor acidez e teores mais elevados de eletrólitos, no período menos chuvoso (julho/dezembro).

Tais dados sobre a salinidade dessas águas estuarinas confirmam observações registradas por pesquisadores anteriores GIBBS (1967); DIEGUES (1972). Assim a denominada “maré salina” é resultante da penetração de águas marinhas (oriundas do oceano Atlântico) no estuário, em sentido oposto ao fluxo fluvial. Deve-se esperar que a penetração dessas águas marinhas

ocorra em função de retração dos mananciais continentais, permitindo diminuição do nível da maré, no estuário, no período menos chuvoso.

A sazonalidade, portanto, produz diferenciação nesse ecossistema aquático, notadamente no que diz respeito às modificações de parâmetros ambientais (pH, condutividade elétrica, aumento na concentração de eletrólitos).

GIBBS (1967) observou que, com o aumento de salinidade, há diminuição de turbidez, em consequência de fenômenos sedimentológicos, no meio aquoso. Tais assertivas são facilmente comprovadas com observações de campo; com efeito, no assim denominado “verão” (período menos chuvoso, de julho a meados de dezembro) essas águas estuarinas tornam-se mais límpidas, ao mesmo tempo em que se processa maior penetração de águas salinas oriundas do Atlântico.

A variação de concentração de eletrólitos nessas águas estuarinas, segundo a sazonalidade, evidenciada pela variação de condutividade elétrica, já referida, pode ser assim, exemplificada, quando se observa a tabela 2. Observe-se, que no período mais chuvoso, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  podem apresentar valores numéricos mínimos da ordem de 2,20 ppm, 1,0 ppm, 2,20 ppm, e 0,75 ppm, respectivamente. Por outro lado, no “verão” tais componentes de águas naturais atingem seus valores máximos registrados naquele estudo (CORDEIRO, 1987): 102 ppm, 580 ppm, 2400 ppm, 85 ppm respectivamente.

Tais parâmetros (pH, condutividade elétrica, conteúdo em eletrólitos), aqui referidos (CORDEIRO, 1987) constituem ponto de referência para este estudo, realizado em 1994, em locais que se encontram diretamente relacionados com o mesmo ambiente aquático, ou seja, a orla litorânea da ilha de Mosqueiro. Saliente-se que o ponto selecionado por CORDEIRO (1987) encontra-se em local bem preservado, do mesmo modo que o ponto aqui amostrado, também considerado preservado (praia do Paraíso), se encontram algo próximos entre si.

As águas estuarinas que banham as praias ocidentais da ilha de Mosqueiro apresentam características hidrodinâmicas e sedimentológicas algo singulares. No que diz respeito à hidrodinâmica, a movimentação das marés, o aparecimento de ondas (com rebentação bem pronunciada, nas praias), as correntes de vento produzem situações tais que permitem criar um ambiente bastante aerado e móvel, não se produzindo estratificação térmica (EGLER & SCHWASSMANN, 1962; CORDEIRO, 1987; PINHEIRO, 1987). Quanto às características sedimentológicas, são bem perceptível as diferenças sazonais; quando as influências do rio Amazonas e seus tributários se fazem sentir (no período chuvoso, de grande enchentes) é notável o aumento de turbidez nas águas estuarinas; por outro lado, quando há maior penetração de águas oceânicas no estuário (no período menos chuvoso), observa-se certo tingimento dessas águas, passando para matizes algo cinza-esverdeadas, e reflete-se maior limpidez dessas águas, com diminuição de turbidez.

Tais situações (hidrodinâmica das águas e aportes de sedimentos) produzem sensíveis modificações nessas águas, no que diz respeito às suas características físicas, físico-químicas, químicas, geoquímicas. Tais fatos já foram comentados linhas atrás.

Esses processos ambientais (físicos, físico-químicos, químicos) produzem diferenciação no ecossistema aquático, que permitem o aparecimento de certas comunidades biológicas, de acordo com a sazonalidade. Predominam certos caramujos (moluscos) e aparece o siri (crustáceo) no período sazonal onde se manifesta maior penetração de águas salinas. O ambiente aquático salobre permite condições (notadamente, pH e teores mais elevados em Ca) tais que esses organismos podem se desenvolver.

A ação antrópica nesse ambiente é o principal motivo deste estudo. Como a ocupação do espaço físico nessas praias se faz sentir na composição dessas águas estuarinas ? Aparentemente,

despejos urbanos da Região Metropolitana de Belém podem influir na alteração das características dessas águas naturais, alterando sua qualidade; porém, o que se percebe, de imediato, também, é que as características hidrodinâmicas do estuário, com intensa movimentação das marés, com fluxos e refluxos diários, apreciáveis, podem produzir efeitos de adepuração nessas águas.

**Tabela 2- Parâmetros físico - químicos em águas do estuário Marajó \* (1985/86).  
Valores máximos e mínimos observados segundo o período sazonal.**

Parâmetro	Período estiagem	Período chuvoso
pH	5,79 - 6,03	5,75 - 6,10
Condutividade espec.	2590 - 13000	35 - 125
Salinidade (‰)	1,15 - 7,0	0
Cl <sup>-</sup> (ppm)	874 - 5780	1,0 - 16,81
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	106 - 502	3,80 - 10,80
Na <sup>+</sup> (ppm)	530 - 2400	2,20 - 8,75
K <sup>+</sup> (ppm)	30 - 85	1,00 - 5,20
Ca <sup>2+</sup> (ppm)	18 - 102	2,20 - 9,35
Mg <sup>2+</sup> (ppm)	19 - 580	0,75 - 1,94

Fonte: CORDEIRO (1987).

OBS. condut.espec.(condutância específica), expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$

#### 4.2. ÁGUAS COLETADAS NAS PRAIAS- ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

O monitoramento das águas estuarinas, com amostras coletadas nas praias do Bispo, Grande, Farol, Chapéu Virado, Murubira e Paraíso, desde a mais afastada do oceano Atlântico (Bispo) até a mais próxima (Paraíso), permitiu a composição de duas tabelas de resultados analíticos, uma relativa ao período chuvoso (janeiro/junho/1994) e outra referente ao período de estiagem (julho/meados de dezembro/1994).

Essas tabelas foram montadas com base nas observações de valores máximos e mínimos detectados para os diversos parâmetros ambientais aqui selecionados (temperatura, cor, turbidez, pH, condutância específica, etc.). Trata-se de uma tentativa de minimizar os efeitos causados pela repetição exaustiva de valores numéricos muito próximos entre si. Assim, por exemplo, em 10 leituras de avaliação da cor (10 amostras, coletadas desde janeiro até junho/1994), registrou-se valores mínimos (ou, pelo menos, um valor mínimo) em 80 U.C. e valores máximos (ou, pelo menos, um valor máximo) em 100 U.C. Tais dados não deixam dúvidas sobre a influência da coloração nessas águas naturais e sua ordem aproximada de frequência de resultados analíticos.

Considere-se a Tabela 3. Trata-se do registro de parâmetros no período chuvoso. A oscilação de temperatura, nessas águas, é, relativamente, baixa (28- 29° C), situação essa, aliás, muito comum em áreas amazônicas (EGLER & SCHWASSMANN, 1962; SIOLI, 1967; CORDEIRO, 1987; PINHEIRO, 1987; LIMA & KOBAYASHI, 1988; RIBEIRO & LIMA, 1992; RIBEIRO, 1992).

Registrou-se valores numéricos para a coloração das águas (em U.C.) variando de 50 até 150. Espera-se que tais índices, relativamente mais elevados no período chuvoso, resultem da notável influência da lixiviação da vegetação abundante em toda a área, que, sob contato com as águas, produzem extratos coloridos, que tingem os igarapés, os “furos” (canais entre rios), os rios,

e atingem o estuário. Deve-se esperar maior influência de coloração castanho-amarelada (típica de muitos igarapés e rios de “água preta”), que está diretamente associada a presença de compostos relacionados com ácidos húmicos e fúlvicos (LEVINSON, 1974; DREVER, 1988). Tais fatos são muito comuns em águas fluviais amazônicas, e tem merecido atenção de diversos pesquisadores (SIOLI & KLINGER, 1962; SIOLI, 1967; LIMA & KOBAYASHI, 1988; RIBEIRO & LIMA, 1992).

Sendo a região estuarina, que banha Belém e adjacências, rica em sedimentos em suspensão, resultante da contribuição das descargas apreciáveis do rio Amazonas, Tocantins, Mojú e Guamá, principalmente, típicos representantes de rios de “águas brancas”, é coerente que os valores numéricos de turbidez sejam apreciavelmente elevados (máximos em 80, mínimos em 20, em termos de ppm de  $\text{SiO}_2$ ). Tais situações são bem conhecidas (SIOLI, 1967; CORDEIRO, 1987; LIMA & KOBAYASHI, 1988).

É, certamente, a condutância específica um parâmetro ambiental bastante útil na diferenciação das águas estuarinas em estudo, de acordo com a sazonalidade. Observe-se que seus valores numéricos (em termos de  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) são, relativamente, baixos (mínimos em torno de 22, máximos às proximidades de 45, no período chuvoso), revelando nítida influência de águas continentais (fluviais). Tais valores se encontram em conformidade com índices detectados por EGLER & SCHWASSMANN (1962), quando estudaram características limnológicas desse estuário, onde registraram 33-37  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a condutância específica na baía de Marajó. Tais fatos estão diretamente relacionados com a apreciável influência das vazões do Amazonas e seus tributários. Diversos pesquisadores já registraram observações relacionadas com a influência do Amazonas no estuário e no próprio oceano Atlântico (GIBBS, 1967;1970; DIEGUES, 1972).

Águas superficiais amazônicas são, quase sempre, ácidas (exceções ocorrem por influência de terrenos geológicos associados a depósitos de calcário, por exemplo, que se apresentam neutras ou ligeiramente alcalinas). Essa acidez está diretamente relacionada com a ocorrência de ácidos orgânicos livres (ácidos húmicos e fúlvicos). SIOLI (1967) procedeu estudo detalhado das águas amazônicas associadas aos valores pH (SIOLI, 1957;1967). Também é fato muito conhecido que argilas, ricas em matéria orgânica, podem, também, produzir aumento de acidez em águas associados com as mesmas (LEVINSON, 1974; DREVER, 1988). Deve-se esperar que, no período chuvoso, com lixiviação mais intensas sobre os terrenos argilosos e a vegetação, produzam índices de pH algo mais ácidos (mínimos em torno de 5).

Embora o ecossistema se apresente rico em material em suspensão (de origens vegetal e argilosa) e, por tais fatos, possam produzir índices mais baixos de oxigênio dissolvido, a verdade é que os valores numéricos aqui registrados (mínimos em torno de 6 ppm de O<sub>2</sub> e máximo até 8,2 ppm de O<sub>2</sub>) representam tipicamente aerado. Essa assertiva se encontra em conformidade com observações de campo, já que o estuário se apresenta bastante renovado, com ventos abundantes, ondas e marés, e praticamente ausência de estratificação térmica no perfil vertical do corpo d'água (EGLER & SCHWASSMANN, 1962; GIBBS, 1967; CORDEIRO, 1987; PINHEIRO, 1987).

Sendo o oxigênio consumido um ensaio útil na avaliação da presença de matéria orgânica dissolvida em águas naturais, sua determinação nessas águas representa importante parâmetro sobre o conteúdo desse material. Rios de "águas pretas" podem apresentar índices elevados até em torno de 30-40 ppm de O<sub>2</sub> (SIOLI, 1967). As águas aqui estudadas, no período chuvoso, apresentaram variações desde 4,8 ppm de O<sub>2</sub> até 7,5 ppm de O<sub>2</sub> (águas da praia do Chapéu Virado). Tais valores se encontram em conformidade com índices registrados por CORDEIRO

(1987) e por LIMA & KOBAYASHI (1988), relativamente algo mais elevados no período chuvoso, como aliás, seria de se esperar (maior influência da matéria orgânica).

O ciclo do nitrogênio apresenta parâmetros ambientais muito úteis no estudo da degradação ambiental. Nos processos de nitrificação (formação de nitrito e nitrato) caracteriza-se a decomposição dos compostos orgânicos nitrogenados, tais como proteínas, aminoácidos; por outro lado, a produção de uréia, característica dos processos metabólicos do organismo animal, leva à formação de amônia (HUTZINGER, 1980; GAUDY & GAUDY, 1988). Por tais razões, é recomendável a avaliação dos teores de nitrito (não detectados, aliás), nitrato e nitrogênio amoniacal (amônia livre). Aparentemente, os apreciáveis efeitos de diluição produziram índices relativamente baixos de nitrato (mínimo de 0,28 ppm  $\text{NO}_3^-$ , máximo em 1,94 ppm  $\text{NO}_3^-$ ). Também o nitrogênio amoniacal mereceu maiores atenções (mínimos em 0,48 ppm N, máximos em 0,71 ppm N). Tais valores (para o nitrato e o nitrogênio amoniacal) representam índices esperados para ambientes naturais sujeitos à intensa movimentação da floresta equatorial, rica em biodiversidade, notadamente em bactérias oxidantes (produzem nitrito e nitrato) e redutoras (produzem amônia). Compara-se tais dados com valores registrados por SIOLI & KLINGER (1962), para certas águas fluviais amazônicas (índices de N amoniacal em torno de 0,083-1,06 ppm N; de nitrato, às proximidades de 0,02-0,99 ppm N).

Os valores numéricos para a demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ) estendem-se de 1,0 ppm  $\text{O}_2$  até 12 ppm  $\text{O}_2$ . Observe-se que a praia do Bispo apresentou maior regularidade e índices mais elevados para a DBO. Compilando-se os valores numéricos para a DBO de efluentes urbanos (esgotos pluviais, máximos em 6,3 ppm  $\text{O}_2$ ), verifica-se que prováveis aumentos de DBO nessas praias sejam resultantes de certa ação poluidora local (lixo na praia, trabalhos de limpeza nas embarcações, de trabalho com pescado, etc.) para o caso da praia do Bispo.

Tal situação se repete para as observações sobre a demanda química de oxigênio (DQO), nas quais se verifica valores máximos registrados em torno de 380 ppm O<sub>2</sub> nas águas da praia do Bispo, enquanto os efluentes ali lançados aparentemente não alcançam índices superiores a 110 ppm O<sub>2</sub>, no período chuvoso. Talvez a maior contribuição para essa carga redutora devida à DQO nessa praia seja resultante dos fatos já mencionados (lixo na praia, limpeza de embarcações, etc.). Quanto aos demais pontos, os valores máximos de DQO são sempre superiores aos observados para o DBO, nesse período chuvoso (observe-se índices de DQO para as praias do Farol, Murubira e Paraíso variando de 73 para 100 ppm O<sub>2</sub>).

Também o fosfato se apresenta compatível com o ambiente amazônico observado por SIOLI & KLINGER (1962) e RIBEIRO & LIMA (1992). Em lagos não contaminados a concentração de fósforo é da ordem de 0,01 mg/L (Mc Neely et al., citado por RIBEIRO, 1992). Máximos em torno de 0.15 (expresso em ppm de P) bem revelam certa pobreza desse nutriente.

No que diz respeito aos efluentes urbanos (esgotos pluviais), a lixiviação dos terrenos (no período chuvoso) produziu índices de cor variando de 30 U.C. para 60 U.C. (efluentes das praias do Bispo e do Murubira). Há que considerar como fato (talvez) merecedor de maiores atenções são os dados de condutância específica (às proximidades de 550-600 uS/cm, no efluente lançado na praia do Bispo, e em torno de 340 uS/cm, no efluente lançado na praia do Murubira). Aparentemente, a coloração é resultante das lixiviações dos terrenos ricos em material vegetal; no entanto, a ocorrência de eletrólitos fortes em efluentes urbanos revela, claramente, ação de rejeitos químicos (BENN & MC AULIFFE, 1981). Como tais efluentes apresentam alcalinidade algo pronunciada (208-232 ppm CaCO<sub>3</sub>, no Bispo, e 120-160 ppm CaCO<sub>3</sub>, no Murubira), deve-se esperar que apresentem reação neutra ou ligeiramente alcalina. Seus valores de pH, com efeito,

giram em torno de 7,0-7,7, significando expressar que seus teores não representam perigo de contaminação.

Os teores de nitrato desses efluentes urbanos (0,52 a 1,62 ppm  $\text{NO}_3^-$  são da mesma ordem de grandeza das águas naturais das praias amostradas, porém o nitrogênio amoniacal apresentou teores mais elevados para os efluentes do que as praias (máximo de 32 ppm de N para o efluente lançado na praia do Bispo).

GIBBS (1972), em estudos realizados no rio Amazonas ( às proximidades de Macapá, AP) encontrou valores médios das concentrações de nitrato na ordem de 0,2 mg/L.

As principais fontes de compostos de nitrogênio de origem antrópica são ocasionadas pela drenagem de áreas de agricultura e por efluentes de esgotos domésticos( REID & WOOD, 1976 ).

Um breve exame da Tabela 4 (período de estiagem, de julho a meados de dezembro/1994) demonstra que, embora se registre índices elevados de cor (máximos em 80 U.C.), nesse período há perceptível diminuição de coloração nessas águas estuarinas. RIBEIRO & LIMA (1992) também observaram esse efeito de sazonalidade em ecossistema amazônico (área fisiográfica do Utinga- Belém, PA). Espera-se que, com entrada de águas marinhas do oceano Atlântico, nas áreas estuarinas, produza-se efeitos de diminuição (atenuação) da coloração castanho-avermelhada, típica da influência do período chuvoso.

Também a turbidez diminui com os efeitos da penetração de águas do Atlântico no estuário, no período de estiagem. A salinidade produz conhecido efeito de sedimentação do material em suspensão, conforme estudos de GIBBS (1967). Compara-se com os dados da Tabela 2 (período chuvoso), e verifique-se máximo em 71 ppm de  $\text{SiO}_2$  (contra 150, no período chuvoso), embora haja repetição de valores mínimos (em torno de 20-28 ppm  $\text{SiO}_2$ ) para ambos os períodos.

Aparentemente, o pH sofre ligeiro acréscimo com a intrusão de águas marinhas no estuário, tornando-as salobras. Um pH mais adequado no ecossistema permite o crescimento de certos organismos como uma variedade de caramujo (molusco) e aparecimento de siri (crustáceo), que somente se desenvolvem nas águas mais salobras. Tais fatos registrados por SIOLI (1967) e RIBEIRO & LIMA (1992) em águas amazônicas algo mais ricas em Ca e pH mais próximo da neutralização.

Conforme já se reportou anteriormente é a condutância específica um parâmetro ambiental adequado à diferenciação das águas estuarinas segundo a sazonalidade. Com a maior influência das águas fluviais (notadamente, do rio Amazonas, no período chuvoso), produz-se índices mais baixos de condutividade elétrica; por sua vez, com a intrusão de águas marinhas, provenientes do Atlântico, produz-se, no período de estiagem, índices crescentes de condutância específica (mínimos em torno de 50, em julho, e máximo em 1035 em novembro).

No período de estiagem o estuário se mantém bastante aerado, compensando-se os efeitos de sedimentação do material em suspensão e aumento do conteúdo em eletrólito, permitindo variação de valores numéricos para o oxigênio dissolvido desde 5,6 até 7,5 (em termos de ppm O<sub>2</sub>).

Já o oxigênio consumido diminui no período de estiagem. Seus valores se estendem desde 2,6 ppm O<sub>2</sub> até 4,7 ppm O<sub>2</sub>. Ou seja, os aportes de águas do Atlântico produzem, no estuário, certa retração de águas fluviais ricas em matéria orgânica de origem vegetal; diminuindo a matéria orgânica nas águas do estuário, o oxigênio consumido diminui também. Tais fatos já foram registrados por CORDEIRO (1987).

É bem perceptível a diminuição de nitrato e nitrogênio amoniacal nesse ecossistema aquático, quando se produz intrusão de águas marinhas e diminuição das precipitações

pluviométricas. O nitrato apresenta máximo em 0,63 ppm  $\text{NO}_3^-$  e mínimos não detectáveis; o nitrogênio amoniacal apresenta máximo em 0,2 ppm N e mínimo em 0,04 ppm N.

Os valores mais constantes para a demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ) nessas águas estuarinas, no período de estiagem, se encontram variando desde 27 a 51 (em termos de ppm  $\text{O}_2$ ), registrando um máximo em 118 ppm  $\text{O}_2$ , que corresponde a valores numéricos superiores aos encontrados em canais urbanos densamente utilizados dentro de Belém (PEREIRA et al., 1988), onde se registraram valores numéricos máximos em torno de 10 ppm  $\text{O}_2$ , porém abaixo de pontos vulneráveis do lago Água Preta, na área fisiográfica do Utinga (RIBEIRO & LIMA, 1992), com índices máximos em 730 ppm  $\text{O}_2$ .

Como seria de se esperar, os valores numéricos para a demanda química de oxigênio se encontram sempre acima dos valores numéricos para o oxigênio consumido. Seus valores máximos se encontram em torno de 50-60 ppm  $\text{O}_2$ , enquanto seus mínimos estão às proximidades de 5-10 ppm  $\text{O}_2$ .

Torna-se perceptível o aumento de fósforo nessas águas, no período de estiagem. Seus máximos atingem 1,72 ppm  $\text{PO}_4$ . Tais fatos estão relacionados com as trocas naturais no ciclo do fósforo, quando a principal fonte de fósforo para o estuário são as águas oceânicas (RILEY & CHESTER, 1971).

Esgotos domésticos podem contribuir para o aumento da concentração de fósforo nas águas, principalmente considerando a crescente utilização de determinados tipos de detergentes contendo polifosfatos (BRANCO, 1986).

Com a diminuição das chuvas diminui o fluxo das águas dos esgotos pluviais, que se lançam para as praias. Por seu turno, a população fixa, na orla litorânea, é comparativamente muito baixa em relação à ocupação na "temporada de verão" (mês de julho). Em consequência da

baixa utilização dos esgotos e diminuição das chuvas produz-se menos efluentes para serem lançados às praias. No entanto, algumas situações foram registradas, sob monitoramento. Assim é que se observou índices de cor mais elevados para os efluentes lançados na praia do Bispo (35-100 U.C.) em comparação com os índices dos efluentes despejados no Murubira (25-50 U.C.). Em ambos os casos, a turbidez se mantém. A condutividade elétrica dos efluentes do Bispo revela maior teor em eletrólitos fortes em comparação com a condutividade em Murubira. Em consequência, alcalinidades algo mais elevadas nos efluentes lançados na praia do Bispo. Registrou-se mais matéria orgânica nos efluentes lançados na praia do Bispo: máximos de 31,2 ppm de  $O_2$  em oxigênio consumido, 218 ppm  $O_2$  para a  $DBO_5$  e 530 ppm  $O_2$  para a DQO. Para o efluente do Murubira, registrou-se máximos de 7,2 ppm  $O_2$  para oxigênio consumido, 69 ppm  $O_2$  para  $DBO_5$  e 307 ppm  $O_2$  para DQO. Tais fatos merecem atenção, na tentativa de alertar para o tratamento desses efluentes.

**Tabela 3 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas estuarinas (praias da ilha de Mosqueiro, PA). Período chuvoso (janeiro / março / julho / 1994). Valores máximos e mínimos observados segundo o número de amostras por análise.**

Pontos de coleta	Temp. (°C)	Cor (UC)	Turbidez (ppm SiO <sub>2</sub> )	Conduct. esp. (µs/cm)	pH	OD (ppm O <sub>2</sub> )	OC (ppm O <sub>2</sub> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	DBO (ppm O <sub>2</sub> )	DQO (ppm O <sub>2</sub> )	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ppm P)	Alcalinidade (ppm CaCO <sub>3</sub> )
P. do Bispo	MIN 28 (12)	80 (10)	68 (12)	39 (12)	5,0 (12)	6,4 (12)	6,6 (4)	0,63 (17)	12 (5)	9,6 (14)	0,08 (2)	14 (12)
	MÁX 29 (12)	100 (10)	80 (12)	41 (12)	6,4 (12)	7,0 (12)	7,0 (4)	1,94 (17)	12 (5)	380 (14)	0,13 (2)	28 (12)
P. Grande	MIN 28 (12)	50 (10)	20 (12)	41 (12)	5,6 (12)	7,0 (12)	6,2 (4)	0,28 (17)	1,0 (5)	n.d.	0,07(2)	14 (12)
	MÁX 28 (12)	150 (10)	55 (12)	45 (12)	7,2 (12)	7,1 (12)	6,2 (4)	1,02 (17)	6,3 (5)	n.d.	n.d.	34 (12)
P. do Farol	MIN 28 (12)	50 (10)	20 (12)	22 (12)	5,6 (12)	7,3 (12)	5,6 (4)	0,40 (17)	n.d.	29 (14)	n.d.	12 (12)
	MÁX 28 (12)	150 (10)	53 (12)	41 (12)	7,0 (12)	7,3 (12)	5,6 (4)	0,94 (17)	n.d.	100 (14)	n.d.	28 (12)
P. do C. Virado	MIN 28 (12)	50 (10)	20 (12)	23 (12)	5,6 (12)	7,0 (12)	4,8 (4)	0,32 (14)	1,0 (5)	10 (14)	0,02 (2)	14 (12)
	MÁX 28 (12)	125 (10)	53 (12)	46 (12)	6,4 (12)	7,4 (12)	7,5 (4)	0,71(14)	6,3 (5)	20 (14)	n.d.	36 (12)
P. do Murubira	MIN 28 (12)	80 (10)	20 (12)	32 (12)	5,7 (2)	7,4 (12)	5,7 (9)	0,49(14)	1,0 (5)	39 (14)	0,16 (2)	12 (12)
	MÁX 28 (12)	125 (10)	53 (12)	38 (12)	7,0 (2)	8,2 (12)	7,0 (9)	0,79(14)	1,0 (5)	130 (14)	n.d.	32 (12)
P. do Paraíso	MIN 28 (12)	50 (10)	20 (12)	20 (12)	n.d.	n.d.	n.d.	0,49(14)	n.d.	9,6 (14)	0,01 (2)	32 (12)
	MÁX 28 (12)	100 (10)	53 (12)	40 (12)	n.d.	n.d.	n.d.	0,79(14)	n.d.	73 (14)	n.d.	34 (12)
Ef (P. do Bispo)	MIN 29 (6)	30 (2)	n.d.	548 (7)	7,0 (7)	n.d.	4,1 (2)	0,52(2)	5,7 (5)	27 (14)	0,77 (2)	208 (7)
	MÁX 30 (6)	60 (2)	n.d.	591 (7)	8,0 (7)	n.d.	10,5(2)	1,17 (2)	6,3 (5)	110 (14)	1,00 (2)	232 (7)
Ef (P. do Murubira)	MIN 29 (6)	30 (2)	n.d.	343 (7)	7,0 (7)	6,6 (2)	4,1 (2)	0,52(3)	2,0 (5)	27 (14)	0,05 (2)	120 (4)
	MÁX 30 (6)	60 (2)	n.d.	343 (7)	7,7 (7)	6,7 (2)	4,7 (2)	1,62(3)	6,3 (5)	110 (14)	0,34 (2)	160 (4)

OBS.: 1) P. (praia); 2) Ef (efluente líquido); 3) Temp. (temperatura); 4) Conduct. espec. (condutância específica); 5) OD (oxigênio dissolvido);

6) OC (oxigênio consumido); 7) n.d. (não analisado, não determinado); 8) Os numerais entre parenteses representam o número de amostras por leitura ou análise

**Tabela 4- Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Águas estuarinas (praias da ilha de Mosqueiro, PA). Período de estiagem(julho/ novembro / 1994). Valores máximos e mínimos observados segundo o número de amostras por análise.**

Pontos de coleta	Temp. (°C)	Cor (UC)	Turbidez (ppm SiO <sub>2</sub> )	Condut. espec. (µs/cm)	pH	OD (ppm O <sub>2</sub> )	OC (ppm O <sub>2</sub> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	DBO (ppm O <sub>2</sub> )	DQO (ppm O <sub>2</sub> )	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ppm P)	Alcalinidade (ppm CaCO <sub>3</sub> )
P. do Bispo	MIN 29 (12)	75 (10)	28 (9)	50 (18)	6,3 (18)	6,0 (18)	3,3 (18)	0,11 (14)	2,5 (14)	10 (18)	0,12 (18)	10 (11)
	MÁX 30 (12)	80 (10)	28 (9)	600 (18)	6,8 (18)	7,4 (18)	4,4 (18)	0,63 (14)	51 (14)	50 (18)	1,22 (18)	14 (11)
P. Grande	MIN 28 (12)	60 (10)	55 (9)	84 (18)	6,5 (18)	6,1 (18)	3,3 (18)	0,12 (14)	2,3 (14)	10 (18)	0,06 (18)	10 (11)
	MÁX 30 (12)	80 (10)	55 (9)	600 (18)	6,6 (18)	7,4 (18)	4,6 (18)	0,34 (14)	27 (14)	15 (18)	0,73 (18)	12 (11)
P. do Farol	MIN 29 (12)	60 (10)	55 (9)	128 (18)	5,0 (18)	5,8 (18)	3,3 (18)	0,12 (14)	8,5 (14)	10 (18)	0,06 (18)	10 (11)
	MÁX 30 (12)	80 (10)	68 (9)	675 (18)	7,0 (18)	7,5 (18)	4,5 (18)	0,20 (14)	13 (14)	20 (18)	1,62 (18)	13 (11)
P. do C. Virado	MIN 29 (12)	60 (10)	60 (9)	125 (18)	6,4 (18)	5,7 (18)	3,1 (18)	0,00 (14)	56 (14)	5 (18)	0,20 (18)	8 (11)
	MÁX 30 (12)	80 (10)	71 (9)	636 (18)	7,2 (18)	7,1 (18)	4,7 (18)	0,06 (14)	118 (14)	40 (18)	1,16 (18)	14 (11)
P. do Murubira	MIN 29 (12)	60 (10)	34 (9)	133 (18)	6,3 (18)	5,6 (18)	2,6 (18)	0,06 (14)	1,22 (14)	5 (18)	0,12 (18)	10 (11)
	MÁX 30 (12)	80 (10)	60 (9)	741 (18)	7,0 (18)	7,2 (18)	3,9 (18)	0,49 (14)	33 (14)	42 (18)	0,76 (18)	16 (11)
P. do Paraíso	MIN 27 (12)	50 (10)	39 (9)	115 (18)	6,7 (18)	6,0 (18)	2,6 (18)	0,12 (14)	6,5 (14)	15 (18)	0,38 (18)	14 (11)
	MÁX 29 (12)	60 (10)	39 (9)	1035 (18)	7,2 (18)	6,9 (18)	4,0 (18)	0,28 (14)	6,9 (14)	58 (18)	1,72 (18)	14 (11)
Ef (P. do Bispo)	MIN 30	35 (5)	80 (2)	820 (5)	7,0 (8)	0,0 (5)	8,9 (18)	0,71 (6)	111 (6)	125 (8)	2,79 (7)	186 (4)
	MÁX 31	100 (5)	85 (2)	1060 (5)	7,2 (8)	0,3 (5)	31,2 (18)	0,94 (6)	218 (6)	530 (8)	3,06 (7)	256 (4)
Ef (P. do Murubira)	MIN 30	25 (5)	80 (2)	300 (5)	7,0 (8)	0,0 (5)	1,6 (6)	0,12 (6)	19 (6)	40 (8)	4,35 (7)	136 (4)
	MÁX 31	50 (5)	85 (2)	400 (5)	7,5 (8)	0,3 (5)	7,2 (6)	1,28 (6)	69 (6)	307 (8)	37,6 (7)	148 (4)

OBS. : 1) P. (praia); 2) Ef (efluente líquido); 3) Temp. (temperatura); 4) Condut. espec. (condutância específica); 5) OD (oxigênio dissolvido); 6) OC (oxigênio consumido); 7) n.d. (não analisado, não determinado); 8) Os numerais entre parenteses representam o número de amostras por leitura ou análise

#### 4.3. PARÂMETROS HIDROBIOLÓGICOS - UMA ANÁLISE PRELIMINAR

Espera-se que o processo natural de depuração nas águas receptoras de esgotos urbanos se desenvolva através de fenômenos físicos, físico-químicos, químicos, biológicos, bioquímicos (HYNES, 1960; O'NEILL, 1983; GAUDY & GAUDY, 1988). Na autodepuração dessas águas as reações bioquímicas fundamentais são a fotossíntese e a respiração (aeróbica, anaeróbica). É a fotossíntese uma reação realizada por todos os seres autótrofos ou produtores (vegetais clorofilados) e a respiração é reação de análise (decomposição) efetuada por todos os seres vivos (vegetais clorofilados ou não e animais). Os vegetais que não têm clorofila, como a maioria das bactérias e fungos e os animais constituem os seres heterótrofos ou consumidores.

Nos processos heterotróficos aeróbicos o oxigênio dissolvido, presente no ambiente aquático, é consumido, produzindo condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton.

Deste modo, são indicadores biológicos de poluição as bactérias (indicadores microbiológicos) e as comunidades hidrobiológicas (fito- e zôoplânctons), entre outros (HYNES, 1960).

Um exame do extrato fitoplanctônico fornece subsídios, que permitem avaliar a alteração do meio, que é refletida pela fauna e flora sobreviventes. Um registro de espectro de absorção eletrônica pode oferecer informações valiosas sobre as condições dos pigmentos naturais oriundos do extrato fitoplanctônico. São as clorofilas (a, b e c) as xantofilas e os carotenos os pigmentos característicos das algas componentes desses extratos. As alterações que se produzem no registro desses espectros refletem as alterações nos componentes do fitoplâncton e, em consequência, na qualidade das águas estudadas.

Um espectro característico de extrato fitoplanctônico "saudável" apresenta bandas de absorção bem definidas à proximidades dos comprimentos de onda 663 (banda algo intensa,

nítida), 645 (fraca, porém nítida) e 630 nm (idem, ibidem). Tais bandas de absorção constituem a base fundamental para a avaliação quantitativa dos teores de clorofilas a, b e c pelo método tricromático (APHA, AWWA, WPCF, 1975). Acrescente-se, ainda, a existência de uma nítida e intensa banda (a mais intensa), que se desenvolve em direção à região do intervalo às proximidades de 400-450 nm.

A Figura 20 exibe dois registros de espectros de absorção para o extrato fitoplanctônico coletado nas águas das praias do Murubira (intensa movimentação de banhistas) e de Carananduba (presença de plantas aquáticas). Observe-se que a banda às proximidades de 663 nm aparece nítida, embora pouco pronunciada, pouco intensa. Na região de 500-640 nm aparecem manifestações de bandas mal resolvidas, pouco nítidas, às proximidades de 536 e 585 nm. Mais adiante, em direção às regiões mais energéticas, há desenvolvimento da já esperada banda, intensa e nítida, com comprimento de onda máximo às proximidades de 430 nm.

Depreende-se do exame desses registros que os espectros de absorção desses extratos se encontram algo alterados, como, aliás, seria de se esperar. Além disso, tornaram-se inócuas as tentativas de avaliação das concentrações das clorofilas a, b e c, já que seus índices se apresentariam muito baixos. Tais fatos revelam ecossistemas muito pouco produtivos.

Resultados obtidos por RIBEIRO & LIMA (1992) em lagos amazônicos represados (área fisiográfica do Utinga- Belém, PA) chegaram em torno de 5 mg/L para a clorofila a, 3 a 5,7 mg/L para a clorofila b e 15 a 20 mg/L para a clorofila c, resultados esses considerados pelos autores como pouco produtivos para tais ecossistemas, quando comparados com índices mais elevados observados, por exemplo, em reservatórios como o Paiva Castro (SP), com teor de clorofila a em 19,0 mg/L (Rail & Hill citado por ESTEVES, 1988).

A análise qualitativa das comunidades hidrobiológicas revelou que o ambiente apresenta uma baixa diversidade de espécies, sendo que o grupo dominante é o das diatomáceas. De acordo com PAIVA (1991), as diatomáceas se destacam como os principais organismos da microflora planctônica estuarina e, na maioria dos casos, elas constituem a maior percentagem das microalgas presentes.

Os resultados da fitoflora da praia do Murubira no período de estiagem são apresentados na Figura 21.

Na composição fitoplanctônica do ambiente estudado, detectou-se *Polymyxus coronalis*, espécie que caracteriza o fitoplâncton guajarino, sendo considerada como indicadora de águas salóbras da região (PAIVA, 1991). Na região amazônica esta espécie também já foi encontrada em Gurupá e Breves-PA e na foz do rio Guamá-PA (Moreira Filho et al citado por PAIVA, 1991).

É importante ressaltar que esses dados constituem apenas resultados preliminares, e que podem fornecer uma breve idéia da composição da fitocloro do ambiente em questão, além de poder a vir a servir como base para estudos posteriores mais detalhados.

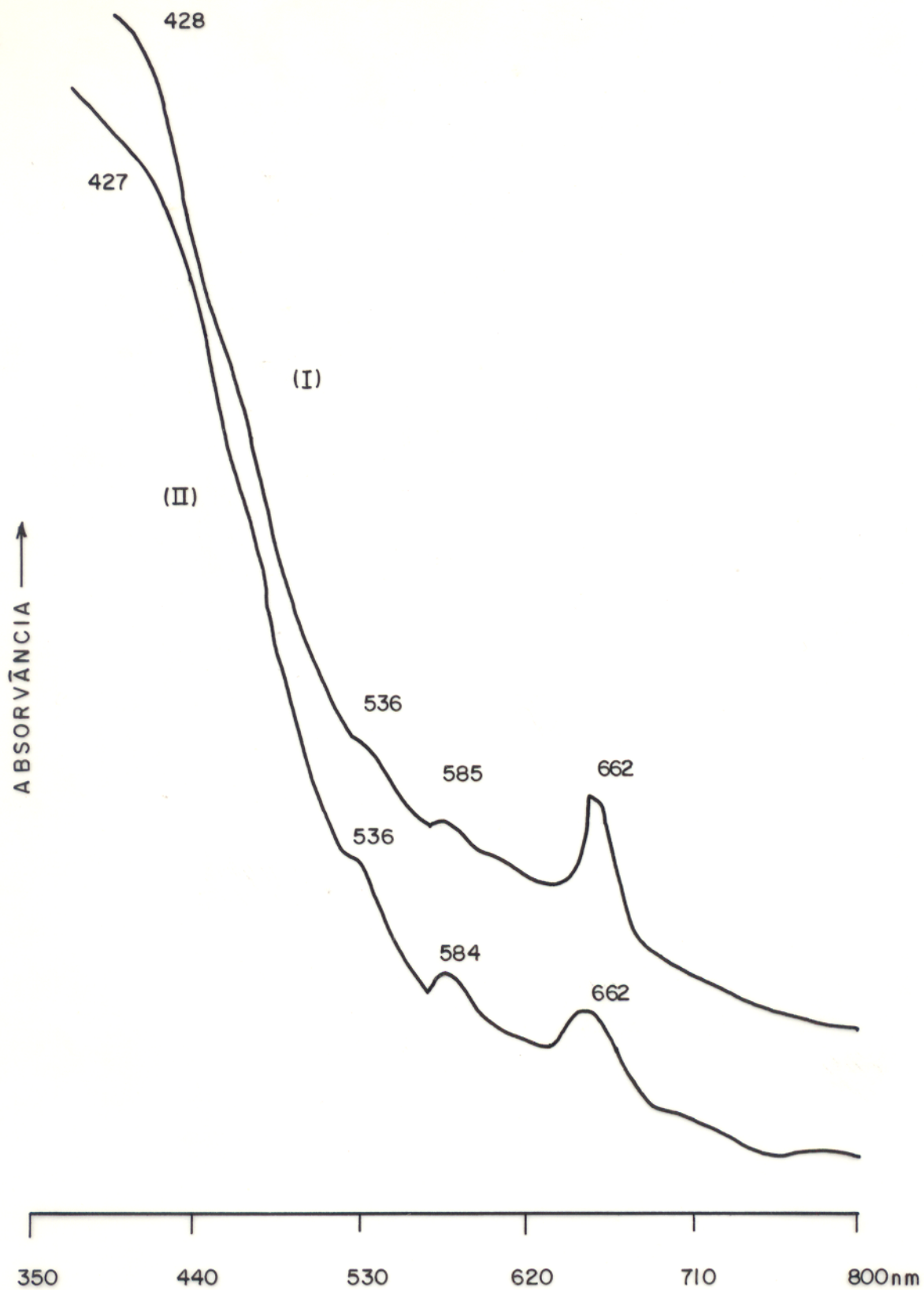


Figura 20 - Espectros de absorção eletrônica. Extratos fitoplanctônicos de águas estuarinas. Praias do Murubira (I) e Carananduba (II). Material coletado em 19.12.94.

**Figura 21- Componentes da flora planctônica da praia do Murubira**

## CYANOPHYTA

(continua)

## CYANOPHYCEAE

## NOSTOCALES

## OSCILATORIACEAE

*Oscillatoria sp.*

## CHRYSTOPHYTA

## BACILLARIOPHYCEAE

## CENTRICAEE

## DISCALES.

## COSCIDINODISCACEAE

*Coscinodiscus apicullatus Ehrenberg**C. concinnus W. Smith**C. lineatus Ehrenberg**C. oculusiridis Ehrenberg**C. rothii (Ehrenberg) Grwnow**Melosina granulata (Ehrenberg) Ralfs**Melhoria sp.*

## ACTINODISCACEAE

*Polymyseus coronalis L. W. Bail*

**Figura 21 - Componentes da flora planctônica da praia do Murubira**

(conclusão)

## EUPODISCACEAE

*Actinocyclus sp.*

## BIDDULPHIALES

## BIDDULPHIACEAE

*Triceratium favus Ehrenberg*

## PENNATAE

## BIRAPHIDALES

## NAVICULACEAE

*Navicula sp.*

## ANPHIPRORACEAE

*Amphiprora pulchra Bailey.*

#### 4.4. SEDIMENTOS DE FUNDO

O estudo de sedimentos de fundo aqui procedido considerou análises química e difratométrica. A análise química recaiu sobre a determinação de metais (Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Ni), carbono orgânico titulado, nitrogênio orgânico e fósforo (total, orgânico e inorgânico). A análise difratométrica identificou os argilominerais predominantes na amostra bruta, glicolizada e aquecida a 550°C. Coletou-se amostra de sedimentos de fundo no rio Cajueiro, na praia de Carananduba e na praia do Bispo.

As águas do rio Cajueiro são lançadas às proximidades das praias de São Francisco e Carananduba; constitui um típico rio de “águas brancas”, com muito material em suspensão; em sua margem desenvolve-se o mangue natural, vegetação densa; no local de coleta observa-se manifestação antrópica já que se constitui um entreposto de venda de pescado e artigos de mercearia; aí aportam embarcações regionais, de madeira, que despejam lixo, resíduos, efluentes de sanitários; também uma urbanização (favela) aí se espalha, em torno do local de coleta desses sedimentos (Figura 22).

A praia de Carananduba representa um ambiente natural, pouco utilizado pelos banhistas, e constitui um porto de atracação de pequenas embarcações pesqueiras artesanais. Por condições locais, naturais, aí se desenvolvem certas plantas aquáticas, sendo um local propício ao aparecimento de certos peixes como arraias, que se alimentam de restos orgânicos existentes nas águas mais rasas da praia (Figura 23).

A praia do Bispo, embora bastante utilizada pelos banhistas representa um ambiente sujeito a todo tipo de influência urbana e natural. Aí se desenvolvem plantas aquáticas, é assoreada em certos trechos por sedimentos, que se depositam constantemente na praia; recebe influências de despejos urbanos (esgotos pluviais) de áreas urbanizadas mais elevadas recebe ainda, influência de

movimentação de embarcações pesqueiras, no trapiche que se encontra às proximidades (Figura 24).

Na tentativa de recolher subsídios que permitam interpretar os processos de acumulação de matéria orgânica e metais em suporte mineral, procedeu-se este estudo, considerando-se a extração seletiva de metais pesados segundo as recomendações de FERNANDES et al. (1987). A lixiviação com HCl ( extração parcial ) produz a fração móvel de metais no sedimento; o resíduo (sólido), convenientemente preparado, é tratado com  $\text{HClO}_4 + \text{HF}$  (abertura total ) extraíndo-se desse modo, a fração residual de metais no sedimento. Utilizando-se ainda a abertura total (extração completa ) para determinação do teor total de cada metal presente no sedimento bruto.

A Tabela 5 resume os resultados analíticos obtidos para dosagem de metais, do fósforo total (inorgânico e orgânico) do nitrato orgânico e do carbono orgânico.

Observe-se, inicialmente, que a soma das concentrações das frações móvel e residual como seria de se esperar, corresponderia à concentração da fração total do metal pesado no sedimento; no entanto, eventuais perdas nos procedimentos analíticos produzem resultados aparentemente conflitantes. Por sua vez, para Ca, Mg, Na e K não se procedeu a análise da fração residual por motivo de força maior. Os resultados ali expressos (para fração residual) são obtidos por diferença (fração total menos fração móvel).

As concentrações obtidas para Ca, Mg, Na e K na “fração total” (variando de 700  $\mu\text{g/g}$ , para Mg, até 4264  $\mu\text{g/g}$ , para o K) dizem respeito ao sedimento como um todo (complexo orgânico mineral), isto é à matéria orgânica + material mineral (argilominerais principalmente).

Como seria de se esperar, os valores numéricos obtidos para fração residual (calculada, variando de 232  $\mu\text{g/g}$ , para o Ca, até 4121  $\mu\text{g/g}$ , para o K) seria , sempre, superior às concentrações relacionadas com a fase móvel ( esta , estendendo-se desde 26 $\mu\text{g/g}$ , para o Ca, até

1014  $\mu\text{g/g}$  , para Ca. Com efeito, segundo a literatura científica (GRIM, 1968; LEVINSON, 1974) tais metais são componentes naturais de argilominerais, onde se apresentam efetivamente combinados (dentro do reticulado cristalino) ou parcialmente combinados (processos de adsorção e troca iônica, principalmente). A associação desses metais com a matéria orgânica diz respeito à ocorrência desses nutrientes no ciclo vital das plantas (EPSTEIN, 1972; BROOKS, 1972; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1986). No entanto, para as amostras do rio Cajueiro registrou-se situações de máximos e mínimos, com intervalos mais ou menos curiosos, predominando os metais na fração residual e, portanto, efetivamente combinados ao argilomineral; são o Na e o K os metais que mais se concentram na fração residual ( variam cerca de 13 a 93 vezes mais em relação à fração móvel ).

Quanto aos metais pesados ( Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Ni ), estes também se apresentam efetivamente combinados com os argilominerais (presos no reticulado cristalino) ou adsorvidos aos mesmos (GRIM 1968; LEVINSON, 1974). Suas associações com a matéria orgânica de origem vegetal diz respeito à ocorrência desses metais no ciclo vital da plantas (elementos- traço) como componentes de enzimas, principalmente (EPSTEIN, 1972; BROOKS, 1972; VAN LOON, 1985 ; KABATA- PENDIAS & PENDIAS, 1986).

A Tabela 5 demonstra claramente que as concentrações desses metais na fração residual é sempre superior às concentrações dos mesmos na fração móvel, ou seja, os metais se apresentam, principalmente efetivamente combinados com os argilominerais e minerais associados, tais como óxido, hidróxidos e oxi-hidróxidos de Fe e Mn (GRIM, 1968; LEVINSON, 1974). Por tais razões as concentrações de Fe ( em qualquer fração ) são sempre mais elevadas, ( na fração total varia de 5322 a 10193 ppm ) do que as concentrações dos demais metais. Os demais metais

apresentam máximos em 252  $\mu\text{g/g}$  (Mn), 83  $\mu\text{g/g}$  (Zn e Ni), 54 $\mu\text{g/g}$  (Cr) e 21 $\mu\text{g/g}$  (Cu). Aparentemente a julgar pelos resultados aqui obtidos, são o Cr e o Cu os metais menos móveis.

Quanto ao fósforo, é um dos nutrientes mais importantes para os organismos. O conteúdo de fósforo em estuário é influenciado pelas descargas dos rios que acrescentam esse elemento tanto na forma particulada como na dissolvida podendo ser tanto de origem antropogênica como de origem natural da terra (AGUIAR & PATCHINEELAM, 1991).

No presente trabalho o fósforo apresenta-se desdobrado em 3 procedimentos diferentes (para fósforo total, fósforo orgânico e fósforo inorgânico), sua análise refere-se na essência ao fosfato que se apresenta combinado nos compostos orgânicos (de origem vegetal, principalmente) e o fosfato inorgânico (mineral). Considerando, apenas, a fração total de P no sedimento suas concentrações variam de 35  $\mu\text{g/g}$  (praia do Bispo) para 117  $\mu\text{g/g}$  (rio Cajueiro) sugerindo razoável diferenciação. É também o rio Cajueiro (local de coleta) que apresenta maior concentrações de argilominerais no sedimento. Talvez isto justifique porque a concentração de P se apresenta mais elevada, já que o P é componente natural de minerais associados às argilas em geral (GRIM, 1968; LEVINSON, 1974). Também como seria de se esperar as concentrações de P inorgânico são sempre superiores (variando de 30  $\mu\text{g/g}$ , na amostra da praia do Bispo, para 92 $\mu\text{g/g}$ , para amostra coletada no rio Cajueiro). Por sua vez os teores de P orgânico de 5  $\mu\text{g/g}$  (praia do Bispo) para 25 $\mu\text{g/g}$  ( rio Cajueiro ), sugerindo certa contribuição antropogênica.

Tais resultados (fósforo total) se encontram compatíveis com valores registrados na literatura para ambientes amazônicos (RIBEIRO & LIMA, 1992; RIBEIRO, 1992).

Os teores de nitrogênio orgânico variam de 0,56 % (sedimentos da praia de Carananduba) para 1,68% (rio Cajueiro) em termos de  $\mu\text{g/g}$  N. Esses resultados se encontram em conformidade com valores disponíveis na literatura científica, em estudo sobre sedimentos de fundo em

ambientes amazônico bastante semelhantes (RIBEIRO & LIMA, 1992 e RIBEIRO, 1992), que registraram valores numéricos para N orgânico variando de 1,94% (rio Guamá) pra 2,95 % (rio Aurá) ambos no período chuvoso observando oscilações com a sazonalidade (no período de estiagem registraram-se índices mais baixos: 0,09% para o Aurá contra 0,12% para o Guamá). Efetivamente, deve-se esperar resultados diferenciados entre os períodos menos e mais chuvosos. No período mais chuvoso é notável a contribuição da matéria orgânica de origem vegetal associada com águas e sedimentos, no ambiente amazônico (SIOLI & KLINGER, 1962; SIOLI, 1967; LIMA & KOBAYASHI, 1988).

É o carbono orgânico titulado importante parâmetro na avaliação ambiental de áreas submetidas à ação da matéria orgânica. Nos casos em que se constate a influência da floresta deve-se esperar que os valores numéricos obtidos para o carbono orgânico se encontrem efetivamente, associados aos processos de decomposição da matéria orgânica de origem vegetal. No entanto, as áreas degradadas, estando ausente a floresta ou suas influências o carbono orgânico constitui a base fundamental para a avaliação do sedimento contaminado.

As concentrações aqui avaliadas para o C orgânico variaram de 0,24% (praia de Carananduba) para 2,97% (rio Cajueiro). A exemplo do que se observou para o N orgânico é de se esperar que áreas de praias se apresentam bem mais lavadas pela maré de que por exemplo, as margens de um rio, sob vegetação de mangue, e submetida à ação antropica (favelas, embarcações e trabalho de pescador), devem as margens do rio concentrar mais material argiloso associado à matéria orgânica. No entanto, os resultados aqui obtido mostram que tais ambientes, aparentemente não se encontram tão degradados como comparados por exemplo com os dados, obtidos por JAPENGA et al (1987) para as baías de Guanabara (8,5%) ou Gurapina (10,0%), consideradas efetivamente poluídas. Quando comparados com C orgânico no rio Aurá (9,78%) e

Guamá (4,16%), os valores aqui obtidos são relativamente, bem mais baixos (RIBEIRO & LIMA, 1992; RIBEIRO, 1992).

Segundo LIMA et al.(1983) as argilas de várzea - típicas da Amazônia - são constituídas de materiais sedimentares, transportados pelos grandes rios (Amazonas, Tocantins, Tapajós, Xingu, entre muitos outros) que forma depósitos de argilas sedimentares. Exemplos típicos desses depósitos são encontrados em certas zonas litorâneas bem como no interior (onde abundam furos e igarapés).

As argilas que são removidas do local original de formação, são denominadas argilas “secundárias”, “transportadas” ou “sedimentos”. O ciclo das argilas sedimentares se diferencia dos outros ciclos sedimentares porque a argila é transportada em suspensão (e não em solução), e porque a deposição é , principalmente, por sedimentação mecânica. A granulometria fina dos argilominerais permite que permaneçam longo tempo em suspensão (LIMA et al. , 1983).

Os métodos de difração de raios-X fornecem informações mais amplas, precisas e detalhadas quanto à qualificação, caracterização e quantificação dos argilominerais, notadamente as espécies do grupo caulinita (GOMES, 1988).

Os resultados da análise por difração de raios-X dos sedimentos analisados os quais revelaram semelhanças eminentes entre si, sem particularidades merecedoras de maiores atenções. Os difratogramas evidenciaram a presença de caulinita, montmorilonita e illita nos locais amostrados. Amontmorilonita e illita foram confirmadas através de lâminas orientadas e aquecidas a 550°C bem como pela expansão com o etilenoglicol (Figura 25).

Tais resultados são compatíveis com a mineralogia da área, e podem ser explicados pelo fato que em regiões tropicais seca e úmida alternadas, a hidrólise é acentuada nos minerais primários liberando certos elementos químicos como K, Al, Ca, Mg, Fe, Ni e Si com mobilidade diferenciadas que em determinadas circunstâncias podem recombinar-se e formar minerais argilosos de neo formação-casos de caulinita e de montmorilonita (GOMES, 1988).



Figura 22 - Rio Cajueiro, ponto RC. Observe-se a manifestação antrópica (embarcações, favelas, etc... ) e a presença de manguezais nas margens.



Figura 23 - Praia de Carananduba. Observe-se o desenvolvimento de plantas aquáticas.



Figura. 24 - Praia do Bispo (baixamar). Desenvolvimento de plantas aquáticas e sedimentos e o trapiche de desembarque na ilha de Mosqueiro.

**Tabela 5 - Análise química de sedimento de fundo (praias da ilha de Mosqueiro, PA). Material coletado em agosto/1994. Resultados expressos em  $\mu\text{g/g}$  (metais e fósforo). C e N expressos em % em peso.**

Elementos	Rio Cajueiro	Praia de Caranduba	Praia do Bispo
Ca			
(FT)	1246	875	768
(FM)	1014	286	363
(FR)	232	590	405
Mg			
(FT)	3850	700	1600
(FM)	950	300	325
(FR) calc.	2900	400	1275
Na			
(FT)	4217	2852	2670
(FM)	185	33	54
(FR) calc.	2369	2819	2616
K			
(FT)	4264	2454	3039
(FM)	143	26	36
(FR) calc.	4121	2428	3003
Fe			
(FT)	10111	10193	5322
(FM)	3663	1023	1269
(FR)	6205	9792	3641
Mn			
(FT)	232	158	252
(FM)	138	34	170
(FR)	79	110	78
Cu			
(FT)	14	14	21
(FM)	8	0	2,3
(FR)	9,6	3,5	5,6
Zn			
(FT)	83	83	75
(FM)	38	16	13
(FR)	53	32	32
Ni			
(FT)	50	54	38
(FM)	0	0	0
(FR)	45	48	26
P			
(PT)	117	41,5	34,5
(PI)	92	34,7	30
(PO)	25	6,75	4,5
C (%)	2,97	0,24	0,78
N (%)	1,68	0,56	0,75

OBS: FT (fração total); FM (fração móvel); FR (fração residual); PT (fósforo total); PI (fósforo inorgânico); PO (fósforo orgânico); Calc. (calculada)

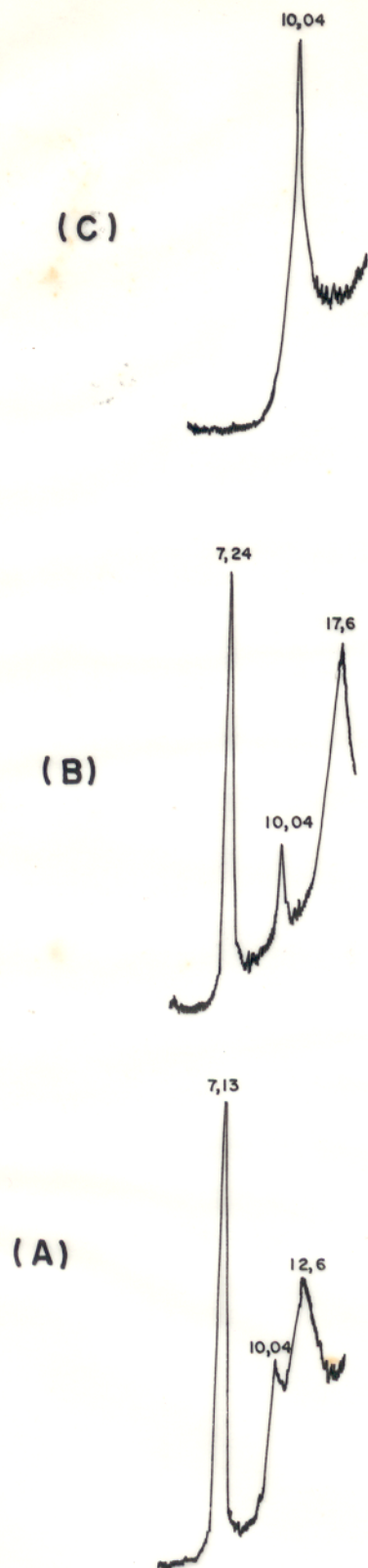


Figura 25 - Difratoograma de raios-x. Amostras de sedimento das praias do Bispo e Carananduba e rio Cajueiro. Agregados orientados: (A) bruto; (B) glicolizado; (C) aquecido a  $550^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.5. ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

Medições bacteriológicas estão atualmente sendo feitas com freqüência crescente, a fim de monitorar a qualidade da água de rios, lagos e praias com o objetivo de detectar possíveis contaminações.

Fator de relevada importância do condicionamento da qualidade de uma praia é a sua localização e conseqüente fisiografia. Praias localizadas em enseadas, baías e lagunas apresentam fatores de diluição bastante inferiores aos observados em praias de regiões costeiras abertas. A diminuição das taxas de renovação das águas daquelas regiões favorece a capacidade de diluição do meio receptor considerado (CETESB, 1987).

As bactérias do grupo coliforme constituem o indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo o mundo, sendo empregados como o parâmetro bacteriológico básico na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, bem como para caracterização e avaliação bacteriológica da qualidade das águas em geral, desde de 1946 (GELDREICH, 1966).

Os organismos coliformes são definidos como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, que fermentam a lactose com produção de gás em 24-48 horas a 35° C. Neste grupo são incluídos os gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*.

DUFOUR (1977) tem contestado a utilização do grupo coliformes como indicadores de contaminação fecal, visto que a metodologia empregada permite a detecção, além de *E. coli*, de *Klebsiella* que não é uma bactéria de origem exclusivamente fecal. DUFOUR & CABELLI (1975) propõem a *E. coli* como indicador de contaminação fecal.

Das várias espécies do gênero *Escherichia*, a *E. coli* é a espécie que constitui 95% dos coliformes das fezes, além de certo número de outras espécies de coliformes ( PEREIRA et al., 1987 ).

A *Escherichia coli* é um microrganismo presente na flora intestinal humana e de animais homeotermos, sendo considerada como um organismo patogênico, podendo causar diferentes doenças como, enfermidades diarréicas, infecções locais, meningite, septicemia e enfermidades imunológicas (OLSVIK et al., 1991).

No entanto estudos realizados na área tropical de Porto Rico demonstram que a *E. coli* pode sobreviver e permanecer em atividade no ambiente por extensos períodos de tempo, tornando-a inviável como indicadora de contaminação fecal recente em águas tropicais (LOPEZ-TORRES, et al., 1988; JIMENEZ et al., 1989).

É amplamente conhecido que as fezes dos homens e animais de sangue quente são ricas em coliformes e que estas bactérias existem em águas não poluídas, em número reduzido. Uma das vantagens do grupo coliforme como indicador de poluição hídrica, é o fato bem conhecido de que seu número na água, está correlacionado no tempo com o decréscimo das bactérias patogênicas intestinais (BATALHA & PARLATORE, 1977).

A densidade de coliformes é aproximadamente proporcional a quantidade de poluição fecal presente e quando a densidade de coliformes está elevada é indicativo da presença de bactérias patogênicas de origem intestinal.

Nas águas estuarianas destinadas à recreação, onde as densidades de coliformes fecais foram acima de 2000 NPM/100 mL, ocorreram a presença de salmonellas em 98% das amostras analisadas (GELDREICH, 1978).

Segundo GELDREICH (1978), as doenças causadas por poluição hídrica em ambientes contaminados por coliformes fecais estão associadas a presença de salmonelas.

BONDE, G. J. (1977) afirma que existe uma correlação entre coliformes e salmonellas (causadoras da febre tifoide) de tal maneira que quando a contagem de *E. coli* excede de  $10^5$ , as espécies de salmonellas são encontradas em todas as amostras.

A maneira mais lógica para detectar os microorganismos causadores de doenças de veiculação hídrica é pesquisando um indicador microbiológico comum nas fezes de todos os animais de sangue quente. Nas fezes humanas 96,4% dos coliformes totais, são os fecais que estão presente (GELDREICH, 1978).

Do ponto de vista de saúde pública, temos que considerar a possibilidade de transmissão de doenças de veiculação hídrica aos banhistas, por águas recreacionais contaminadas por microorganismos patogênicos, com a probabilidade de ocorrência de doenças infecciosas como a febre tifóide, poliomielite, gastroenterite, hepatite infecciosa e outras. Em adição aos organismos patogênicos responsáveis pelas doenças acima citadas, de origem fecal, existe ainda a possibilidade de existência de organismos patogênicos oportunistas, responsáveis por doenças não afetas ao trato intestinal como as de pele, olhos, ouvidos ou região nasofaríngea (CETESB, 1987).

A qualidade bacteriológica das águas analisadas foi baseada nas determinações estabelecidas pela legislação vigente- Resolução nº 20 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), de junho de 1986, que estabelece critérios para classificação de águas destinadas à recreação de contato primário e secundário.

Segundo essa Resolução, quanto a balneabilidade, as praias são classificadas em quatro categorias: excelente, muito boa, satisfatória e imprópria, de acordo com as densidades de coliformes fecais ou totais (Tabelas 6 e 7).

O índice de coliformes, o qual é expresso em termos do Número Mais Provável (NMP), representa a densidade de organismos por 100mL de amostra. De acordo com, a teoria estatística, este seria o número de maior probabilidade para se estimar o número de bactérias presentes na amostra. Este índice é obtido em tabelas encontradas na literatura referente ao assunto (HOSKINS, 1934).

Foram realizadas duas campanhas para determinação dos coliformes totais e coliformes fecais. A primeira (1<sup>o</sup>) campanha foi realizada no mês de janeiro, caracterizando o período chuvoso e a segunda (2<sup>o</sup>) campanha no mês de julho caracterizando o período de estiagem.

Para a identificação das amostras foi utilizada a letra "P", significando praia. Após o "P" segue a letra inicial das praias analisadas e posteriormente os numerais de 1 a 4 à amostragem efetuada em janeiro de 1994, os numerais de 5 a 9 referem-se as amostras coletadas em julho de 1994 (Tabela 8 e 9).

Observando a Tabela 8, nota-se que não houve muita variação nos valores de coliformes fecais, entre as duas estações. Embora na estação chuvosa, todas as amostras estiveram acima do limite máximo permitido para recreação de contato primário.

A ocorrência de chuvas é um fator de grande importância na deterioração da qualidade microbiológica das águas das praias. Grande parte do esgoto, lixo e outros detritos pode ficar estagnada em poças e valas em terra, na ausência das chuvas. As precipitações pluviais se encarregam de levar esses dejetos para as praias, através das galerias de águas pluviais e canais de drenagem, produzindo, assim, um aumento considerável na densidade de bactérias presentes nas águas litorâneas (CETESB, 1987).

Os resultados obtidos no estudo do ponto PB- praia do Bispo, localizado em frente a praça Matriz, esteve 85,7% do tempo acima dos limites estabelecidos para coliformes fecais pela

legislação. O valor mínimo foi de 730 NMP/100mL na amostra PB-08, e o máximo de  $9,5 \times 10^5$  NMP/100 mL na amostra PB-02. Tais resultados são congruentes com o aspecto visual da praia, contendo um trapiche com saída diária de navio, barcos de pesca, presença de barracas de camping em períodos de temporada e canais de drenagem. Avaliando-se um dos canais, o ponto EB, detectou-se que ligações clandestinas de esgotos estão sendo lançadas na praia via galeria de águas pluviais.

Um dos principais problemas que o Brasil enfrenta no tocante à preservação e manejo dos recursos hídricos continentais diz respeito à contaminação por esgoto doméstico (JARDIM, 1992).

No estudo do ponto PG- Praia Grande, situado ao lado esquerdo do bar Faveirão, os resultados apresentaram-se 75% do tempo impróprias para o banho. O valor máximo foi determinado na amostra PG-01, em 02.01.94, com um NMP de coliformes fecais de  $2,1 \times 10^6$  /100 mL e o valor mínimo de 360 NMP/ 100 mL. Observou-se ao longo da praia o lançamento de esgotos domésticos oriundos das casas localizadas na beira da praia e a presença de sanitários que pelo número de coliformes fecais encontrado, possivelmente estão sendo lançados diretamente na praia.

No ponto PF- praia do Farol, as amostras foram coletadas próximo ao hotel do Farol. Em toda a extensão da praia, observa-se a presença de canais de drenagem, que em determinados locais chegam a formar lagos com aspecto deplorável. Os resultados mantiveram-se constantes, nos dois (2) períodos analisados, exceto a amostra PF-01, que apresentou valor máximo de  $2,1 \times 10^6$  NMP de coliformes fecais/ 100 mL em 02.01.94 e amostra PF-09 com o mínimo de 910 NMP/ 100 mL. Tendo sido classificada como imprópria em 87,5% do tempo das amostras analisadas, indicando uma alta taxa de matéria orgânica de origem fecal.

Na praia do Chapéu Virado, o ponto PCV foi estabelecido em frente ao caramanchão. O valor máximo encontrado foi de  $2 \times 10^4$  NMP de coliformes fecais/ 100 mL para a amostra PCV-09, e o mínimo foi da amostra PCV-08 de 730 NMP/ 100 mL, estando imprópria para banho em 50% do período analisado. O lançamento de canais de drenagem nas proximidades contribuem com matéria orgânica sanitária

Observando os resultados do ponto PM- praia do Murubira, localizado em frente ao hotel Murubira, onde o fluxo de veranistas nos finais de semana é bastante concorrido, cujas coletas foram realizadas sempre aos domingos, encontrou-se um valor mínimo para a amostra PM-05 de 750 NMP/ 100 mL e um máximo encontrado foi de  $1,5 \times 10^4$  NMP/ 100 mL, ficando classificada como imprópria em 87,5% do tempo. Avaliando as condições sanitárias de um dos canais de drenagem, o ponto EM, foi detectado alto nível de contaminação por matéria de origem fecal.

Na praia do Paraíso, o ponto PP está localizado após o igarapé que deságua na praia. É uma área aparentemente preservada, devido a ausência de sinais de poluição por valas ou esgotos e pela baixa concentração populacional. Outro fator que deve ser considerado é estar a praia do Paraíso, numa região com menor influência do estuário guajarino, situando-se entre as baías do Marajó e do Sol. Devido a distância do centro urbano foram feitas 4 amostragens no mês de julho, a qual manteve-se nesse período dentro dos padrões de balneabilidade, sendo considerada própria para banho, com exceção da amostra PP-09 que apresentou um valor de  $24 \times 10^2$  NMP/100mL.

No rio Cajueiro (ponto RC), foi verificado valor máximo acima de  $11 \times 10^5$  NMP de coliformes fecais/100 mL, condizente com o evidente comprometimento antropogênico, o qual pode-se observar grande parte de resíduos e rejeitos oriundos das atividades pesqueiras e urbanização desordenada na área. Tal quadro apresenta-se crítico, haja visto que suas águas são lançadas nas proximidades das praias de São Francisco e Carananduba.

FERREIRO (1987) avaliando a qualidade das águas da Enseada dos Tainheiros (baía de Todos os Santos ), registrou concentrações máximas de  $1,4 \times 10^6$  NMP/ 100 mL de coliformes fecais, as quais foram determinadas impróprias para recreação, por contato primário e secundário.

Segundo MARTINS et al (1988), as praias de Santos apresentaram índices médios de coliformes na ordem de  $7,9 \times 10^3$  NMP/mL, sendo classificadas como impróprias para o banho. Encontraram também nessas praias a presença de salmonelas em praticamente todos os locais de amostragem. A alta incidência de salmonella em águas das praias indicam seu elevado risco à saúde dos usuários.

MARTINS et al (1988) verificaram que entre os patógenos presentes em águas, lodos, resíduos sólidos, salmonellas são os mais frequentemente detectados devido à sua maior sobrevivência no meio externo e pela adequação e disseminação da metodologia de isolamento. Concluíram que os coliformes ainda são bons indicadores de poluição, principalmente frente à presença de salmonella, pois obteram uma relação praticamente linear entre porcentagem de isolamento de salmonella e níveis de coliformes fecais.

Observando os canais de drenagem que deságuam nas praias de Mosqueiro estabeleceu-se os pontos EB (efluente que desemboca na praia do Bispo ) e EM (efluente da praia do Murubira), para avaliar a qualidade e a quantidade do que está sendo despejado nas praias, via galeria de águas pluviais.

A densidade média de coliformes fecais em esgoto sem qualquer tratamento, varia de  $10^7$  a  $10^8$  organismos em cada 100 mL de esgoto (CETESB, 1987).

Os resultados apresentados na Tabela 9 apresentaram valores de até  $11 \times 10^8$  NMP de coliformes fecais / 100 mL, que caracterizaram esgoto bruto.

É bastante difundida, no nosso país, a crença de que os efluentes industriais são os grandes responsáveis pela degradação dos recursos hídricos. Salvo para alguns bolsões de alta concentração industrial, os esgotos domésticos ainda são o principal responsável pela situação atual em que se encontram os nossos mananciais. O rio Tietê é um exemplo clássico de recurso contaminado não apenas por alta carga orgânica industrial, mas também por efluentes domésticos (JARDIM, 1992).

Foram determinados os coliformes totais e coliformes fecais, mas considerando o estudo de LAVOIE (1983) de que os coliformes fecais estão mais diretamente relacionados com contaminação fecal, e o mais utilizável como indicador de risco à saúde, a classificação das praias quanto a balneabilidade no período analisado foi baseado nos valores de coliformes fecais (Figura 26).

A Tabela 10 dá uma idéia do grau de poluição fecal das praias estuarinas da ilha de Mosqueiro, em comparação com outras zonas costeiras e rios brasileiros, mostrando assim que os resultados obtidos não diferem muito dos valores de outras regiões poluídas do Brasil.

Independente da indiscutível validade e importância dos coliformes fecais como indicadores de poluição fecal, ainda é muito discutido na comunidade científica a respeito do estabelecimento de padrões de qualidade de água para fins recreacionais dada a complexidade de fatores sociais, culturais, econômicos, políticos, climáticos, geográficos e diferentes graus de imunidade da população. Conseqüentemente, a constatação de altas densidades de coliformes fecais em águas de praia indica, contaminação por esgotos que poderá por em risco a saúde dos banhistas, cuja gravidade depende basicamente da saúde da população que gera esses esgotos e do grau de imunidade dos usuários (CETESB,1987).

**Tabela 6 - Limites de coliformes fecais por 100 mL para cada categoria de classificação das praias.**

Categoria	Limite de Coli-fecal-NMP/100mL
EXCELENTE	Máx de 250 em 80% ou mais das amostras
MUITO BOA	Máx de 500 em 80% ou mais das amostras
SATISFATÓRIA	Máx de 1000 em 80% ou mais das amostras
IMPRÓPRIA	Máx de 1000 em mais de 20% das amostras

FONTE: BRASIL. Leis, decretos etc. (1990).

**Tabela 7 - Limites de coliformes totais por 100 mL para cada categoria de classificação das praias.**

Categoria	Limite de Coli-fecal-NMP/100mL
EXCELENTE	Máx de 1250 em 80% ou mais das amostras
MUITO BOA	Máx de 2500 em 80% ou mais das amostras
SATISFATÓRIA	Máx de 5000 em 80% ou mais das amostras
IMPRÓPRIA	Máx de 5000 em mais de 20% das amostras

FONTE: BRASIL. Leis, decretos etc. (1990).

Tabela 8 - Coliformes totais e fecais (NMP/100 mL), em praias selecionadas de Mosqueiro.

Amostras	Coliformes		Condição
	Totais*	Fecais*	
PB- 01	15 x 10 <sup>3</sup>	15 x 10 <sup>3</sup>	IMPRÓPRIA
PB- 02	93 x 10 <sup>4</sup>	93 x 10 <sup>4</sup>	IMPRÓPRIA
PB- 03	93 x 10 <sup>2</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PB- 04	93 x 10 <sup>2</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PB- 05	93 x 10 <sup>2</sup>	23 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PB- 06	24 x 10 <sup>2</sup>	24 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PB- 07	24 x 10 <sup>2</sup>	-	IMPRÓPRIA
PB- 08	24 x 10 <sup>3</sup>	730	PRÓPRIA
PB- 09	93 x 10 <sup>2</sup>	43 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PG- 01	21 x 10 <sup>5</sup>	21 x 10 <sup>5</sup>	IMPRÓPRIA
PG- 02	75 x 10 <sup>2</sup>	75 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PG- 03	24 x 10 <sup>3</sup>	24 x 10 <sup>3</sup>	IMPRÓPRIA
PG- 04	43 x 10 <sup>2</sup>	43 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PG- 05	46 x 10 <sup>3</sup>	360	PRÓPRIA
PG- 06	21 x 10 <sup>3</sup>	460	PRÓPRIA
PG- 07	15 x 10 <sup>4</sup>	-	IMPRÓPRIA
PG- 08	23 x 10 <sup>3</sup>	23 x 10 <sup>3</sup>	IMPRÓPRIA
PG- 09	24 x 10 <sup>3</sup>	21 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 01	21 x 10 <sup>5</sup>	21 x 10 <sup>5</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 02	24 x 10 <sup>3</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 03	43 x 10 <sup>2</sup>	43 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 04	43 x 10 <sup>2</sup>	43 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 05	93 x 10 <sup>2</sup>	23 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 06	93 x 10 <sup>2</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 07	24 x 10 <sup>4</sup>	-	IMPRÓPRIA
PF- 08	93 x 10 <sup>3</sup>	43 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PF- 09	75 x 10 <sup>2</sup>	910	IMPRÓPRIA
PCV- 01	-	-	
PCV- 02	15 x 10 <sup>2</sup>	15 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PCV- 03	93 x 10 <sup>2</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PCV- 04	15 x 10 <sup>3</sup>	15 x 10 <sup>3</sup>	IMPRÓPRIA
PCV- 05	910	910	IMPRÓPRIA
PCV- 06	11 x 10 <sup>3</sup>	750	PRÓPRIA
PCV- 07	93 x 10 <sup>3</sup>	-	IMPRÓPRIA
PCV- 08	24 x 10 <sup>4</sup>	730	PRÓPRIA
PCV- 09	21 x 10 <sup>3</sup>	21 x 10 <sup>3</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 01	93 x 10 <sup>2</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 02	21 x 10 <sup>3</sup>	29 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 03	15 x 10 <sup>3</sup>	15 x 10 <sup>3</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 04	24 x 10 <sup>3</sup>	93 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 05	43 x 10 <sup>2</sup>	750	PRÓPRIA
PM- 06	43 x 10 <sup>2</sup>	24 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 07	24 x 10 <sup>5</sup>	-	IMPRÓPRIA
PM- 08	24 x 10 <sup>3</sup>	21 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PM- 09	93 x 10 <sup>2</sup>	15 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA
PP- 01	-	-	
PP- 02	-	-	
PP- 03	-	-	
PP- 04	930	430	PRÓPRIA
PP- 05	-	-	
PP- 06	930	150	PRÓPRIA
PP- 07	43 x 10 <sup>2</sup>	-	PRÓPRIA
PP- 08	23 x 10 <sup>2</sup>	910	PRÓPRIA
PP- 09	93 x 10 <sup>2</sup>	24 x 10 <sup>2</sup>	IMPRÓPRIA

OBS:\* valores expressos em NMP/100mL, P.B (P.do Bispo), P.G (P. Grande),P.C.V.(P.Chapéu Virado),P.F(P. Farol), P.M.(P. Murubira),P.P.(P. Paraíso)

**Tabela 9- Coliformes totais e coliformes fecais (n° de organismos / 100 mL) em “esgotos pluviais”. (Ilha de Mosqueiro, PA).**

Amostras	Coliformes	
	Totais*	Fecais*
EB- 01	$>11 \times 10^8$	$>11 \times 10^8$
EB- 02	$>11 \times 10^8$	$>11 \times 10^8$
EB- 03	$>11 \times 10^8$	$>11 \times 10^8$
EB- 04	$>11 \times 10^7$	$>11 \times 10^7$
EB- 05	$46 \times 10^5$	$46 \times 10^5$
EB- 06	$11 \times 10^7$	$11 \times 10^7$
EB- 07	-	-
EB- 08	$15 \times 10^7$	$28 \times 10^6$
EB- 09	$11 \times 10^7$	$11 \times 10^7$
EM- 01	$>11 \times 10^8$	$>11 \times 10^8$
EM- 02	$93 \times 10^5$	$93 \times 10^5$
EM- 03	$>11 \times 10^8$	$>11 \times 10^8$
EM- 04	$>11 \times 10^7$	$>11 \times 10^7$
EM- 05	$25 \times 10^5$	$24 \times 10^5$

OBS: \* (NMP/100mL de água); EB-(efluente lançado na praia do Bispo); EM-(efluente lançado na praia do Murubira ).

**Tabela 10 - Concentração em coliformes em algumas zonas costeiras e cursos de águas brasileiras e das praias estuarinas da ilha de Mosqueiro - PA.**

Localidade	NMP/100 mL	Referência
Baía de Santos	50 - 1580	CF; CETESB, 1978
Estuário de Santos	1000 - 5010	CF; CETESB, 1978
Praia Flamengo (RJ)	2600	CT; Hagler et alii, 1976
Praia Leme - Copacabana	400	CT; Hagler et alii, 1976
Praia Arpoador	570	CT; Hagler et alii, 1976
Praia Leblon	2500	CT; Hagler et alii, 1976
Baía de Sepetiba (RJ)	0 - 3500	CF; Barros da Fonseca et alii, 1979
Guaratuba (PR)	136 - 10800	CF; Surhema, 1977
Caioba (PR)	82 - 1840000	CF; Surhema, 1977
Lago Paranoa (DF)	0 - 2400	CT; Coesb, 1975
Saco da Mangueira (RS)	0 - 10700	CF; Costa et alii, 1982
Canal do Norte (Lagoa dos Patos)	70 - 3400	CF; Costa et alii, 1982
Praia do Cassino	0 - 1100	CF; Costa et alii, 1982
Praia do Guarujá (SP)	8 - 8000	CT; CETESB, 1987
	2 - 800	CT; CETESB, 1987
Praia do Boqueirão (Santos)	2300 - 1600000	CT; CETESB, 1987
	300 - 500000	CF; CETESB, 1987
Praia do Amor, Outeiro (PA)	73 - 2400	CT; Souza & Braz, 1991
	36 - 930	CF; Souza & Braz, 1991
Praia do Cruzeiro, Icoaraci (PA)	72 - 11000	CT; Souza & Braz, 1991
	36 - 4600	CF; Souza & Braz, 1991
Praia do Bispo, Mosqueiro (PA)	2400 - 930000	CT; Presente trabalho
	730 - 930000	CF; Presente trabalho
Praia Grande, Mosqueiro (PA)	4300 - 2100000	CT; Presente trabalho
	360 - 210000	CF; Presente trabalho
Praia do Farol, Mosqueiro (PA)	4300 - 210000	CT; Presente trabalho
	910 - 210000	CF; Presente trabalho
Praia do Chapéu Virado, Mosqueiro (PA)	910 - 240000	CT; Presente trabalho
	730 - 21000	CF; Presente trabalho
Praia do Murubira, Mosqueiro (PA)	4300 - 2400000	CT; Presente trabalho
	750 - 15000	CF; Presente trabalho
Praia do Paraíso, Mosqueiro (PA)	930 - 4300	CT; Presente trabalho
	150 - 2400	CF; Presente trabalho

OBS: CT, coliformes totais; coliformes fecais; NMP (número mais provável)

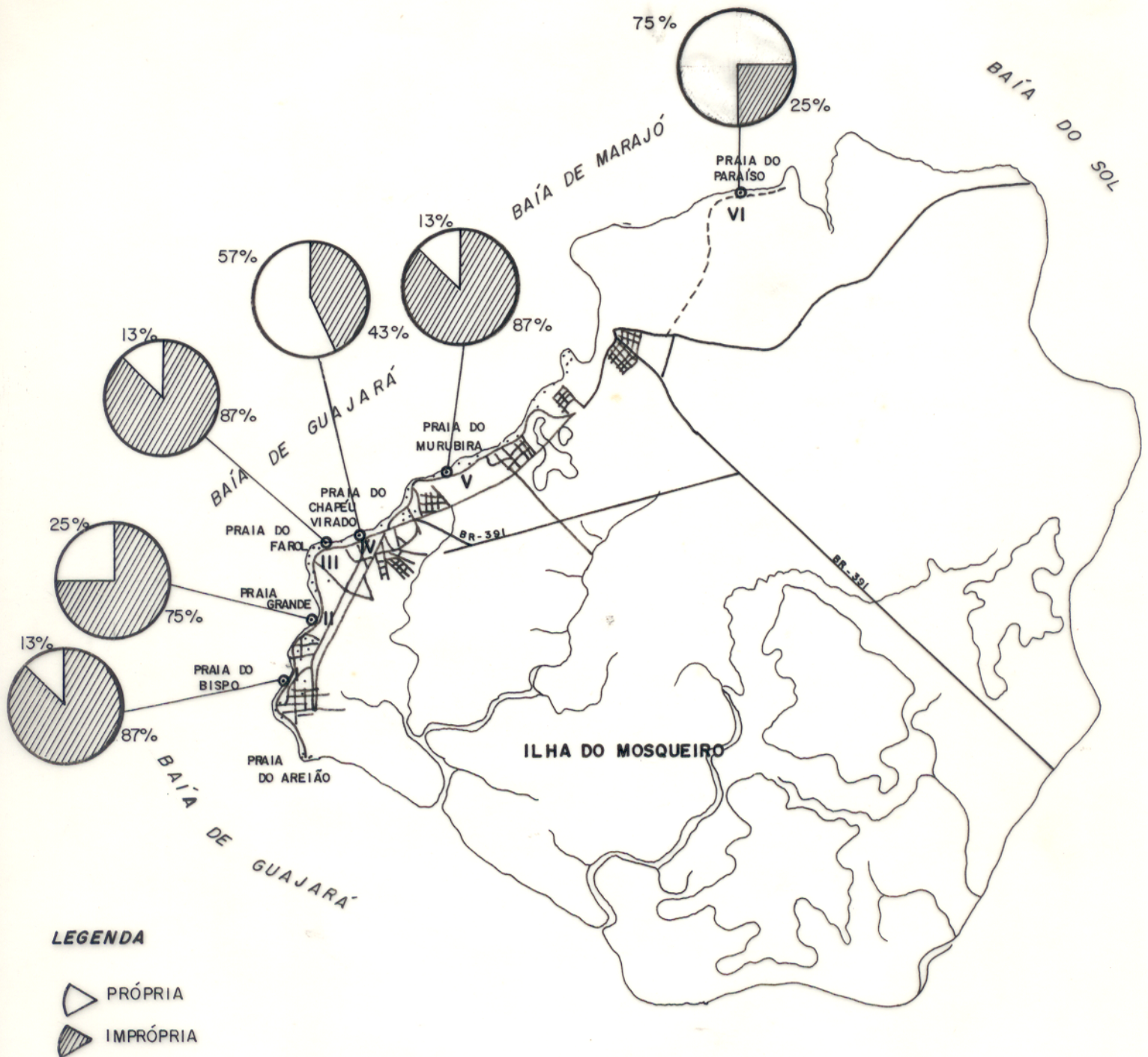


Figura 26 - Balneabilidade das praias localizadas na orla costeira da Ilha de Mosqueiro. Localização dos pontos amostrados: I-Praia do Bispo, II-Praia Grande, III-Praia do Farol, IV-Praia do Chapéu Virado, V-Praia do Murubira, VI-Praia do Paraíso. (Resultados oriundos da análise bacteriológica).

#### 4.6. AVALIAÇÃO PRELIMINAR SOBRE IMPACTO AMBIENTAL EM PRAIAS DO BALNEÁRIO DE MOSQUEIRO

O litoral paraense, nessa área fisiográfica em estudo, é constituído, basicamente, por duas ilhas de maior extensão- Caratateua e Mosqueiro- e por numerosas outras ilhas menores. Aí se desenvolvem áreas de praias de areias brancas, formando pequenas enseadas distribuídas pelo litoral ocidental, bem como aparecem, também, áreas de mangue, pelo litoral interno, entre os rios mais estreitos, sendo notável a abundância de vegetação e a intensa rede hidrográfica, constituída de grandes, médios e pequenos rios, “furos” (canais que interligam rios) e igarapés (córregos mais ou menos caudalosos).

As águas que banham as praias da ilha de Mosqueiro são tipicamente estuarinas, resultante das massas de águas salgadas do oceano Atlântico com as águas continentais lançadas por numerosos rios, destacando-se o Amazonas, o Tocantins, o Guamá, o Moju.

Uma visão geoquímica ambiental do ecossistema considerado (águas estuarinas sujeitas à influência da sazonalidade e permanente dinâmica de marés) passa, necessariamente, pelo estudo de prováveis modificações ambientais causadas pela ação antrópica, segundo a visão geoquímica moderna, holística (FORTESCUE, 1980; MOREIRA-NORDEMANN, 1987; TARDY, 1987).

Esses ecossistemas naturais, à medida que crescem as populações, têm sido utilizados de forma múltipla, notadamente, para recreação, irrigação, dessedentação de animais, abastecimento público, produção de energia elétrica, veículos transportadores de esgotos urbanos, uso industrial, etc. No caso do balneário de Mosqueiro, a avaliação se faz sentir, principalmente, pelo uso de recreação, veículo transportador de esgotos urbanos e resíduos industriais de metrópoles às proximidades (no caso, Belém e adjacências), atividades de pesca.

As avaliações aqui procedidas levam ao estabelecimento de algumas considerações abaixo discriminadas, segundo uma visão geoquímica ambiental.

A ação do oxigênio molecular nesse ecossistema aquático está bem representada pela dinâmica dos ventos e das marés num ambiente permanentemente aerado e fartamente iluminado, possibilitando a ocorrência de organismos vivos (certas variedades de peixes, camarões, crustáceos).

O ciclo da água está bem caracterizado pela abundância de chuvas no estuário, tipificado por uma distribuição pluviométrica algo caótica, com predominância em certos meses (notadamente, janeiro a junho) e diminuição em outros (de julho a dezembro), embora, praticamente, se observe chuva diariamente, mesmo nos últimos meses do ano. Um estuário, que recebe fluxos apreciáveis de águas fluviais (principalmente, os rios Amazonas, Tocantins, Guamá, Moju e numerosos outros “furos” e igarapés), cercado por abundante vegetação tipo hiléia, rica em espécies vegetais de grande porte, palmeiras, arbustos e mangues, que promovem constante renovação na biodiversidade.

Deve-se esperar que o ciclo do carbono seja aqui representado principalmente, pelos processos fotossintéticos, com visível acúmulo geoquímico de energia solar (O'NEILL, 1983). Com efeito, a produção de  $\text{CO}_2$  e de biomassa vegetal talvez compensem o ecossistema na sua falta em produtividade (oriunda de algas).

O ciclo do nitrogênio, aparentemente, está muito mais representado pelos processos naturais, envolvendo a decomposição da biomassa vegetal, do que pela ação antrópica. Os teores detectados para nitrito e nitrato são desprezíveis, se comparados com a imensa biomassa decomposta da floresta.

As manifestações de presença de sulfato e gás sulfídrico são, também, de origem natural. O teor de sulfato aumenta com a introdução de águas salinas no estuário; a produção de gás sulfídrico é resultante de decomposição de enxôfre orgânico da biomassa florestal decomposta.

O intenso intemperismo químico, que se manifesta em toda a região amazônica é bem característico (SIOLI, 1951; ACKERMANN, 1969; GÓES, 1981). Os sedimentos holocênicos, predominantes no material em suspensão no estuário, é caracterizado pela predominância de caulinita (quase sempre superior a 60% em peso), cuja capacidade de troca iônica é baixa, produzindo efeitos hidrogeoquímicos bem típicos (águas ácidas, baixa condutividade elétrica, etc.). Por sua vez, tais processos geoquímicos deixam evidente a intensa e constante participação do ferro nos processos de laterização (ACKERMANN, 1969; GÓES, 1981). Tais fatos bem caracterizam a geoquímica do silício e do ferro na área.

Os processos geoquímicos, envolvendo o alumínio, dizem respeito, notadamente, aos sedimentos em suspensão, ricos em material argiloso, e à formação de “barreiros” na área estuarina, ali ricamente representada. A mineralogia desses “barreiros” é representada pela predominância de caulinita, seguida por illita, motmorillonita, interestratificados e, por vezes, traços de clorita (LIMA et al. 1983 ; CORDEIRO, 1987; PINHEIRO, 1987).

O ciclo geoquímico do fósforo está principalmente relacionado com sua abundância na crosta terrestre (em torno de 1000 ppm), oriundo de rochas fosfatadas, já que seu conteúdo nos oceanos é, relativamente , bem mais baixo (cerca de 90 ppb) (WEDEPOHL, 1980). Nas águas estuarinas aqui estudadas o conteúdo de fósforo é bem representativo de águas amazônicas pobres em fosfato (SIOLI & KLINGER, 1962; LIMA & KOBAYASHI, 1988).

A presença do cálcio no ecossistema está bem representada nas situações em que a sazonalidade permite o aporte desse elemento, oriundo de águas oceânicas. Aí se desenvolvem

“caramujos” (moluscos) e sirís (crustáceos) apenas em períodos favoráveis à fixação de carbonato de cálcio na formação de carapaça desses organismos em típico processo biogeoquímico (ZAJIC, 1969).

A manifestação de teores mais apreciáveis de magnésio somente ocorre pela intrusão de águas salinas no período menos chuvoso, permitindo identificar índices hidroggeoquímicos típicos de influência marinha .

Os nutrientes sódio e potássio manifestam-se de modo apreciável através da contribuição salina (penetração das águas salgadas no estuário) em certo período sazonal. Deve-se esperar, também, aportes de potássio oriundo da decomposição da floresta. No entanto, a salinidade máxima nessas águas estuarinas, não ultrapassa 7‰ ; tal valor se encontra muito abaixo de índices detectados por TUNDISI et al. (1978) na baía de Ubatuba (de 33 a 35‰) ou no estuário de Cananéia (de 10 a 35‰).

É, portanto, o estuário parte integrante de região costeira, tais como enseadas, baixios, recifes, manguezais, lagunas costeiras (TOMMASI & GRIESINGER, 1982). Uma proposta de manejo mais correto para região costeira envolve esforço, tanto particular como governamental, em utilizar os recursos costeiros, que vão desde a preservação de áreas com interesses paisagísticos, históricos, ecológicos, produtivos, até seu loteamento, construção de áreas portuárias, marinhas, etc. Deve-se conhecer a dinâmica do litoral, sua fragilidade, suas defesas naturais, no intuito de evitar possíveis impactos ambientais.

Até onde este estudo alcançou, a notável defesa do meio ambiente tem permitido a utilização dessas águas estuarinas para recreação de contato primário. No entanto, o monitoramento das condições de balneabilidade devia se constituir, doravante meta indispensável das autoridades sanitárias visando o bem-comum naquela área fisiográfica.

## 5 CONCLUSÕES

1) Os resultados obtidos a partir das campanhas realizadas permitiram uma avaliação parcial da situação existente nas praias selecionadas da ilha de Mosqueiro, no que se refere a qualidade das águas destinadas à balneabilidade ( recreação de contato primário e secundário).

2) As temperaturas registradas ( em torno de 28 - 29 °C ) revelam a influência do clima quente típico da proximidade da linha do equador.

3) A abundância das chuvas na região está diretamente relacionada com a fisiografia da área: rica em florestas densas e rios abundantes e opulentos.

4) A coloração das águas em estudo apresentam valores numéricos em torno de 25 - 75 U.C, portanto dentro dos limites estabelecidos para qualidade dessas águas.

5) Em relação ao pH, de um modo geral, as águas encontram-se na faixa neutra para ligeiramente ácida ( pH em torno de 6 a 7) estando compatíveis com os valores registrados nas águas amazônicas.

6) As medidas de condutividade elétrica apresentaram duas influências distintas: as condutividades mais baixas ( em torno de 33 a 82  $\mu\text{s/cm}$ ) revelam a plena influência de águas fluviais e pluviais, mais pobre em eletrólitos; as condutividades mais elevadas ( em torno de 106 a 1056 $\mu\text{s/cm}$ ), indicam uma contribuição efetiva de eletrólitos fortes nestas águas de praia. Neste último caso duas origens devem ser consideradas : uma relacionada com a influência marinha; outra, influência de efluentes urbanos. Neste caso, deve se alertar para possibilidade de impactos causados por efluentes ricos em contaminação química.

7) Os valores observados para oxigênio consumido estão relacionados muito mais com a influência da matéria orgânica de origem vegetal oriunda da decomposição da floresta;

8) O oxigênio dissolvido permaneceu dentro dos limites estabelecidos para águas de classe 2; o valor mínimo foi de 5,6 mg/L de O<sub>2</sub> na praia do Murubira e o valor máximo foi registrado na praia do Paraíso com 8,2 mg/L de O<sub>2</sub>, provavelmente devido a fenômenos de aeração;

9) Nos sedimentos de fundo o nitrogênio orgânico variou de 0,56 % à 1,68 %; o carbono orgânico encontrou-se na faixa de 0,24 % à 2,97 %; já o fosfato apresentou um intervalo entre 35 µg/g a 117 µg/g. A exemplo do que se observou o rio Cajueiro apresentou valores relativamente superiores aos das praias onde o impacto é menos pronunciado por tratar-se de um estuário com boa circulação de água e também geograficamente maior do que, por exemplo, as margens de um rio sob vegetação de mangue e submetido a ação antropica.

10) Quanto a composição mineralógica, os sedimentos evidenciaram a presença de caolinita, montmorilonita e illita.

11) Com relação aos metais pesados (Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Ni), as concentrações desses metais na fração residual foram sempre superiores as concentrações dos mesmos na fração móvel, cujo os máximos, na fração total, variaram de 10193 µg/g (para o Fe), passando por 252µg/g (para o Mn), 83µg/g (Zn e Ni), 54µg/g (para Cr) e 21µg/g (para o Cu).

12) Sob o ponto de vista bacteriológico algumas praias encontram-se impróprias para recreação de contato primário e secundário pois apresentaram índices de coliformes totais e fecais acima do limite recomendados pela legislação federal. Avaliando-se os canais de drenagem que deságuam nas praias observou-se alta quantidade de coliformes fecais no ponto EM na ordem de  $3,2 \times 10^8$  NMP/100 mL e no ponto EB  $1,1 \times 10^9$  de coliformes fecais / 100 mL, caracterizando tais canais como esgoto bruto.

13) Os resultados obtidos evidenciam que a degradação ambiental nas praias estuarinas da ilha de Mosqueiro deve-se à contribuição do sistema guajarino (influência de Belém e adjacências) e principalmente, aos lançamentos de esgotos *in natura* ligados clandestinamente via galeria de redes pluviais.

14 ) Observa-se, portanto, que as águas litorâneas das praias em estudo são capazes de absorver o oxigênio da atmosfera, para suprir o oxigênio consumido em seu interior e, com isso, mantêm o ecossistema estuarino em funcionamento, embora se tenha aqui registrado situações algo críticas.

15) Com base nos estudos realizados na ilha de Mosqueiro, e considerando a expansão urbana, entende-se de maior importância:

- que os banhistas evitem o contato direto nos locais diretamente influenciados pelas descargas de efluentes, pois devido a contaminação bacteriana afluyente, os níveis de coliformes aí encontrados poderão ser superiores aos obtidos para os pontos amostrados.

- que sejam adotadas providências urgentes no sentido da concepção de um programa de tratamento de esgotos, no sentido de preservar e controlar o ambiente estuarino, até a faixa das praias;

- que se pesquisem soluções alternativas para a disposição de esgotos, que possam ser tecnicamente viáveis e ecológica e sanitariamente aceitáveis, antes de projetar os convencionais sistemas de disposição no estuário, através de emissários submarinos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMANN, F.L. 1969. **Esboço para a geologia entre a cidade de Belém e rio Curupi Atlântico-rio Guamá.** Belém, Imprensa Universitária .90 p.
- AGUDO, E. G. coord. 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo, CETESB. 150 p. il.
- AGUIAR, M.A.S. & PATCHINEELAM, S.R. 1991. Formas de fósforo em ambientes costeiros do Rio de Janeiro. In: CONG. BRAS. DE GEOQ., 3, S.Paulo, 1991. **Anais.** S.Paulo, SBGQ.V.2. p. 343 - 345.
- APHA; AWWA; WPCF. 1975. **Standard Methods for the Examination of Water and wastewater.** Washington D.C, Amer.Pub Health Assoc. 1193 p.
- BASTOS, T. X . 1972. O estudo atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira . **B. Técnico, IPEAN,** ( 54 ): 68 - 122.
- BATALHA, B. L. & PARLATORE, A. C. 1977. **Controle de qualidade da água para consumo humano,** São Paulo, CETESB.
- BENN, F.R. & Mc AULIFFE, C. A. 1981. **Química e poluição.** Tradução por Roberto Pitombo & Sérgio Massari. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 134p.
- BONDE, G.J. 1977. Bacterial indicators of water pollution **Adv. Aquatic Microbial,** v.1, 273-364.
- BORGES, M. S. & ANGÉLICA, R. S. 1986. **Levantamento Geológico da ilha de Mosqueiro - Estado do Pará** -Belém, UFPA. Centro de Geociências. TCC (Geologia). Curso de Geologia, UFPA, 1987.
- BRANCO, S.M. 1986. **Hidrobiologia aplicada a Engenharia Sanitária.** 3. ed. São Paulo, CETESB. 616p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1974. Projeto Radam. Belém, geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. V.5.
- BRASIL. Leis, decretos, etc. 1990. **Legislação federal: controle da poluição ambiental** .São Paulo; CETESB. 240 p.
- BROOKS, R. R. 1972. **Geobotany and Biogeochemistry in Mineral Exploration.** New York, Haper & Row Publ.
- BROWN, G. 1972. **The X ray identification and crystal structures of minerals mineralogical.** London, Society Clay Mineral Groups. 544 p.

- CALMANO, W. 1981. **Envir. Tech. Lett.**, 2: 443-448.
- CALMANO, W. & FORSTHER, U. Chemical extraction of heavy metals in polluted river sediments in Central Europe. **The Sci. of Total Environ.**, 28:77 - 99.
- CETESB. 1978. **Normalização Técnica NT - 07 Análise Físico - Química de águas**. São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento ambiental de São Paulo.
- CETESB. 1985. **Determinação de nitrogênio amoniacal e total ( Kjeldahl ) pelo método de fenato e determinação de fósforo pelo ácido ascórbico**. Projeto de norma técnica (minuta). São Paulo, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo.
- CETESB. 1987. **Balneabilidade das praias Paulistas - SP**
- CODEM. 1991. **Diagnóstico Plano Diretor de Belém**
- CODEM/SEPLAN. 1980. **Plano diretor para áreas urbanas da Região Metropolitana de Belém**. Belém, Geotécnica S/A. v.2.
- CORDEIRO, C. A. 1987. **Estudo da salinização no estuário do rio Pará no trecho Belém - Mosqueiro**. Belém, UFPA. Centro de Geociências. 109p. Tese (Mestrado em Geoquímica). Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA, 1987.
- COSTA, W.J.P. & ROBRINI, M. 1992. Evolução Morfo Estrutural de uma Ilha Estuarina : Ilha do Mosqueiro. Baía do Marajó. Norte-Brasil. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA., 4., Belém, 1992. **Anais** . Belém, UFPA / PROPESP.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. 1976. **Hidrologia Subterrânea**, Barcelona, Ediciones Omega. V.1.
- DIEGUES, F. M. F. 1972. Introdução à oceanografia do estuário amazônico. In: CONG. BRAS. GEOL., 26., Belém, 1972. **Anais**. Belém, v.2, p. 301 - 317
- DREVER, J. I. 1988. **The Geochemistry of natural waters**. England Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. 437 p.
- DUFOUR, A.P. 1977. Escherichia coli : The fecal coliform. In: HOADLEY, A. W. & DUTKA, B.J. eds. **Bacterial indicators: American society for testing and materials**. p.48-58.
- DUFOUR, A. P. & CABELLI, V. J. 1975. **Membrane filter procedure for enumeration the component general of the coliform group in seawater**.
- EGLER, W. A. & SCHWASSMANN, H. O. 1962. Limnological studies in the amazon estuary. **Bol. Museu Emílio Goeldi**, nº 1 55 p.

- EPSTEIN, E .1972. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. N. York, Wiley.
- ESTEVEES, F.A. 1988. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência/ FINEP. 575p.
- FERNANDES, H. M. ; AZEVEDO, H. L. P. de; BARCELLOS NETO,C. de C. 1987. Investigação da poluição do Arroivo Parrena, Rio de Janeiro, por metais pesados, através do uso do sedimento como parâmetro geoquímico. In: CONGR. BRAS, GEOQ.,1., Porto Alegre, 1987. **Anais**. Porto Alegre, SBGQ. V.2, p. 171 - 183.
- FERREIRA, C. S. 1982. Notas estratigráficas sobre o cenozóico marinho Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, Belém, 1987 **Anais**. Belém. V.1, p. 84-88.
- FERREIRO, M. F. S. 1987. Condição Ambiental da Enseada dos Tainheiros - Baía de Todos os Santos. **Caderno Técnico ENGENHARIA SANITÁRIA**, Rio de Janeiro vol. 26.
- FORTESCUE, J. A. C. 1980. **Environmental chemistry ( A Hollistic Approach )**. N.York, Springer - Verlag. 346 p.
- GAUDETTE, H.; FLIGHT; W. R.; TORNER, L.; FOLGER, D. W. 1974. An Inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments jour. **Sedim. Petrol**, 44 ( 1 ): 249 - 253.
- GAUDY, Jr., A. F & GAUDY, E.T. 1988. **Elements of bioenvironmental engineering**. San Jose, Engineering Press.
- GELDREICH, E.E. 1966. Sanitary significance of fecal coliforms in the enviroment. **Wat. Pollut. Control Res. Serv. Publ. No. WP - 20-3**, U.S. Department of the interior, 122 p.
- GELDREICH, E.E. 1978. Microbiological Indicators of Pollution & Health Hazards. In : CONVENTIONAL BACTERIOLOGICAL INDICATORS OF WATER QUALITY. São Paulo.
- GIBBS, R. J. 1967. The Geochemistry of the Amazon River System. Part I. **Geol. Soc. Amer. Bull.** ,78 ( 10 ): 1203 - 1232
- GIBBS, R. J. 1970. Mechanisms trolling world water chemistry. **Science**, 170: 1088 - 1090.
- GIBBS, R.J. 1972. Water Chemistry Amazon River. **Geochim. Cosmochim. Acta**, 36: 1016 - 1066.
- GÓES, A.N. 1981. **Estudos sedimentológicos dos sedimentos Barreiras Ipixuna e Itapecuri no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão**. Belém, UFPA. Centro de Geociências. 55p. Tese ( Mestrado em Geologia ) - Curso de Pós- Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1981.

- GOMES, C. F. 1988. **Argilas. O que são e para que servem.** Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 457 p.
- GRIM, R.E. 1968. **Clay Mineralogy.** New York, Mc Grawill Book. 596p.
- HOSKINS, J.K. 1934. Most probable numbers for evaluation of coli-aerogenes tests by fermentation tube method. **Pub. Health Rep.** 49: 393-404.
- HUTZINGER, O. ed 1980. **The handbook of environmental chemistry.** Berlim, Springer - Verlag V.1, part. A, 280 p.; V.3, part A, 274 p.
- HYNES, H. B. N. 1960. **The Ecology of nunning waters.** Liverpool University press.
- IDESP. 1980. **Reconhecimento dos Recursos Naturais da Região Metropolitana de Belém.** Belém, Instituto de Desenvolvimento Economico Social do Pará. Anexo I. Reconhecimento Hidrológico.
- IDESP. 1990. **Belém: Estudo Ambiental do Estuário Guajarinó.** Belém. 152 p.
- JACKSON, M. L. ; WHITTIG, L. D. ; PENNINGTON, R. P. 1950. Segregation procedure for mineralogic analysis of soils. **Proc. Soil. Sci. Soc. Am.** 14:77-81.
- JAPENGA, J.; SALOMONS, W.; LACERDA, L.D. 1987. Organic micro-pollutants in the Rio de Janeiro Coastal Region. In: INTER. ENVIR. CHEM. CONG. IN BRASIL, 2, Salvador. **Abstract** p.66.
- JARDIM, W. F. 1992. Acontaminação dos recursos hídricos por esgoto doméstico e industrial. **Química nova**, 15 ( 2 ).
- JIMENEZ, L.; MUNIZ, I; TORANZOS, G.A. 1989. Survival and activity of salmonella typhimurium and Escherichia coli in tropical freshwater. **J. Appl. Bacteriol.** , 67: 61-69.
- KABATA-PENDIAS, A & PENDIAS, H. 1986. **Trace elements in soils and plants.** Boca Raton (Flórida). CRC Press, Inc. 315p.
- KATZER, F. 1933. Geologia do Estado do Pará. Trad. Frei Hugo Mense. **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi.**, 9: 260.
- LAVOIE, M.C. 1983. Identification of the strains isolated as total and fecal comparison of both groups as indicators of fecal pollution in tropical climates. **Can. J. Microbiol.**, 29: 689-693.
- LEVINSON, A. A. 1974. **Introduction to exploration geochemistry.** Maywood, Illinois, Applied 614 p.
- LIMA, R.R. 1979. **A influência da água do mar no rio Pará.** Belém, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. (Informe Técnico nº 3).

- LIMA, W. N. de; & KOBAYASHI, C.N. 1988. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema fluvio-estuarino de Barcarena, PA. **Geochimica Brasiliensis**, 2 (1) : 53-57.
- LIMA, W.N.de; RODRIGUES, M.D. R; OLIVEIRA,J.L.R, de.1983. Estudo sobre o conteúdo mineralógico de argilas por difratometria de raios- x e análise térmica diferencial. Amostras de Mosqueiro ( PA ). In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1983. **Anais**. Belém, Falângola. p. 155 - 176
- LOPEZ-TORRES, A.J; PRIETO, L; HAZEN, T. C. 1988. Comparision of the in situ survival and activity of *Klebsiela pneumoniae* and *Escherichia coli* in tropical marine enviroments. **Microbiol Ecol.**, 15: 41-57.
- MARTINS, M. T. et al. 1988. Isolamento de Salmonella no Ambiente Aquático: Significado Sanitário. **Rev. Microbiol.**, São Paulo, 19 (1) : 29-39, Jan./Mar. 1988.
- MEIRA FILHO, A. 1978. **Mosqueiro: Ilhas e Vilas**. Belém, Grafisa. 576 p.
- MOREIRA, E. 1966. **Belém e sua expressão geográfica**. Belém, Imprensa Universitária. 212 p.
- MOREIRA - NORDEMANN, L.M. 1987. A geoquímica e o meio ambiente. **Geochimica Brasiliensis.**, 1 (1) : 89 - 107.
- NECHET, D. 1984. Variabilidade diurna da precipitação em Belém - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 3., Belo Horizonte. **Anais**. Rio de Janeiro. ,SBM. p. 204 - 11.
- OLSVIK, O; WASTESON, Y; LUND, A. 1991. Pathogenic *Escherichia coli* found in food. **Int. J. Food Microbiol.** , 12: 103 - 114.
- O'NEILL, P. 1983. **Environmental Chemistry**. London, Chapman & Hall. 268 p.
- OTTMAN,F.L. 1968. L Etude des Problèmes Estuariens . **Revue de Geographie Physique et de Géologie Dynamiques.** , (2); 4: 329-353.
- PAIVA, R.S. 1991. **Composição e biomassa do fitoplâncton na baía de Guajará (PA) Recife**, Universidade Federal de Pernambuco. 155 p. Tese ( Mestrado em Criptógamos ). Curso de Ciências na área de Criptógamos, UFPE, 1991.
- PENTEADO, A.R. 1967.**Geografia Urbana de Bélem**. Belém, Universidade Federal do Pará- 2v. ( Coleção Amazônia. Série José Veríssimo).
- PEREIRA, B.E.B.; YASSUDA, E.R.; MARTINS,J.A.; GAGLIANONE, S. ; OLIVEIRA, W. E. de. 1987. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2. ed. CETESB, São Paulo. v.1- Abastecimento de água. 550 p.

- PEREIRA, S.F.P.; LIMA, W.N.de.; KOBAYASHI, C. N. 1988. Abordagem preliminar sobre a edição de sensores bioquímicos na avaliação de poluição hídrica ( Bacias de drenagem de Belém, PA ). In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, Manaus, 1988. **Anais**. Manaus. Conselho Regional da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas. p. 208 -225
- PINHEIRO, R.V.L 1987. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico de estuário Guajará - Belém (PA )**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 160 p. Tese (Mestrado em Geoquímica). Curso de Pós- Graduação em Geociências, UFPA,1987.
- PROJETO RADAM.1974. **Folha SA.22**. Belém.
- REID, G. K. & WOOD, R. D. 1976. Environmental variables of natural waters. In : ECOLOGY of island waters and estuaries. 2.ed. New York, Van Nostrand. p. 123-257.
- RIBEIRO, H. M. C. 1992. **Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta situados na área fisiográfica do Utinga(Belém-PA)**. Belém, UFPA. Centro de Geociências.205p.Tese (Mestrado em Geoquímica). Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA, 1992.
- RIBEIRO, H.M.C. & LIMA, W.N de. 1992. Caracterização químico mineralógico do sedimento de fundo (Utinga, Belém - PA), In:CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 32., Belém, 1992. **Anais**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Química. 41 - 42 (1-4) 25-31.
- RILEY, J.P. 1958. The rapid analyses pf silicate rocks and minerals. **Anal. Chim. Acta**, 19: 413-428.
- RILEY, J. P & CHESTER, R. 1971.**Introdution to marine chemistry**. N.York., Academic Press.
- ROCQUE, C.1968. **Grande Enciclopédia da Amazônia**. Belém AMEL - Amazônia.v. 4.
- RODIER, J.1981. **Analisis de Las Aguas**.Barcelona, Omega 1059 p.
- RODRIGUES , D. P. 1989. Salmonella em água de praias do Município do Rio de Janeiro. **Revista Microbiológica**, 20 (1): 12 - 7.
- SÁ, J.H.S. 1969. Contribuição à Geologia dos Sedimentos Terciários e Quaternários da Região Bragantina. PA. Bol. **Inst. Geoc. Geologia**, UFRJ, 3:21-36.

- SANTOS, J.A. 1986. As Águas da Região de Carajás. In: ALMEIDA Jr., J.M.G. **Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. S. Paulo, Ed. Brasiliense/ CNPq. p:156-183.
- SANTOS, A. dos; TANCREDI, A.C.N.S., SILVA M.S. 1985. Liminologia da Amazônia Oriental I Caracterização Bioquímica da parte sul do estuário Amazonas. In: SIMPÓSIO SOBRE CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E TERRESTRES, São Carlos, 1985. **Anais**. INPA. 17p.
- SAYD, T,J 1983. The phytoplankton of estuaries. In KETCHUM, B.H., ed. **Estuaries and Enclosed Seas**. Amesterdam, Elsevier Scientific. p .65-101.
- SCHUBEL,J.R. 1971. **The estuarine Environmental, Estuaries and Estuarine Sedimentation**. Short Course Lecture Notes, Am. Geol. Inst. Wasghington.
- SILVA, B.N.R . 1975. **Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da ilha de Mosqueiro (PA) com auxílio de fotointerpretação**.Piracicaba, USP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz".159 p.Tese(Mestrado em Solos e nutrição das plantas).Curso de pós-graduação.
- SIOLI, H. 1951. Alguns resultados e problemas Liminologia Amazônica. **Bol. Técnico Instituto Agronomico Norte**, 24:2 - 44.
- SIOLI, H. 1957. Valores de pH de águas amzônicas. **Bol.Mus.Paraense Emilio Goeld.**:(1):1-37 Nova Série Geologia.
- SIOLI, H. 1967. Estudios in Amazonian waters. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, Belém, 1976. **Atas**. Rio de Janeiro, CNPq. v .3, p. 9-50.
- SIOLI, H & KLINGER, H. 1962. Solos tipo de vegetação e águas na Amazônia. **Bol. Mus. Paraense Emilio Goeld**. (1): 27 - 41 Série avulsa.
- SOUZA, H.B.; & DERISIO, J.C 1977. **Guia técnico de coleta de amostra de água São Paulo**. CETESB; 257 p .
- TARDY. Y 1979. Étude des arènes et eaux de quelques massifs cristalins d'Europe et d'Afrique Mémoires du Servie de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine 31, p 199.
- TARDY, Y. 1987. Une Introduction à la géochimine globale. **Geochimica Brasiliensis** 1(1):19-39.
- THOREZ, J. 1976. **Pratical identification of clay minerals**. Belgique, G. Lelotte 90p.
- TOMMASI, L. R. & GRIENSINGER, B. 1982. Proposta para um manejo correto das regiões costeiras. **Ciência e Cultura**, 35 (16): 709-721.

- TUNDISI, G.; TEIXEIRA, C.; TUNDISI, T.M. ; KUTNER, M.B.; KINOSHITA, L. 1978. Plankton studies in a mangrove environment. IX - Comparative investigations with coastal oligotrophic waters. **Rev. brasil. Biol.**, 38 (2):301 - 302.
- VAN LOON, J. C. 1985. **Select Methods of Trace Metal Analyses: Biological and Environment Samples.** Wiley Samples. Wiley. N. York.
- WEDEPOHL, K. H. 1980. **Geochemistry** Holt, Rinehart and Winston, N. York.
- ZAJC, J.E. 1969. **Microbial biogeochemistry.** N. York, Academic Press.