



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
CURSO DE MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS – MGPA

ANDRÉA DA CRUZ GOUVEIA DE LIMA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO
BOTAFOGO, EM PERNAMBUCO, COM ÊNFASE PARA A CONCENTRAÇÃO DE
MERCÚRIO TOTAL EM ÁGUA E SEDIMENTOS.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RECIFE

2006

ANDREA DA CRUZ GOUVEIA DE LIMA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO
BOTAFOGO, EM PERNAMBUCO, COM ÊNFASE PARA A CONCENTRAÇÃO DE
MERCÚRIO TOTAL EM ÁGUA E SEDIMENTOS.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Trabalho de conclusão do Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, apresentado como requisito parcial à obtenção do Grau de MESTRE EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS, na área de concentração Gestão de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Valdinete Lins da Silva

RECIFE

2006

Lima, Andréa da Cruz Gouveia de

Monitoramento da qualidade das águas na Bacia do Rio Botafogo, em Pernambuco, com ênfase para a concentração de mercúrio total em água e sedimentos. – Recife: O Autor, 2006.

97 folhas : il., gráf., fig., tab., mapas.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Gestão e Políticas Ambientais. Recife, 2006.

Inclui bibliografia e anexos

1. Política ambiental – Gestão ambiental. 2. Recursos hídricos – Ambiente hídrico – Bacia Rio Botafogo. 3. Poluição – Poluição industrial – Qualidade da água – Mercúrio. 4. Sedimento. 5. Pernambuco – Recife – Canal de Santa Cruz. I. Título.

**504.03
363.7**

**CDU (2. ed.)
CDD (22. ed.)**

**UFPE
BCFCH2007/34**

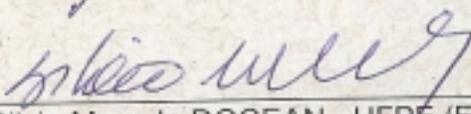
ANDREA DA CRUZ GOUVEIA DE LIMA
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO
BOTAFOGO, EM PERNAMBUCO, COM ÊNFASE PARA A CONCENTRAÇÃO DE
MERCÚRIO TOTAL EM ÁGUA E SEDIMENTOS.

Membros da banca examinadora:

Titulares:



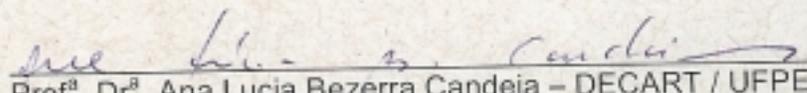
Prof. Dr. Mauricio Alves da Motta Sobrinho (Orientador)



Prof. Dr. Silvio Macedo DOCEAN - UFPE (Examinador Externo)



Prof. Dr. Marcus Metri Correa - DTR / UFRPE (Examinador Externo)



Profª. Drª. Ana Lucia Bezerra Candeia - DECARTE / UFPE (Examinadora Interna)

Suplentes:

Profª. Dra. Silvana Carvalho de Sousa Calado (Suplente Externa)

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante (Suplente Interno)

Dedicatória

À minha família, aos meus três filhos Igor, Eduardo e Lucas e meu marido Fernando, pela força e compreensão, e a todos que contribuíram para elaboração desse estudo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus **pais** Clélio Lins da Cruz Gouveia (*in memoriam*) e Lucy Gonçalves da Cruz Gouveia, por terem concedido a vida e uma educação digna, para discernir o que é certo e errado nesta vida.

Em **Especial**, ao meu filho Eduardo pela dedicação, compreensão e o apoio na forma de escrever, como também na confecção dos mapas e pelo incentivo na conclusão deste trabalho.

Aos **Amigos e Amigas**, Cândida, Mayelbe, Magdala, Ana Gama, Carminha, Vilalba, Jussara, Rosário, Graça Cruz, Francicleide, Nailsa, Carol, Márcia, Josângela e Maurício, que sempre estiveram presentes, me acompanhando, incentivando, com paciência e esperança, colaborando para o êxodo dessa nova etapa da minha vida .

Aos **colegas do curso de mestrado** em Gestão e Políticas Ambientais Carol, Ana Lúcia, Fabiana, Natalício, Maria, Carmem, Ilka e Cícero pelo convívio e trocas de experiências e amizades que ficaram nesta longa trajetória da vida.

Ao Prof. Maurício Motta pela valiosa orientação científica, confiança e dedicação acima de tudo pela amizade e apoio na orientação deste trabalho.

A Profa. Valdinete Lins da Silva pelo apoio técnico, amizade, incentivo e carinho transmitido no decorrer deste trabalho.

Ao Prof. Sílvio Macedo pela valiosa contribuição científica prestada, sugestões, ensinamentos e concessão de acervos bibliográficos, de grande utilidade para realização deste trabalho.

A Profa. Edivânia Torres de Aguiar Gomes pelo incentivo e valioso conselho nos momentos de sufoco.

Ao Prof. Joaquim Correia Xavier de Andrade Neto (*in memoriam*) pelo incentivo e ensinamentos para realizar este mestrado.

À secretaria do mestrado na pessoa de Solange de Paula Lima e demais servidores pelo apoio e compreensão nos momentos de sufoco.

A Diretoria da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recurso Hídricos -CPRH, nas pessoas de Dr. Tito Lívio de Barros e Souza, Geraldo Miranda Cavalcante, Aldir Pitt da Mesquita Pimentel, Paulo Ricardo Pereira Coelho e Berenice Vila Nova de Andrade Lima, pelo apoio e concessão no decorrer deste mestrado.

À bibliotecária Maria Madalena Barbosa de Albuquerque, pela valiosa contribuição na realização da revisão bibliográfica deste trabalho.

Em especial, a química Mayelbe Brandão pela valiosa contribuição, competência nas realizações das coletas em campo, na execução das análises de mercúrio, sem esta ajuda seria impossível o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que fazem parte da Supervisão do Laboratório da CPRH, em especial na pessoa da Engenheira Química Cândida Portela Ferreira da Costa, pelo apoio e colaboração nos trabalhos realizados ao longo deste estudo.

A amiga Luciana Kaliu, pelo apoio na revisão do abstract.

Na pessoa de Carolina Barbosa de Lima, pelo apoio e dedicação na confecção dos mapas temática para inclusão deste trabalho.

À Bióloga Ana Cristina Marques Bandeira, pela valiosa ajuda na formatação deste trabalho e atenção prestada ao logo desta trajetória.

A todos do laboratório de físico-química da CPRH, pelas análise realizadas neste estudo.

As secretárias do laboratório Vera Lúcia Holanda e M^a do Carmo Figueiredo pelo apoio e colaboração.

Expresso minha gratidão a todos que diretamente ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xv
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO 1 – ASPECTOS GERAIS

1.1 Introdução	19
1.2 Justificativa	19
1.3 Objetivo	21
1.3.1 Objetivo Geral	22
1.3.2 Objetivos Específicos	23
1.4 Estrutura da Dissertação	23

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA **25**

2.1 Caracterização Física da Bacia	25
2.2 Avaliação Sócio-Ambiental do Rio Botafogo	28
2.3 O Histórico do Mercúrio na Bacia do Botafogo	30
2.4 Pólo industrial da Bacia Hidrográfica	34
2.5 Problemática das Indústrias de Cloro e Soda	36
2.6 Contaminação por Mercúrio	37
2.6.1 Indicadores Biológicos	39
2.7 Legislação Sobre Recursos Hídricos	41

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA **47**

3.1 Obtenção dos Dados de Qualidade de Água	48
3.2 Seleção dos Parâmetros	48
3.3 Os Aspectos de Qualidade da Água no Rio Botafogo	49

3.3.1	Temperatura	49
3.3.2	Potencial de Hidrogênio –pH	50
3.3.3	Oxigênio Dissolvido	50
3.3.4	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	51
3.3.5	Cor	51
3.3.6	Fósforo	51
3.3.7	Turbidez	52
3.3.8	Coliformes Fecais	52
CAPÍTULO 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS		53
4.1	Delimitação dos Pontos de Coleta	53
4.2	Trabalhos de campo	56
4.2.1	Técnicas de Coleta e preservação de amostras de físico químico	56
4.2.2	Preservação do Mercúrio em Amostra de Água	57
4.2.3	Determinação de Mercúrio por Espectrometria de Absorção Atômica – Técnica de Vapor Frio de Mercúrio	57
4.2.4	Procedimento Analítico para Determinação de Mercúrio nas Amostras de Água e Efluentes	59
4.2.5	Procedimento Analítico para Determinação de Mercúrio Total em Sedimento	60
4.2.6	Metodologia Utilizada para Sedimento	60
4.3	Parâmetros Utilizados para Avaliação	62
4.4	Obtenção de Dados de Qualidade da Água e de Gestão	63
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO		64
5.1	Avaliação Temporal dos Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade da Água	64
5.2	Variação Espacial da Qualidade do Rio	71
5.3	Avaliação dos Sedimentos	77

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	83
CAPÍTULO 7 – SUGESTÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO-1	91
ANEXO-2-MAPAS	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Foto do Reservatório do Botafogo.

Figura 2.2 - Diagrama unifilar do rio Botafogo. Fonte CPRH (2004).

Figura 4.1 - Lavagem das bombas de agrotóxico no Rio Botafogo (a) e dragagem do rio (b).

Figura 4.2 - Espectrofotômetro de Absorção Atômica

Figura 4.3 – chapa aquecedora, banho Maria e balança analítica

Figura 4.4 - Vidraria e Material utilizado nas análises de mercúrio.

Figura 4.5 - Representação da seqüência metodológica de Standard Methods – Método de Absorção Atômica por Vapor Frio - 3112B.

Figura 4.6 - Coletor de sedimento (artesanal).

Figura 4.7 – Representação da seqüência metodológica da Norma CETESB L10.102, aplicada ao material sedimento.

Figura 4.8 - Representação do gerador de hidretos, método Vapor-frio.

Figura 5.1 – Variação do pH em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31(○).

Figura 5.2 – Variação da cor em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31(○).

Figura 5.3 – Variação da Turbidez em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.4 – Dados de precipitação da estação 520 posto Itapussima - estação mais próxima à área de estudo (dados fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia do ITEP – PE)

Figura 5.5 – Variação do OD em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.6 – Variação da DBO em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.7 – Variação da concentração de Nitrogênio Amoniacal em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.8 – Variação da concentração de Fósforo Total em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.9 – Variação da concentração de Mercúrio em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.10 – Variação da concentração de coliformes fecais em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Figura 5.11 – Variação do pH em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.12 – Variação da Concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.13 – Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.14 – Variação da Turbidez em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.15 – Variação da Concentração de Mercúrio em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.16 – Variação da Concentração de Nitrogênio Amoniacal em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.17 – Foto da lavagem de sacas de fertilizantes no Rio Botafogo.

Figura 5.18 – Variação da Concentração de Fósforo em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Figura 5.19 - Variação da concentração de mercúrio nos sedimentos ao longo do rio e em função do tempo. Em 1, pontos de coleta BF-15 a BF-31. Em 2, EBF-35, 37, 1 e 2.

Figura 5.20 – Variação da concentração de mercúrio com a profundidade nos pontos (a) EBF-1 e (b) EBF2, situados no estuário do rio Botafogo. Santa Cruz, representados nas profundidades de (0,00; 0,05; 0,10 e 0,15 cm).

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Relação das fontes poluidoras e cidades localizadas no rio Botafogo

Tabela 2.2 – Valores máximo permitidos para os parâmetros analisados para curso de água na classe 2, conforme a Portaria CONAMA N° 365/2005.

Tabela 3.1 - Estações de amostragem da rede de monitoramento do Rio Botafogo

Tabela 4.1 - Relação dos pontos de coleta e locais de coleta no rio Botafogo

Tabela 4.2 - Relação das datas de coletas por número da estação, material coletado e parâmetros monitorados.

Tabela 5.1 - Valores comparativos de mercúrio em sedimento nos anos de Cetesb (1981) e o presente trabalho.

Tabela 5.2 - Valores comparativos de mercúrio em água nos anos de Cetesb (1981) e o presente estudo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAII – Companhia Agro Industrial de Igarassu

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONDEPE – Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco

DBO - demanda bioquímica de oxigênio

DST – Doenças Sexualmente Transmissíveis

EAA – Espectrofotometria de Absorção Atômica

EBF – Estuário Bacia do Botafogo

EPA – *Environmental Protection Agency*

ETE – Estação de Tratamento de Efluente

FIFRA – *Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act*

GI – Grupo de bacias de pequenos rios interiores

GL – Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos

GPS – *Global Positioning System*

Hg – Mercúrio

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ISO 1400 - *International Organization for Standardization*

L – Litros

MINTER – Ministério do Meio Ambiente

MMA – Ministério do Meio Ambiente

N₂ – gás nitrogênio

NMP - número mais provável

O₂ – gás oxigênio

OD – Oxigênio Dissolvido

OMS – Organização Mundial de Saúde

pH – Potencial de Hidrogênio

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PVC – polietileno

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente

SNRH – Sistema Nacional de Recursos Hídricos

RESUMO

Desde meados da década de 80, a população ribeirinha do Rio Botafogo, no canal de Cruz Canal de Santa Cruz, Itamaracá, tem passado por situações críticas em relação ao meio Ambiente, pelo crescimento desordenado e mal planejado, ocupação do solo indevida, e como consequência o resultado é uma perda na qualidade ambiental. A ocupação do solo predomina a cultura de cana de açúcar e outras pequenas culturas tais como abacate, banana, coco, manga e a mandioca. A partir de 1963 foi instalada no rio Botafogo, uma indústria de produção de cloro e soda utilizando no processo células eletrolíticas de mercúrio. Até meados de 1987, estima-se que uma descarga de mercúrio inorgânico entre 22 e 35 toneladas de mercúrio neste rio. Além desta indústria, outras, de diferentes tipologias foram se instalando ao longo dos últimos anos às margens deste rio. Foram realizados estudos da qualidade da água e sedimentos levantamentos pela Agência de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, juntamente com a de Pernambuco, em 1981. Foram quantificados os níveis de mercúrio nas águas residuárias na ordem de 180 a 370 vezes maiores que o limite recomendado pela legislação. Baseando-se neste e em estudos anteriores, buscou-se realizar uma nova avaliação dos locais contaminados, comparando as variações ao longo dos anos, referentes à qualidade da água e do sedimento no rio Botafogo, além de analisar a localização dos pontos de coleta, assim como da necessidade de aumento da rede de monitoramento da agência ambiental neste corpo hídrico. Para tanto foram utilizados dados pretéritos, além de coletas sistemáticas e visitas à região. Os parâmetros definidos para análise da água foram: pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), amônia, concentração de fósforo, cor, turbidez, coliformes fecais e o teor de mercúrio. Para o sedimento foi apenas monitorada a concentração de mercúrio. Os valores de pH, turbidez, OD, DBO e amônia, na maior parte dos resultados, apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357. Na determinação da cor os valores apresentados mantiveram-se elevados constantemente; provavelmente, causado pela contínua retirada de areia nos trechos à montante dos pontos de coleta. O teor de fósforo apresentou-se elevado, até o início de 2005, e manteve-se dentro dos padrões exigidos pela legislação acima referida até o período final da pesquisa. As determinações de coliformes fecais indicaram uma contaminação no período de 2004, supostamente devido à presença de esgoto doméstico no local, no período avaliado. Nesse trecho delimitado para estudo, está instalada, desde 1963, uma indústria de produção de cloro e soda, que utiliza em seu processo fabril, células eletrolíticas de mercúrio. Os níveis de mercúrio encontrados nos sedimentos analisados apresentaram-se elevados se comparado à campanha realizada anteriormente, e nas coletas em várias escalas de profundidade, os valores das cargas de mercúrio estavam crescente de baixo para cima. Foi constatado, assim, que parte do mercúrio remanescente se encontra nas camadas mais profundas do sedimento. Neste levantamento, foi comprovada a incidência de mercúrio na área delimitada para estudo. Desta forma, são necessários estudos complementares, como: monitoramento e controle contínuo de mercúrio e outros parâmetros, nas águas e sedimentos, ao longo do rio Botafogo, e nos pontos à jusante do descarte das indústrias, e através de cortes transversais do sedimento, além da instalação de novos pontos de coletas em locais significativos.

Palavras-Chave: Qualidade da Água, Sedimentos, Rio Botafogo, Mercúrio

ABSTRACT

Since the mid 80s, the marginal population of the Botafogo River, in the Cruz Canal de Santa Cruz channel, in Itamaracá, has faced critical environmental situations. Disordered and badly planned growth as well as improper occupation of the ground are some of the causes of the problem. As a result there has been loss in the quality of the environment. The predominant forms of land occupation are the culture of sugar cane and other small crops, such as avocado, banana, coconut, mango, and yuca. In 1963 an industry of chlorine and soda production was installed in the Botafogo River. The manufacturing process uses electrolytic mercury cells. There are estimates of between 22 and 35 tons of non organic mercury discharges in this river by mid 1987. Besides such industry, others of different kinds were installed over the past year by the river. In 1981 studies on the quality of the water and sediments were carried out by the Agency of Basic Sanitation of the State of São Paulo, together with the Agency of Pernambuco. Mercury levels 180 to 370 times higher than the limits determined by law were found in the water. Based on this and on previous studies, a new evaluation of the contaminated places was conducted comparing the changes in the quality of water and sediments in Botafogo River over the years. The studies also analyzed the location of the collection points, as well as the need for increased monitoring of this river. Previous data was used in this study in addition to systematic collections and visits to the region. The parameters defined for analysis of the water were: pH, dissolved oxygen (DO), biochemical demand for oxygen (BOD), ammonia, phosphorus concentration, color, turbidity, coliform levels, and mercury levels. Regarding the sediment only the mercury concentration was monitored. The values for pH, turbidity, DO, BOD, and ammonia for the most part presented values according to the limits established by the above mentioned resolution. In the determination of color, the presented values remained constantly high, probably due to the continuous removal of sand along the collection points. Phosphorus levels were high until the beginning of 2005 and remained in compliance to the required standards until the end of the research. The determination of sediments indicated contamination in the period of 2004, supposedly due to presence of domestic sewer in the place in the evaluated period. In the stretch of land delimited for study, a facility for production of chlorine and soda has been installed since 1963. Such industry uses electrolytic cells of mercury in its manufacturing process. The discharges proceeding from this process and launched in the river have compromised the hydric environment to the current days. Mercury levels in the sediments were high when compared to the campaign previously carried out. Additionally, in the collections realized in various depth scales the values of mercury loads were increasing from bottom to top. This is evidence that part of the remaining mercury is found in the deepest layers of sediment. In this survey, mercury incidence in the studied area was proven. Therefore complementary studies are necessary, such as continuous monitoring and control of mercury and other parameters in waters and sediments along Botafogo River, in the points along the areas of industry discharges, and through transversal cuts of the sediment, as well as installation of new points of collection in significant places

Key-Words: Water Quality, Sediments, Botafogo River, Mercury.

1. ASPECTOS GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O nosso planeta vem sofrendo marcantes transformações ao longo do tempo, em seus ricos e variados ambientes naturais. Para a humanidade, o equilíbrio adequado resultou entre a oferta e a demanda dos recursos naturais, econômicos ou sócio-culturais, visando diminuir as ações inconscientes na vida do homem e garantir a diminuição de conflitos com relação aos usos. Esta demanda vai desde as necessidades básicas da vida (alimentação, moradia, saúde, educação e segurança) como também as econômicas, sociais, políticas e culturais. A responsabilidade dessa atribuição será das classes sociais, dos próprios usuários e organizações, atreladas ou não ao poder público, para determinar ações destinadas a manter as características originais do ecossistema Terra e, ao mesmo tempo, atender as demandas da humanidade, extremamente necessárias (SILVA, 2000).

A miséria, a poluição e a escassez de recursos fazem parte de nossa sociedade e têm levado a humanidade a pensar de maneira diferente, de como pensou em época anterior, com relação ao desenvolvimento (SOUZA, 2000).

As explosões demográficas e sociais não controladas, os interesses pessoais audaciosos contribuem, de certo modo, para uma total destruição de áreas de grande importância ambiental (LACERDA *et al.*, 2004).

Para solucionar os grandes problemas ambientais e sócio-econômicos, faz-se necessário o desenvolvimento de uma gestão integrada dos recursos naturais e a conscientização da população.

Esta gestão, por sua vez, exige medidas que garantam uma preservação adequada, tais como: identificar áreas degradadas, considerar os aspectos relevantes para o equilíbrio do ecossistema, conhecer os aspectos e processos dinâmicos internos e externos, alcançar resultados precisos e de valor para recuperação da área (FLORES MONTES, 1995).

Desde meados da década de 80 a população ribeirinha do Rio Botafogo, no canal de Canal de Santa Cruz, em Itamaracá, tem passado por situações críticas em relação ao Meio Ambiente, tanto pelo crescimento desordenado e mal planejado,

ocupação indevida do solo, e como consequência, o resultado é a perda da qualidade ambiental. Na ocupação do solo, predomina a cultura de cana de açúcar e pequenas monoculturas, tais como: abacate (*Persea americana Mill*), banana (*Musa sapientum*), coco (*Cocos nucifera L.*), manga (*Mangifera indica*) e a mandioca (*Manihot esculenta*). A pesca artesanal é praticada no seu estuário, como também o turismo, pela beleza natural desta região. (SANT'ANNA JÚNIOR et al, 2000)

A partir de 1963, foi instalada, no trecho superior do rio Botafogo, uma indústria de produção de cloro e soda que utiliza, no processo industrial, células eletrolíticas de mercúrio, até meados de 1987, estima-se uma descarga de mercúrio inorgânico, entre 22 a 35 toneladas nesse trecho. (MEYER, 1996) No estudo do autor estima-se que cerca de 1,2 a 1,5 tonelada de mercúrio, em torno de 10% do valor total que foram descartados, estejam depositados nos sedimentos. Essa mesma indústria e associadas foram responsáveis pelo descarte de cloro, no rio Botafogo. (SANT'ANNA JÚNIOR et al, 2000)

O cloro residual foi a principal fonte de poluição do Rio Botafogo até a instalação da indústria que atua na produção de hipoclorito de cálcio, instalada próxima ao local de descarte deste cloro em 1980, indústria está pertencente ao mesmo grupo da indústria de cloro e soda, com a finalidade de receber o cloro gerado pela indústria de cloro e soda e incorporar ao processo de produção, como uma das matérias prima na fabricação de hipoclorito de cálcio, solucionando em parte o descarte do cloro diretamente no rio.

Com o objetivo de avaliar a contaminação de mercúrio no rio Botafogo e no estuário do Canal de Santa Cruz, provocada pelas atividades das indústrias química (cloro e soda) foi realizado um contrato entre a indústria de cloro e soda a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), em abril de 1981, objetivando realizar um estudo preliminar sobre dispersão e níveis de mercúrio no rio Botafogo e seu estuário.

Para assessorar este estudo a CPRH contratou a Agência de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (CETESB), que forneceu a tecnologia, acompanhamento dos trabalhos desenvolvidos. Pelos resultados obtidos nesse estudo, foi constatado que há uma real incidência de mercúrio na região avaliada. O efluente líquido final apresentou valores de concentração de mercúrio era na ordem

de 180 a 370 vezes acima de 10,0 µg/L, limite máximo admitido pela legislação do estado de São Paulo.

As águas do rio Botafogo, à jusante dos lançamentos não poderiam apresentar valores acima de 2,0 µg/L, de acordo com a Portaria nº13/75 da SEMA (Secretária de Meio Ambiente). Constatou-se, no entanto, que os níveis de tolerância deste metal estiveram cerca de 3 (três) a 8 (oito) vezes acima do permitido.

As águas do estuário do rio Botafogo, inclusive, a do Canal de Santa Cruz, apresentaram valores de mercúrio de 3 (três) a 6 (seis) vezes o padrão recomendado pela Secretaria do Meio ambiente (SEMA), para águas Marinhas era de 0,10 µg/l.

No que tange aos sedimentos de fundo, foram encontrados também valores da ordem de 0,37µg/g no trecho do rio e 3.7µg/g no estuário.

Em vista desses valores elevados, a referida indústria contratou a CETESB, em 1984, para realizar um levantamento de todas as perdas de mercúrio nos setores da fabricação de cloro e soda e apresentar medidas técnicas viáveis para redução dessas perdas.

Avaliar a concentração de mercúrio remanescente em sedimento ao logo do rio Botafogo e estabelecer um critério de monitoramento dos recursos hídricos, considerando os aspecto de qualidade das águas e a poluição do mercúrio, foi o objetivo do presente trabalho, cujos resultados estão aqui representados.

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa para realização deste trabalho está baseada em estudos realizados pela CETESB durante o período de 1981, onde foi comprovada uma alta contaminação por mercúrio total no rio Botafogo e no seu estuário, na desembocadura do Canal de Santa Cruz, conseqüência da atividade industrial, de uma produção de cloro e soda, em que seus descartes são lançados, após tratamento físico-químico, no rio Botafogo, avaliando as mudanças ambientais ocorridas e efetividades das ações realizadas, tendo-se passado 24 anos. Comparar os resultados com a situação atual da contaminação de mercúrio não só

no efluente industrial de descarte da indústria, como também nos pontos de amostragem no rio Botafogo e seu estuário em água e sedimento, além da confluência com o Canal de Santa Cruz.

Outra justificativa para a pesquisa está vinculada à escassez de trabalhos desenvolvidos neste manancial. Com o acompanhamento ao longo dos anos, do desfecho da poluição causada, pela instalação de uma indústria de cloro-soda, no rio Botafogo, despertou-se o interesse em elucidar a questão pela quantificação da carga de mercúrio dispersa no rio Botafogo e para outros segmentos da região. A partir desses resultados que se farão ciente de alguma forma às organizações governamentais e não-governamentais, no sentido de melhorar a qualidade ambiental daquele corpo hídrico, a partir das reflexões e das discussões levantadas por este trabalho, considerando o compromisso científico e o dever social, em apresentar, através deste estudo, as mudanças relativas ao período relativo a mais de 20 anos de gestão, quanto ao aspecto de qualidade de água.

Foram verificadas melhorias, desde a adequação das fontes poluidoras às legislações vigentes, como o compromisso com a responsabilidade social do meio ambiente, por parte da sociedade.

O presente trabalho considera, ao mesmo tempo, elementos qualitativos e quantitativos, pela determinação dos resultados dos ensaios físicos e químicos e biológicos provenientes do monitoramento realizado pelo órgão ambiental de Pernambuco. Foi também considerado para esta pesquisa um levantamento de dados referentes a este corpo hídrico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Promover um levantamento de dados pretéritos e comparar com dados atuais, para um estudo comparativo e incorporar as medições de mercúrio, a um monitoramento específico, estabelecendo a avaliação da qualidade da água do rio Botafogo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, buscou-se:

- Determinar a concentração de mercúrio em água, em sedimento marinho;
- Determinar as tendências das variações do mercúrio pela concentração nos sedimentos;
- Suporte técnico e científico a sociedade e aos órgãos públicos na tomada de decisões.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este documento está dividido em seis capítulos, além mais as Referências Bibliográficas e os Anexos, como são apresentados a seguir:

- a) Capítulo 1 - Aspectos Gerais:** Foi apresentada uma descrição histórica referente à causa da poluição do rio Botafogo, e descritos os objetivos principais e complementares que indicam o rumo do desenvolvimento da pesquisa e a justificativa necessária para realização deste estudo.
- b) Capítulo 2 - Considerações Iniciais:** foi apresentada uma descrição geográfica e histórica da área em estudo e tece considerações sobre o referencial teórico acerca da poluição por mercúrio e qualidade das águas, legislações aplicáveis à questão da poluição por mercúrio e enquadramento dos rios quanto a seu uso.
- c) Capítulo 3 – Procedimentos Metodológicos:** descreve os aportes metodológicos utilizados para a elaboração do trabalho no qual foram tomados como base os resultados sobre qualidade de água, disponibilizados pelo órgão ambiental do Estado, técnicas de preservação de coleta em campo, metodologia analítica aplicada aos referentes parâmetros físicos e químicos em água e sedimento. Foi também analisado o registro dos resultados obtidos no período de dois anos de estudo.
- d) Capítulo 4 – Resultados e Discussões:** é apresentada interpretação dos resultados de qualidade de água enquadrando, o rio Botafogo, de acordo com a legislação do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE -CONAMA, Resolução Nº.357, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das

águas doces, salobras e salinas do território nacional. Foi comparado os resultados de mercúrio, apresentados no levantamento da CETESB (CETESB,1981) com a realidade local, obtidos a partir dos resultados atuais de água, e uma estimativa das cargas de mercúrio remanescente disposta no sedimento ao longo do rio Botafogo.

- e) **Capítulo 5 – Conclusões:** descreve as considerações finais da dissertação, onde foram apresentadas as conclusões do estudo realizadas, analisando os aspectos de mudanças influenciados pelas transformações ao longo dos 25 anos passados, assim como as informações referentes ao monitoramento da bacia do Botafogo.
- f) **Capítulo 6 – Considerações Finais e Recomendações:** neste último capítulo foram elaboradas recomendações para melhoria na gestão da Bacia do rio Botafogo, enfoque das fontes poluidoras existentes ao longo do mesmo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Caracterização Física da Bacia

A bacia do rio Botafogo nasce no município de Araçoiaba, com o nome de Catucá, representada por uma área de 280km² e comprimento de 93 km, formado pela junção de diversos cursos d'água situada ao norte e oeste, pela bacia do rio Goiana, ao sul, pelas bacias do rio Capibaribe e a leste pelo oceano Atlântico (SANT'ANNA JÚNIOR, 2001 apud Macedo et al,1992). Está incluído no grupo das pequenas bacias litorâneas do estado de Pernambuco denominado GL-1, que é constituído pelas bacias dos rios Jaguaribe, Arataca, Botafogo, Igarassú, Timbó, Paratibe e Beberibe (CPRH/MMA-PNMA II, 2001).

O estuário do rio Botafogo tem grande importância socioeconômica para o Estado de Pernambuco. Esse estuário está localizado ao norte do Canal de Santa Cruz, em Itamaracá, Pernambuco, Brasil (07°42'50"S e 34°52'10"W) (FLORES MONTES,1985).

O rio Botafogo está situado aproximadamente 35 km do centro urbano da cidade de Recife. A sua nascente está localizada o rio Catucá, que segue em direção sudeste. No trecho entre a sua nascente e à barragem do Botafogo, apresenta terrenos do tipo cristalino e após o reservatório de Botafogo, segue na direção nordeste, deste principal formador, recebe o nome de Botafogo situado logo após a Usina São José, percorrendo uma distância de 50 Km até sua foz que desemboca no Canal de Santa Cruz (CONDEPE, 1982)

O reservatório Botafogo (Figura 2.1) está localizado no município de Igarassu, tem como tributário o rio Catucá, com capacidade de acumulação de 27.689.504 m³, tem como usos preponderantes o de abastecimento público e proteção das comunidades aquáticas. A vegetação predominante é a de Mata Atlântica, no entorno como também a monocultura de cana de açúcar (CPRH, 2005)



Figura 2.1 – Foto do Reservatório do Botafogo

Os principais afluentes do rio Botafogo são:

- Margem esquerda - estão situados o riacho Caiana, que deságua a montante da barragem de Botafogo e os rios Pilão e Cumbe, situados entre a barragem de Botafogo e a usina São José, Gundaú, Itapirema e Arataca.
- Margem direita - deságua o riacho do Gil, próximo a vila do Ararape e os rios Itapicuru, situado à jusante da vila do Ararape e Catucá.

O regime regular da bacia ocorre nos períodos de estiagem, de setembro a janeiro. A vazão permanece constante, proveniente das características geológicas da bacia hidrográfica, apresentando, na sua constituição, tabuleiros arenosos da formação barreiras e, na sua parte superior, uma transição para formações cristalinas. Após esse trecho, apresentam várzea relativamente larga, acompanhada por sedimentos da formação Barreiras, continuando até as proximidades do estuário, onde destaca o arenito de Beberibe (COSTA, 1993).

A partir dos estudos apresentados pelo Diagnóstico Sócio-Ambiental do Litoral Norte (CPRH/MMA-PNMA II, 2003), a bacia do rio Botafogo, juntamente com o rio

Arataca, apresentam dois pequenos núcleos urbanos: a cidade de Araçoiaba e a Vila de Três Ladeiras, além dos povoados Chã de Sapé, Vila do Araripe e Vila Botafogo.

Com o desenvolvimento industrial, várias indústrias se instalaram na bacia do Botafogo, sendo seus efluentes descartados nos tributários deste rio. As principais indústrias instaladas próximas ao rio Botafogo são a Companhia Industrial de Igarassu (CAII), antiga Inagro, atualmente desativada; a Nordesclor, que atualmente modificou o nome para Arch Química do Brasil Ltda e a Usina São José (CPRH, 2005).

O diagrama do Rio Botafogo, mostrando os seus contribuintes, o ponto de monitoramento delimitado para este trabalho e o pólo industrial é apresentado na Figura 2.2.

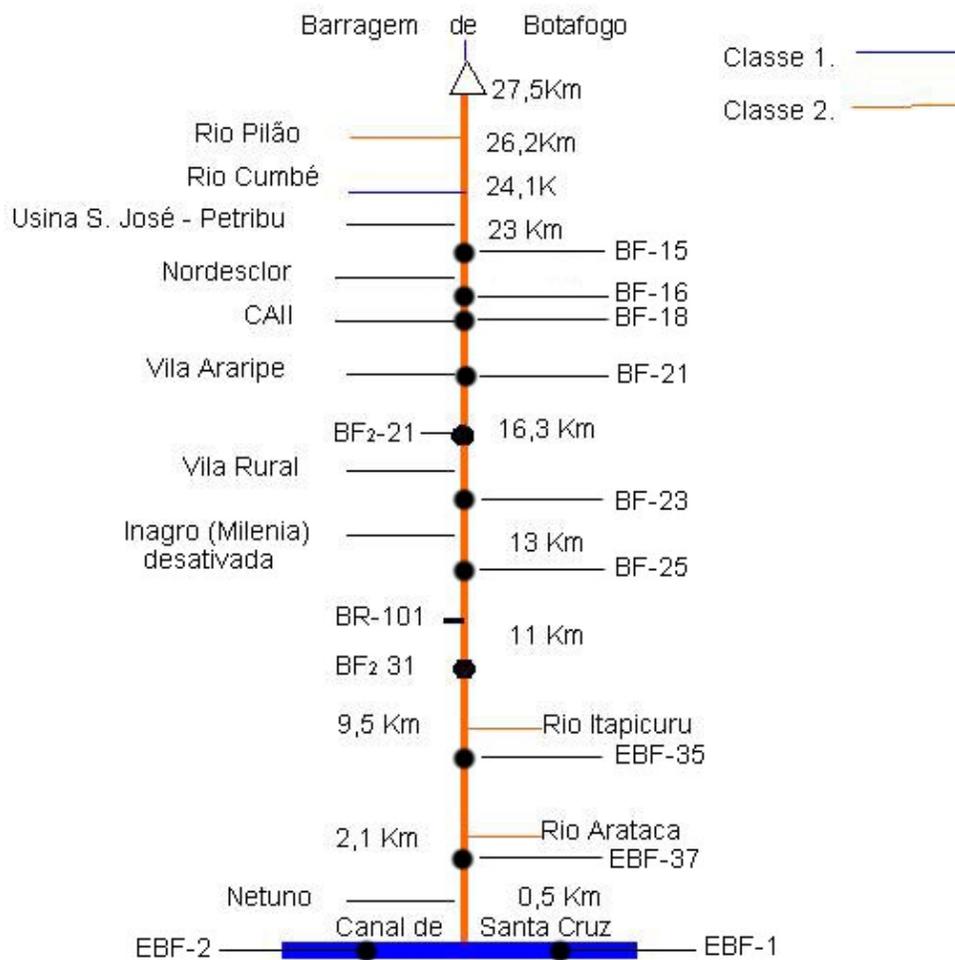


Figura 2.2 - Diagrama unifilar do rio Botafogo. Fonte CPRH (2004)

A carga poluidora do rio Botafogo é decorrente da falta de saneamento básico nas comunidades ribeirinhas, gerando focos de descarte de efluentes domésticos; dos resíduos da agroindústria local, como também, pela presença de efluentes industriais. Além destas fontes, próximo a sua foz, no Canal de Santa Cruz, está instalada uma grande fazenda de criação de camarão, maricultura, situada no Engenho Porto Salino, que usa a circulação das águas salinas e descarta quantidades elevadas de macro nutrientes.

2.2. AVALIAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOTAFOGO

A partir do primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos, em 1988, estabeleceu-se a Divisão Hidrográfica do Estado de Pernambuco em 29 bacias, sendo 13 consideradas mais importantes. A maior delas é a Bacia do Pajeú, seguida por ordem decrescente de importância: Brígida, Moxotó, Capibaribe, Una, Ipanema, Pontual, Terra Nova, Garças, Ipojuca, Goiana, Mundaú e Serinhaem a menor (ARRUDA, 2005).

As outras 16 bacias são constituídas por grupos de bacias, dentre as quais seis de pequenos rios litorâneos (GL1 a GL6) o rio Botafogo está situado dentro dos aspectos dos pequenos rios litorâneos, formado pelo grupo GL1.

De acordo com Passavante & Koenig (1984), sua área abrange cerca de 280 Km², com um relevo um tanto movimentado, sem elementos topográficos marcantes, desaguando ao Norte do Canal de Santa Cruz.

O rio Botafogo é um curso d'água situado acerca de 35 Km do centro urbano do Recife, percorrendo, desde sua principal nascente, no rio Catucá, até sua foz, no Canal de Santa Cruz, cerca de 50 Km. Seu curso principal se bifurca acima da usina São José, em dois braços principais – um denominado rio Cumbe e o outro Catucá ou Botafogo (CPRH, 1998 apud SILVA, 2001).

As características fluviométricas dos principais cursos d'água dessa bacia são muito semelhantes, haja vista que por se posicionarem totalmente na Zona da Mata apresentam precipitações bem distribuídas, contribuindo assim, para que os

mesmos possuem caráter de perenidade desde a nascente, até sua foz (CPRH, 1998).

O rio Botafogo tem como principais formadores os rios Catucá, Cumbe e Pilão. A ocupação de seu solo predomina o cultivo da cana de açúcar e outras culturas em menor escala como: abacate, coco, manga e mandioca (CPRH, *op. cit.*).

As localidades existentes na bacia do rio Botafogo não possuem sistema de esgotamento sanitário, existindo apenas sistemas individuais, tais como fossas negras, secas sépticas ou poços absorventes, exceto as vilas da COHAB, que possuem sistemas isolados de tratamento (CPRH, 1999).

De acordo com a conclusão dos relatórios CPRH (1995, 1996, 1997, 1998, 1999), o rio Botafogo, no seu trecho monitorado, encontra-se poluído por efluentes industriais e agroindustriais. Em relação aos anos anteriores monitorados, as estações apresentam-se mais comprometidas. Portanto, recomenda-se ações de controle da poluição industrial e agroindustrial para a bacia do rio Botafogo.

A cana de açúcar é a principal atividade preponderante na área, exercida pelas usinas sucro-alcooleiras São José e Santa Tereza, mas ocorre também a presença de policulturas de subsistência (agricultura familiar).

Com relação ao nível de alfabetização, em alguns Distritos, a exemplo de Araçoiaba e Três Ladeiras, o contingente alfabetizado, em meados 1991, foi inferior a 28% da população rural e a 43% da população urbana.

Devido à deficiência do esgotamento sanitário, há um risco potencial de comprometimento dos aquíferos subterrâneos. Outro problema de saneamento básico é a deficiência no atendimento do serviço de coleta e destinação de final do lixo, ocorrendo a disposição dos mesmos, em lixões.

Foi avaliada, através de indicadores de qualidade de vida, uma grande incidência de doenças provocadas pelas condições precárias de vida e, conseqüentemente, sanitárias, sendo evidenciados casos de Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST), dengue, leptospirose, meningite, esquistossomose e hepatite viral, entre outras, atingindo, principalmente, a populações de baixa renda, na faixa demográfica em expansão e nas áreas urbanas, onde proliferam aglomerados

subnormais (favelas e assemelhados). Nestes locais, encontram-se, em geral, populações carentes de serviços públicos essenciais (CPRH, 2003).

2.3. HISTÓRICO DO MERCÚRIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOTAFOGO

Desde 1963, quando se instalou uma fábrica de cloro e soda no município de Igarassu, os efluentes industriais são descartados, após tratamento físico-químico, no rio Botafogo. Ressalta-se que a indústria utiliza, em seu processo de produção, células eletrolíticas de mercúrio, para a produção de cloro e soda.

A produção eletrolítica da soda cáustica era conhecida, no século XVIII, mas, somente a partir de 1980, o álcali passou a ser produzido industrialmente. Em 1940, entretanto, a soda eletrolítica superou a soda cáustica da barrilha e, por volta de 1962, esta última tinha quase desaparecido (SHREVE *et al.*, 1997).

Segundo Meyer (1996), a soda caustica era o produto de maior valor comercial para indústria de cloro e soda. O cloro produzido era considerado resíduo do produto. No início dos anos 80, houve uma mobilização da opinião pública ao descaso da fábrica em lançar descargas contínuas de cloro gasoso através de bombas e tubulações subterrâneas, ao longo do rio.

Devido a essa grande quantidade de cloro, lançada indevidamente em vários compartimentos do rio Botafogo, alguns problemas de saúde ocorreram tais como: irritações de olhos, pele e possíveis intoxicações em pessoas que residiam próximo ao descarte (HARGEMANN, 1985 apud MEYER, 1996). Segundo informações de representantes da comunidade pesqueira de Itapissuma, os pescados capturados no estuário do rio Botafogo apresentavam cheiro muito forte de cloro (MEYER, 1996),

Em 1980, a indústria de cloro e soda solicitou autorização ao Órgão Estadual de Meio Ambiente, autorização, para uma ampliar a produção, informando que apresentaria um projeto de tratamento e destinação de seus efluentes industriais, para prévia análise ambiental (CPRH, 1980). Para execução do mencionado projeto, no entanto, foi se necessário avaliar a poluição de mercúrio causada pela indústria fabril, no rio Botafogo.

Foi realizado um levantamento preliminar em 1981, que forneceu apoio técnico ao órgão de meio ambiente de Pernambuco (CPRH), tendo sido contratada para tal

serviço a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo).

Pelos resultados obtidos desse levantamento, foi constada uma incidência de mercúrio à jusante do descarte da indústria de cloro e soda, e os níveis deste metal apresentaram valores na ordem de três a oito vezes acima do valor de 2,0 µg/L de Hg, valor-limite, na época, de acordo com a portaria GR / N° 0013 / 73 da SEMA/MINTER.

Com relação ao estuário do rio Botafogo, os valores apresentaram níveis de mercúrio de 3 a 6 vezes acima do valor recomendado pela SEMA, e águas marinhas era de 0,10 µg./L Hg. Os sedimentos de fundo e os animais aquáticos também apresentaram níveis superiores ao limite permitido.

Dando continuidade aos estudos, em 1984, foi realizado um levantamento das perdas de mercúrio no processo produtivo e estimada a carga poluidora de mercúrio total (CPRH, 1996). Os resultados desse levantamento mostraram que as perdas totais do processo de fabricação da soda os valores estavam distribuídas no percentual de 53% nos efluentes líquidos, 22% nos produtos finais da unidade eletrolíticas, 15% no ar atmosférico e 9% em outros compartimentos (CPRH, 1981).

Em 1986, foi instalada uma unidade de sistema de tratamento de efluentes, para avaliar o volume vazão do efluente hídrico da unidade. As amostras coletadas para efeito de monitoramento, apresentando valores cerca de 10 (dez) vezes maiores que o valor permitido pela portaria GR/ N° 0013/73 da SEMA/MINTER.

Com esses resultados uma equipe técnica da CPRH, registrou a necessidade de adotar uma Política Estadual, objetivando impedir que mercúrio fosse lançado diretamente ao rio Botafogo, bem como, uma campanha de esclarecimento da população que se utiliza às águas e pesca, e alimenta-se de animais aquáticos contaminados, para evitar o seu uso.

Para solucionar o descarte de cloro no rio Botafogo, em 1990, foi instalado a indústria de hipoclorito de cálcio do mesmo grupo da indústria de cloro e soda, com a finalidade de reaproveitar o cloro produzido. Todavia apenas 35% desse cloro foram reaproveitados, mesmo depois da implantação desta indústria de cloro, a pressão da opinião pública se manteve, em relação ao descarte de mercúrio proveniente do

processo eletrolítico da referida indústria, informado segundo o representante da comunidade de Itapissuma (MEYER, 1996).

Esse levantamento preliminar foi realizado em 1981, na região do rio Botafogo e estuário do Canal de Santa Cruz, através de dados quantitativos de concentrações de mercúrio, após o lançamento da CAII, das águas residuárias dos efluentes líquidos industriais, águas do rio Botafogo e estuário do Canal de Santa Cruz, sedimentos de fundo e animais aquáticos.

Foram apresentados resultados de concentrações elevadas de mercúrio total no rio Botafogo os valores em água doce oscilaram entre 2,0 a 17,8 µg/L em Hg, acima do limite permitido pela legislação vigente na época, Portaria SEMA, no estuário a concentração de mercúrio em águas salobras apresentou valores mais baixos entre 0,29 a 0,59 µg/L Hg, os limites máximos permitidos era de 0,10µg/L Hg e nos sedimentos os valores comparativos do mercúrio foram diferenciado das águas, apresentaram valores mais baixos no rio Botafogo (água doce) aumentando na entrada do estuário (água salobra) e diminuindo no Canal de Santa Cruz (água salgada).(Estudo Preliminar - CETESB,1981).

Este estudo preliminar foi realizado pela equipe da CETESB, juntamente com a equipe da CPRH, identificaram pontos de poluição no rio Botafogo (CETESB-1981). Em 1983, foi sugerido pela CETESB, que a CPRH realizasse mais duas campanhas de coletas de água e sedimento no Rio Botafogo e no estuário, tendo como objetivo comparar com os valores obtidos em 1981. Naquela ocasião seria o 1º estudo da poluição de mercúrio, no rio Botafogo.

Em 1985, o órgão Estadual de meio ambiente acompanhou as medidas que vinham sendo adotadas pela indústria de cloro e soda, tendo como finalidade minimizar as emissões de mercúrio, através da instalação do sistema de tratamento de efluentes. Os resultados de concentração de mercúrio em água encontrados não foram satisfatórios, pois apesar de medidas tomadas pela industria química com a finalidade em minimizar o descarte do mercúrio encontrado nas águas residuárias, os valores de concentração de mercúrio encontrado nos efluentes e corpo receptor, apresentaram acima do exigido pela legislação.

Foi então exigido pelo órgão de meio ambiente, que aumentasse a sua eficiência para se adequar aos padrões exigidos.

Algumas melhorias foram realizadas pela indústria de cloro e soda, após este levantamento de carga de mercúrio e realizados ao longo do rio Botafogo em 1981 e outro levantamento interno na fábrica, para avaliar as perdas de mercúrio nos setores industrial em 1984.

A partir deste levantamento a indústria investiu no Sistema de Tratamento de Efluentes e modificou no sistema de produção para corrigir as perdas de mercúrio ocorridas nas unidades Fabris.

Os dados abaixo informados foram fornecidos pela indústria de cloro e soda (CAII):

1986 - Início de operação a unidade de tratamento de efluentes atendendo as exigências da CPRH;

1989- aquisição de três novos analisadores de Mercúrio para laboratório e ETE;

1996 - certificação ISO 9002;

1998 - adesão formal ao Programa Atuação Responsável - ABIQUIM;

1999 - recertificação ISO 9002;

2003 - certificação ISO 9001 e ISO 1400;

2004 - instalada diques e contenções secundárias nos tanques de estocagem de produtos químicos;

2005 - melhoria da embalagem e estocagem dos resíduos contendo mercúrio;

2006 - disposição em aterro industrial dos resíduos classe 1, estocados na unidade; Implantação de projeto pra redução da geração de resíduos mercuriais da produção em 80%; revestimento e impermeabilização de piso com resina;

Em seguida, foram adotados mecanismos de política estadual, objetivando minimizar a poluição do rio Botafogo e do seu estuário e foi lançada uma campanha de esclarecimento à população que utilizava a água e os pescados para o consumo próprio.

Um extenso trabalho de pesquisa realizada por Meyer em 1996, referente à poluição por mercúrio no Canal de Santa Cruz, em material particulado, ostras e sedimentos. Neste trabalho, o autor concluiu que o rio Botafogo e suas respectivas áreas representativas estavam poluídos por mercúrio.

Na tentativa de realizar um balanço de massa relacionando o mercúrio descartado no rio e o que transcende no Canal de Santa Cruz, foi considerado pelos autores, que parte desse mercúrio não havia sido absorvido pelo ambiente do mangue e sim deslocado para o mar, através do material particulado, estimando uma carga de 1,2 e 2,5 toneladas presentes no sedimento, comprometendo a biota do Canal e transferindo para a população que utiliza a pesca local, como alimentação de sobrevida (SANT'ANNA JÚNIOR et al. 2000).

2.4. PÓLO INDÚSTRIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA

Com o desenvolvimento industrial, várias indústrias se instalaram na bacia do Botafogo, tendo seus efluentes descartados em seus tributários.

As principais fontes poluidoras estão apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Relação das fontes poluidoras e cidades localizadas no rio Botafogo.

Nomes dos rios/Canal	Unidades Poluidoras	Referenciando Indústria	Tipologias
Riacho Pilão	Araçoiaba		Cidade
Rio Cumbe	Três Ladeiras		Cidade
Rio Catucá	Reservatório Botafogo		Abastecimento Público
Rio Cumbe	Usina São José	A	Usina de Açúcar /destilaria de álcool
Rio Botafogo	Nordesclor S/A	B	Produtos químicos
Rio Botafogo	Companhia Agro-Industrial Igarassu (CAII)	C	Produtos químicos
Rio Botafogo	INAGRO (DESATIVADA)	D	Produtos orgânicos
Rio Botafogo	Vila do Araripe		Povoado
Canal de Santa cruz	Carcinicultura marinha	E	Criação de camarões

A usina São José (indústria A), está localizada na Vila Três Ladeiras, na cidade de Igarassu e pertence à tipologia sucro-alcooleira, o período de moagem da usina abrange os meses de setembro a abril. Esta usina utiliza o açude Marroquim para captação de água utilizada no processo, com uma vazão média de 14.880 m³/ dia (CPRH, 2006).

A indústria Nordesclor S/A (indústria B), foi instalada em 1980, para receber parte do o cloro produzido pela CAII (Companhia Agro-Industrial Igarassu), localizada na Rodovia PE-41, km 6,5, próximo ao povoado da Vila do Araripe. A indústria atua na produção de hipoclorito de cálcio, utilizando como matéria prima: cloro, hidróxido de sódio, cal e ácido clorídrico. Os efluentes industriais gerados pelo processo são encaminhados à indústria C, coligada, para serem reciclados e processados. A empresa realiza o auto monitoramento encaminhando, a cada três meses os resultados Físicos - Químicos das águas pluviais para controle da Agência de Meio Ambiente (CPRH, 2006).

A Indústria Agro Industrial Igarassu (indústria C) se enquadra na tipologia química, cuja atividade consiste na produção de soda cáustica. O abastecimento de água é realizado através de açude próprio, enquanto que os esgotos sanitários são encaminhados para um sistema de tratamento do tipo Físico-Químico.

Os resíduos sólidos gerados pelo processo industrial da indústria C constitui uma lama, contendo mercúrio que são armazenado em tanques de concreto fechado e coberto e, em seguida, encaminhado para serem incinerado. A empresa realiza o auto monitoramento encaminhando, para a Agência de Meio ambiente a cada três meses os resultados de mercúrio referente aos efluentes da estação de tratamento, inclusive dos pontos de coletas no rio Botafogo localizados aproximadamente 100 metros à montante e 100 metros à jusante da indústria e dos produtos fabricado (HÍDRICOS, 2006).

Presente na desembocadura do canal de Santa Cruz, a maricultura Netuno (indústria D) que se enquadra na tipologia de aqüicultura, atividade na operação de carcinocultura marinha, ocupando uma área de 279,23 ha de viveiros, com reserva legal de 334,58ha, localizada na estrada do Pasmado, km12, engenho Porto e Salina, pertencente ao município de Itapissuma. O abastecimento de água para alimentação é realizado através das águas salinas do Canal de santa Cruz.

Em meados dos anos 80 foi instalada uma indústria de produtos orgânicos, utilizando formol, como matéria-prima para pesticidas agrícolas. Em decorrência de vários acidentes, pela manipulação inadequada do produto, houve um processo de contaminação no solo. Essa industria foi fechada, devido aos inúmeros acidentes ocorridos na época. Em 1994 a mesma indústria foi adquirida por outro grupo que utilizava, no processo de produção de praguicidas, atualmente com sua produção inativa (CPRH, 2002).

2.5. PROBLEMÁTICA DAS INDÚSTRIAS DE CLORO E SODA

Dentre os segmentos industrias que contribuem para a contaminação dos rios e solos do Brasil e em outros locais do mundo, podemos mencionar a indústria de cloro e soda, que se enquadra como uma empresa de tipologia química na produção de soda caustica, cloro liquefeito, hipoclorito de sódio, ácido clorídrico e hidrogênio. Existem plantas que utilizam células eletrolíticas de mercúrio, das quais esse metal é

utilizado como catodo móvel formado durante o processo produtivo da amálgama de sódio.

As indústrias de cloro soda que operam com células de mercúrio são grandes consumidoras deste metal. As perdas desse metal ocorrem, principalmente, nas unidades eletrolíticas, por vaporização, e nas lamas de purificação da salmoura, além de se agregar aos produtos finais (CETESB, 1981).

Devido ao seu potencial poluidor, os efluentes das indústrias de cloro e soda teve suas emissões de mercúrio regulamentadas em vários países com diferença de critério, baseados na concentração, carga total diária, carga proporcional á produção de cloro. Os produtos finais, principalmente a soda, também são contaminados pelo mercúrio, e que esta é largamente empregada subseqüentemente em várias outras atividades, os níveis de mercúrio em álcalis para uso na industria de alimentos também foi regulamentado países desenvolvido.

2.6. CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO

A presença de metais pesada tem uma grande parcela de contribuição na poluição do ambiente água, ar e solo. Nos últimos anos, as transformações dos metais através de processos industriais, vêm gerando subprodutos de uma nova classe dos contaminantes desconhecidos e perigosos, ocorrendo graves problemas ambientais e, através do ciclo da vida, atingindo a saúde humana, estando muitas vezes associadas aos efeitos crônicos (CPRH, 2002).

Nos últimos anos, os cursos d'água vêm sendo consideravelmente afetados por produtos tóxicos e poluentes, causando grande impacto, oriundo da grande diversidade de substância tóxica, decorrentes do desenvolvimento urbano e industrial. Este processo vem ocorrendo de forma bastante desordenada, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, onde a geração de divisas é meta prioritária do governo. Desta forma, o meio ambiente vem sofrendo constantemente danos consideráveis.

A contaminação dos ambientes aquáticos, por metais, dá-se, principalmente, através de despejos industriais e domésticos. Alguns desses metais podem se acumular através da cadeia alimentar, em níveis de concentrações perigosas aos

animais que, posteriormente, são consumidos pelo homem. Dentre os metais existentes na natureza, o mercúrio estabelece esses critérios acima mencionados.

O mercúrio apresenta-se no ambiente aquático de várias formas, formando várias reações, fortemente afetadas pelas temperaturas, presença de quelatos orgânicos, disponibilidade de íons de mercúrio inorgânico e atividade metabólicas de organismos metiladores na água e no sedimento. Aparentemente o mercúrio inorgânico é rápido e totalmente transferido aos sedimentos em poucos minutos, independentemente do pH.

Segundo Salomos et al. (1984), os metais têm sido transportados pelo ciclo hidrológico, desde a primeira ocorrência de água no planeta Terra. A água como meio condutor, facilita esse para transporte, através dos continentes.

Pfeiffer et al.(1993) ressaltam que todo mercúrio utilizado no Brasil é importado e 28% dele é utilizado pelas indústrias, nas células de mercúrio na produção de cloro e soda.

A questão da poluição por mercúrio tem sido objetivo de vários trabalhos de pesquisa, por ser esta a principal fonte de mercúrio, no Brasil, contribuindo com grande parte das emissões do metal para o meio ambiente (Barreto,1995).

As perdas de mercúrio, em 1989, foram da ordem de 210 toneladas, sendo que o garimpo contribuiu com 80% (cerca de 168 toneladas), seguida pela indústria de cloro e soda (PASSAVANTE & KOENING.1984),

Meyer (1981) relatou que no ano de 1978 toda indústria de cloro e soda utilizava mercúrio importado, algo em torno de 350g/t. Este valor decresceu para 73 g/t em 1985 (HASSE, 1994).

Em meados dos anos 80, grande parte do mercúrio foi consumido pelas atividades de mineração de ouro das minas de extração, região do Amazônia e por volta de 1998 ocorreu o mais alto pico de mercúrio utilizados pelas atividades de garimpo nesta região (LACERDA et al., 1991b apud MEYER, 1996).

As minas de garimpo, na extração de ouro, utilizavam cerca de 78% do mercúrio importado e 5% foram utilizados pelas indústrias de cloro e dos 16,7 toneladas (HASSER ,1994 apud MEYER, 1996)

O mercúrio é utilizado nas minas no processo de amalgamação do ouro, em solo seco ou no sedimento de fundo em rios e lagos. Em seguida eles calcinam o

resíduo para recuperar o mercúrio. Dependendo da técnica utilizada, ocorrem perdas de mercúrio, tanto para o meio ambiente, como para o operador da extração “garimpeiro”. A deterioração da saúde humana e do meio ambiente, dificilmente, poderá ser reparada devido ao alto nível de concentração e a toxicidade desse metal. A quantidade de mercúrio perdido (liberado para o meio ambiente ou absorvido pelo homem), dependendo do processo utilizado, é de aproximadamente de 1,3 a 4,0 kg/kg de ouro extraído (LACERDA et al., 1992 apud MEYER, 1996)

A preocupação dos pesquisadores, em meados dos anos 80, estava direcionadas ao estudo do ciclo do mercúrio na região da Amazônia, devido a grande quantidade do metal utilizada nas minas de garimpo, para extração de ouro. A alta precipitação da região facilitou o carreamento de grande parte do mercúrio, desperdiçado pela atividade garimpeira e, a partir de pesquisa nesta área, foi constatado que parte do mercúrio estava inserido nos solos, nos rios e lagos, além de contaminar o ar.

Nesse período, realizaram um estudo, em uma larga região da Amazônia, através do rio negro e em seus tributários. Foi encontrada no solo uma alta contaminação de mercúrio em uma grande extensão daquela região (FADINI et al, 2001).

As indústrias de cloro e soda foram às precursoras na utilização do mercúrio de possíveis contaminações para o meio ambiente.

2.6.1 Indicadores Biológicos

O monitoramento realizado pelos órgãos ambientais, geralmente, considera os resultados de análise laboratoriais referentes ao ambiente água e de efluentes indústrias. Estes resultados avaliam a situação momentânea, no ato da coleta, com relação aos despejos clandestinos e ocasionais, normalmente não são detectados com relação aos sedimentos e refletem a qualidade das águas de forma acumulativa e contínua (MULLER, 1979 apud RODRIGUES et al., 2002).

Desde a década de 70 a extensão da poluição global vem sendo acompanhada através do monitoramento de metais pesados, comparando-se inicialmente o consumo desses metais com a concentração natural destes elementos em sedimentos não poluídos.

O sedimento atua como depósito de metal pesado, podendo ser deslocado, dependendo das correntes e condições do ambiente. Os metais pesados são acumulativos em lagos e rios, através do sedimento. O metal mercúrio é absorvido pelo ambiente através de atividades antrópicas, por diversos segmentos. Quando incorporado pela cadeia trófica, causa interferência no ecossistema. O mercúrio, na forma metálica, torna-se estável, através de diferentes reações químicas, biológicas e fotoquímicas (KAISER et al., 1980).

O mercúrio é incorporado ao ambiente aquático, variando de acordo com o sistema, em meio ácido, pode ocorrer formação de metil-mercúrio, forma de fácil aderência às membranas das células e como consequência é absorvida pela cadeia trófica (HYPOLITO et al, 2004).

As condições de pH, concentração da matéria orgânica, favorecem à absorção do mercúrio pelas diferentes espécies e a sua distribuição nos ambientes aquáticos.

O processo de metilação ocorre quando o mercúrio metálico (Hg^0) é incorporado ao sistema aquático na forma inorgânica, dando origem ao metilmercúrio (JENSEN & JERNELÖV, 1969). Este composto tem propriedades tóxicas, com elevado potencial de acúmulo e, por conseguinte, de magnificação ao longo nas cadeias alimentares. Através dos sedimentos, as comunidades bentônicas se alimentam de detritos contaminados, transportando-os para os peixes e, estes, ao homem (EPA, 1972).

Considerando que a fonte de emissão, pare de emitir o mercúrio para o ambiente, o sedimento é capaz de mantê-lo absorvido, transferindo-o e incorporando-o à biota dependendo das condições físicas, químicas e biológicas do ambiente aquático. O sedimento contaminado é uma fonte potencial de mercúrio, para a água e para a biota aquática, durante 10 a 100 anos (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

A quantificação do mercúrio no sedimento é uma das formas mais utilizadas de se avaliar o grau de contaminação de um sistema aquático. Os trabalhos que foram realizados de experimentos avaliaram que a concentração de mercúrio acumulada em peixes proveniente do sedimento chega a ser 9 (nove) vezes maior do que a proveniente da coluna d'água (KUDO & MORTIMER, 1978).

A partir do momento em que foi verificado, no sedimento, a capacidade de metilação do mercúrio da forma inorgânica para orgânica, para metilmercúrio passou a ser uma ameaça ao ambiente aquático (JENSEN & JERNELOV 1969).

O nível de Hg total no sedimento de rios ganhou relevância após a demonstração de que a maior proporção de Hg em tecido muscular de peixes pode estar na forma de metilmercúrio (WESTOO, 1972; HEDERSON et al., 1972; BISHOP & NEARY, 1974).

2.7. LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

Considerando os acontecimentos na ordem cronológica do tempo, a partir de uma avaliação comparativa em relação aos poderes de legislações Federal, Estadual e Municipal, aplicáveis a gestão integrada de Recursos Hídricos, ressaltamos intervenções através de ações desenvolvidas pelos órgãos públicos como também a presença de organizações ou associação na interfase dos interesses coletivos (CAMPOS, 2001).

Segundo (GAMA, 2003) para elaboração de leis são levados em considerações os fatores socioeconômicos, políticos, ideológicos, éticos, presentes e em gerações passadas. Desta forma, a existência de leis e regulamentos e acontecimentos relacionados de outros países e contextos ligados às questões ambientais, como também o comprometimento assumido em relação à sociedade internacional, todos esses fatores são preceitos considerados, pelo legislador no ato da elaboração das normas e leis ambientais.

De fato, no Brasil as primeiras normas jurídicas voltadas para a administração dos recursos naturais, foram impostas pela Coroa Portuguesa, na época colonial, estabelecendo competência institucional para autorização de exploração de água subterrânea e tratamento de problemas relacionados com a poluição dos rios e dos lagos, para não prejudicar a fauna aquática. Estas normas continuaram em vigor, mesmo a partir da elaboração do decreto do código Civil de 1916, no domínio holandês no nordeste desse país na época Colonial.

Em 10 de julho de 1934, é criado o Código de Águas – Decreto Federal nº 24.643, modificado pelo Decreto-lei Nº 852, de 11 de novembro de 1938 -, que é considerado a legislação básica brasileira do Direito das Águas, a qual classifica as

águas quanto ao seu uso em: águas públicas de usos comuns ou dominicais, águas comuns e águas particulares.

Em meados dos anos 60, com a exploração desordenada dos recursos naturais, surge uma preocupação com os problemas ambientais, causados pela poluição ao meio ambiente, provocada pela geração de resíduos industriais e esgotamento sanitário de centros urbanos. Em 29 de junho de 1961, é editado o Decreto nº 50.877, dispondo sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do País e conceituando a poluição aquática.

Em 1972, na Conferência de Estocolmo, foi estabelecido princípio ambiental relevantes ao benefício das gerações atuais e futuras e como também os princípios jurídicos. A partir desse momento o Brasil adotou medidas de legalidade firmada por compromissos assumidos na reunião buscando medidas de ordem legal e institucional e na busca do uso racional dos recursos naturais.

O controle da poluição é intensificado através da pressão internacional, não admitindo, do ponto de vista ético, estilos de desenvolvimento que exponham os recursos naturais à forma de exploração que os esgotem e poluam o meio ambiente, ou que isolem segmentos sociais de seus benefícios, sendo no Brasil, o marco da discussão das questões ambientais, com os segmentos da sociedade civil, ainda que muito timidamente.

Os objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA propõe uma gestão integrada, descentralizada e participativa dos diversos usos da água e caracteriza as bacias relacionando um desenvolvimento econômico e social, preservando a qualidade do meio ambiente e equilíbrio ecológico, a partir do desenvolvimento de pesquisas e de tecnologia nacional orientadas para o uso racional dos recursos ambientais (ARRUDA, 2005).

A Política Nacional do Meio Ambiente é disciplinada pela Lei Federal Nº. 6.938, de 31/8/81 - alterada pelas Leis Nºs. 7.804, de 18/7/89 e 8028, de 12/4/90, e regulamentada pelo Decreto Nº. 99.274, de 06/06/90, dispõe sobre seus objetivos, fins e mecanismos de formulação e aplicação.

Esta lei estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, cria o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que tem a função de assistir ao Presidente da República na formulação de diretrizes da política nacional do meio ambiente e os instrumentos protetores (são instrumentos legais que protegem o ambiente, dando

ênfase preventiva) do ambiente. A citada lei apresenta os instrumentos classificados em:

- a) Padrões Ambientais (sobre qualidade e emissão);
- b) Controle do Uso do Solo (trata de zoneamento e áreas de proteção);
- c) Pré-requisito para o Licenciamento Estudo do Impacto Ambiental – EIA e o Relatório do Impacto Ambiental - (RIMA);
- d) Penalidades (multas, compensações, etc.).

Deve-se citar a Lei Nº 7.347/85, que introduziu pela primeira vez o amparo aos chamados interesses difusos (denominação jurídica que designa interesse coletivo), da ação popular e da audiência pública (quando da realização do EIA). Esta lei disciplina a ação civil pública, tornando-se o mais importante meio processual de defesa do meio ambiente, sendo função do Ministério Público definido pela Constituição Federal (SILVA, 2003).

A Constituição de 1988 é a primeira que trata da questão do meio ambiente e da sua preservação no interesse das gerações presentes e futuras.

Apresenta um capítulo específico sobre a questão ambiental da Ordem Social. A proteção legal das áreas estuarinas é dispersa em leis e decretos (Código de Águas, 1934; Estatuto da Terra, 1964; Código Florestal, 1965; Resolução nº 04 do CONAMA; Lei de Pesca, 1967). A Constituição de 1988, como Lei Maior apresenta uma posição rígida quanto aos ecossistemas e suas espécies, contemplando mais especificamente:

- a) Os espaços territoriais e seus componentes, visando sua conservação até as gerações futuras;
- b) Não permitindo a utilização dos ecossistemas e espécies de modo a não comprometer a integridade dos atributos que justificam sua proteção;
- c) Colocando a Zona Costeira como Patrimônio Nacional, dizendo que sua utilização far-se-á na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente quanto ao uso dos recursos naturais.

Logo, as áreas estuarinas são consideradas segundo a Constituição de 1988, juntamente com os outros recursos naturais, como patrimônio de todos a serem

especialmente protegidos, envolvendo diversos órgãos na conservação dos recursos naturais remanescentes que, seguindo a hierarquia legal, atuam no planejamento, na coordenação, na execução, no controle e na fiscalização.

Na década de 90, no Rio de Janeiro, ocorreu a conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento e elaboração da agenda 21 e da Carta da Terra. Foi discutida uma gestão de sustentabilidade dos recursos hídricos, que até o momento, são reflexos de discussões e consideradas nas legislações de âmbito federal e estadual.

A Política de Recursos Hídricos, em especial a cobrança pelo uso da água, deve ser fortalecida pela participação da sociedade nos órgãos colegiados que atuam no setor, além da necessidade de se promover à imediata implantação dos instrumentos de gestão desta política (CAMPOS, 2001).

A legislação ambiental brasileira ganhou um espaço, tanto na constituição de 1998, como na legislação ordinária, subsequente, destacando-se: a política nacional de meio ambiente, as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, exigindo o estudo de forma preventiva, a ampliação do conceito de poluição/impacto ambiental referente a toda atividade que altere negativamente o meio ambiente e a responsabilidade pelo dano causado ao meio ambiente;

Os parâmetros são importantes subsídios para que os aplicadores da lei tenham condições efetivas em avaliar e quantificar os danos ambientais e indenização reparadora, quando incorporados à legislação tornam os parâmetros jurídicos, estabelecendo o controle e fiscalização sobre determinada a atividade poluidora.

A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Esta Resolução classifica em treze classes as águas doces, salobras e salinas do território nacional, segundo seus usos preponderantes. Para cada classe de água são estabelecidos limites permissíveis de materiais e/ou substâncias, de modo a não afetar sua qualidade, tendo em vista o uso a que se destina. Os parâmetros restritivos a mercúrio são estabelecidos nas classes especial, 1 e 2, de cada tipo.

Pela Resolução CONAMA Nº357/2005, o rio Botafogo está classificado quanto aos usos preponderante na classe 2, que são águas destinadas:

I - ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

II- à proteção das comunidades aquáticas;

III- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

IV- à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

V- à aqüicultura e à atividade de pesca.

Para recursos hídricos enquadrado como classe 2, pelos usos das águas preponderantes, a Resolução CONAMA nº 365 estabelece os limites máximo permitidos para os parâmetros abaixo descrito que foram analisados nesta dissertação.

- pH : 6,0 a 9,0;
- cor verdadeira : até 75 mg Pt/L;
- Turdidez: até 100 UNT
- DBO 5 dias a 20 ° C até 5 mg/L O₂;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;
- Fósforo total : até 0,10 mg/L P;
- Mercúrio total : 0,0002 mg/L Hg;
- Nitrato : 10,0 mg/L N.

No art. 32, estabelece as condições para que efluentes de qualquer fonte poluidora sejam lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água. Dentre elas, um dos itens determina os valores máximos admissíveis de diversas substâncias (Tabela 2.2), nas quais está o mercúrio total, sendo admitido para este elemento um valor máximo de 0,01mg/L Hg, não havendo especificação quanto à forma deste. Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, os quais devem ser demonstrados por estudo de impacto ambiental realizado pela entidade responsável pela emissão, os órgãos competentes que poderá autorizar lançamentos acima dos limites estabelecidos por este artigo, fixando, todavia, o tipo de tratamento e as condições para tais lançamentos.

Tabela 2.2 – Valores máximo permitidos para os parâmetros analisados para curso de água na classe 2, conforme a Portaria CONAMA N° 365/2005.

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO		
	ÁGUA DOCE	ÁGUA SALOBRAS	ÁGUA SALINA
pH	6,0 a 9,0	6,50 a 8,50	6.5 a 8.5
Cor mg Pt/L	< 75,0	-	-
DBO 5 dias a 20 ° C	> 5,0	-	-
OD mg/L O2	< 5,0	< 4,0	< 5,0
Fósforo total mg/L P	0.10	0,186	0,062
Mercúrio total mg/L Hg	0,0001	0,0018	0,0002
Nitrato: 10,0 mg/L N	10,0	0,70	0,40

Cada país estabelece controle da poluição que está diretamente relacionado com a proteção da saúde, com a garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria na qualidade de vida, considerando os usos prioritários e classes exigidas por um determinado corpo hídrico.

3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

De acordo com o Diagnóstico Sócio-ambiental no litoral Norte (CPRH, 2003), a qualidade do rio Botafogo apresenta sinais de comprometimento, com parâmetros acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, considerada classe II, com uso preponderante as águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, ao uso da na agricultura irrigada, em produtos de consumo “*in natura*” e a recreação com contato primário (natação, esqui - aquático e mergulho).

Na determinação da qualidade das águas superficiais do Litoral Norte, a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH), foi utilizada a classificação das águas interiores, estabelecida no Decreto Estadual nº 7.269 de 05/06/81 e o enquadramento dos cursos de água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco estabelecido no Decreto Estadual nº 11.760 de 27/08/86 que toma como referência a classificação acima mencionada.

Anteriormente existiam vários pontos de amostragem, na rede de monitoramento do órgão ambiental de Pernambuco, no rio Botafogo. Porém alguns foram desativados, restando apenas dois pontos de monitoramento, discriminados na Tabela 3.1. As coletas foram realizadas numa frequência bimestral pelo laboratório do CPRH e os resultados analisados pelo setor de Recursos Hídricos, do mesmo órgão.

Tabela 3.1 - Estações de amostragem da rede de monitoramento do Rio Botafogo

Estação	Corpo d'água	Classe	Local	Coordenadas
BF-21	Rio Botafogo	2	Em frente à vila Araripe, em Igarassu.	UTM E 282683 UTM N 9138942
BF-31	Rio Botafogo	2	Na ponte da BR101-Norte, em Igarassu.	UTM E 286448 UTM N 9142002

Fonte: CPRH- Relatório do Monitoramento das Bacias Hidrográficas de Pernambuco, 2000

Considerando a avaliação do Diagnóstico Sócio-Ambiental do Litoral Norte, realizado em 2003, os resultados obtidos pelo o monitoramento do rio Botafogo indicaram como principais atividades poluidoras a agroindústria canavieira,

decorrente do carreamento de descartes difusos da recomposição do solo e de efluentes resultantes do processo industrial e em menor escala as ocupações urbanas, que é pouco representativa na bacia.

3.1 Obtenção dos dados de qualidade de água

Os dados de análises da qualidade da água utilizados foram obtidos através dos relatórios do monitoramento do Rio Botafogo, fornecidos pela equipe técnica do setor de recursos hídricos da CPRH, para o período de dois anos, entre os meses janeiro de 2004 a dezembro de 2006. O critério usado para determinação desse período, os dois anos seriam suficiente para avaliar a qualidade da água no rio Botafogo, considerando as mudanças e interferências externas exercidas na bacia.

Os rios são considerados sistemas dinâmicos e os estudos da variação de características físico-químicas da água, refletem os impactos de atividades do homem e, conseqüentemente, as mudanças nos fatores ambientais (BRUNET & ASTIN, 1999).

3.2 Seleção dos parâmetros

As estações BF-21 e BF-31 foram monitoradas, com freqüência de coleta bimensal para o conjunto básico (Temperatura, pH, OD, DBO, Condutividade Elétrica, Cloreto, Fósforo, Salinidade e mercúrio) e quadrimensal para coliforme fecal.

A escolha desses parâmetros físico-químicos foi considerada pela rede de ligações existentes entre os componentes na água do rio e as infinitas possíveis reações provenientes de descartes de efluentes industrial e domésticos. O sistema de avaliação da qualidade da água funciona pelo conhecimento dessas modificações através da alteração de concentrações dos parâmetros analisados.

Outra consideração para a escolha foi a disponibilidade de dados na rede de monitoramento da qualidade da água do rio Botafogo, mantida pelo órgão ambiental do Estado.

3.3 Os aspectos de qualidade da água no rio Botafogo

A água é um elemento indispensável à vida e seus múltiplos usos na atividade humana. Entre eles, destacam-se o abastecimento público e o industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática.

A expansão demográfica e industrial desordenada, principalmente nas últimas décadas, trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. A escassez de recursos financeiros nos países em desenvolvimento se agrava pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas para reverter a situação.

Na natureza, a água doce torna-se cada vez mais limitada pelo alto custo da sua obtenção nas formas menos convencionais, como é o caso da água do mar e das águas subterrâneas. Portanto, deve-se priorizar a preservação, o controle e a utilização racional das águas doces superficiais.

Uma gestão adequada da água deve contemplar em seu planejamento, os múltiplos usos desse recurso naturais, desenvolvendo e aperfeiçoando as técnicas de utilização, tratamento e recuperação de nossos mananciais (CETESB, 2005).

A poluição das águas é gerada por:

- efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis nutrientes e bactérias);
- efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial);
- carga difusa urbana e agrícola (poluentes advindos da drenagem destas áreas: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão).

3.3.1 Temperatura

As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e dos recursos hídrico apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura da água superficial é influenciada por fatores, tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A

elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais.

A temperatura desempenha um papel principal de influências nos parâmetros físico-químicos, tais como: a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura.

3.3.2 Potencial de Hidrogênio (pH)

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou decorrentes de processos unitários de tratamento de águas. O pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies, que indiretamente, determinadas condições de pH contribuirão para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal está estipulado na faixa entre 6,0 e 9,0.

3.3.3 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas superficiais em função das características hidráulicas do rio, quando da promoção de mistura do ar atmosférico com a água, portanto, quanto maior o número de cascatas, maior será a taxa de re-aeração, podendo chegar ao ponto um pouco abaixo do nível de saturação de 9,2 mg/L de O₂.

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno torna se intensificado em águas poluídas, onde a decomposição dos compostos orgânicos lançados leva à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são consumidos como nutrientes pelas algas.

3.3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 (cinco) dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como DBO.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

3.3.5 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução da intensidade de luz que irá atravessá-la, esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material no estado coloidal, orgânico ou inorgânico.

É importante ressaltar que a coloração, realizada na rede de monitoramento, consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem. A cor interfere no aspecto da água.

3.3.6 Fósforo

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nesses, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente, constituem sua principal fonte, além da matéria fecal, que é rica em proteínas.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos é a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das

águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise se convertendo rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais.

3.3.7 Turbidez

A turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas.

O alto valor da turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente o uso doméstico, industrial de um corpo hídrico (CETESB, 2005).

3.3.8 Coliformes Fecais

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. As bactérias do grupo coliformes fecais são utilizadas para indicar a poluição de origem humana e quantificar a grandeza desta contribuição. Embora não sendo patogênicas, a presença de bactérias do grupo coliforme, na água, indica que a mesma recebeu matéria fecal e pode, portanto conter microrganismos patogênicos.

O número mais provável de coliformes (NMP) é a medida dos coliformes por estimativa estatística (CPRH,2005).

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Delimitação dos pontos de coleta

O trecho do rio Botafogo escolhido para o desenvolvimento do presente trabalho foi selecionado com base no levantamento preliminar realizado em 1981, pelo Órgão Ambiental de Pernambuco (CPRH, 1981) que registrou, ao longo do rio, altos valores de mercúrio, proveniente dos descartes mercuriais de uma indústria de cloro e soda. Os pontos de coleta foram considerados bem próximos dos mesmos analisados no levantamento da CETESB (1981), para avaliação das alterações ocorridas ao longo dos 23 anos passados, estando esta área de estudo delimitada ao rio Botafogo, desde a montante da indústria de cloro-soda até à jusante da confluência com o rio Arataca, próximo ao deságüe no Canal de Santa Cruz. Os locais definidos foram geoprocessados por equipamento de GPS, como representado no Mapa 3.1 (anexo).

As coletas de amostras de mercúrio e dos parâmetros de qualidade de água foram realizadas no trecho acima descrito, dos quais os pontos BF-21 e BF-31 coincidem com as estações de amostragem da rede de monitoramento das bacias hidrográficas da Agencia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos–CPRH. A localização das estações de amostragem está especificada na Tabela 4.1.

Na definição da forma de coleta, foram levadas em consideração as condições de acesso aos locais e a presença de cachoeiras e pontes. No caso de falta das condições favoráveis de acesso, foram realizadas coletas de barco. As campanhas de amostragem foram realizadas no período de maio de 2004 a janeiro de 2006, considerando os períodos de chuvas mais intensos (inverno) e os períodos mais quentes (verão), conforme apresentados na tabela Nº 4.2.

O trabalho de exploração de reconhecimento da área foi realizado por terra, no período de março de 2004. Também foi feito um reconhecimento de barco, em toda área de estudo, que foi auxiliado por um funcionário da fazenda Netuno que tinha conhecimento da área.

Tabela 4.1 - Relação dos pontos de coleta e locais de coleta no rio Botafogo

Estação	Corpo d'água	Local	Coordenadas
BF-15	Rio Botafogo	à montante da Indústria B	UTM E 280448 UTM N 9137690
		Indústria B	UTM E 281627 UTM N 9138254
BF-16	Rio Botafogo	à jusante da Indústria B e montante da Indústria C	UTM E 281743 UTM N 9138440
		descarte da indústria C	UTM E 281998 UTM N 9138498
BF-18	Rio Botafogo	em frente ao lançamento da indústria C	UTM E 281950 UTM N 9138552
BF-21	Rio Botafogo	em frente à vila Araripe, em Igarassu.	UTM E 282683 UTM N 9138942
BF-23	Rio Botafogo	aproximadamente 400m à jusante do lançamento da Indústria C	UTM E 283588 UTM N 9139830
BF-25	Rio Botafogo	Montante da antiga Indústria D, localidade de Engenho do meio	UTM E 284069 UTM N 9140058
BF-31	Rio Botafogo	na ponte da BR101-Norte, em Igarassu.	UTM E 286448 UTM N 9142002
BF-35	Rio Botafogo	à montante da confluência com o Rio Arataca, próximo localidade conhecida como Burro Velho	UTM E 290523 UTM N 9144986
BF-37	Rio Botafogo	à jusante da confluência com Rio Arataca	UTM E 290662 UTM N 9146318
EBF-01	Estuário do Rio Botafogo	confluência a margem direita no Canal de Santa Cruz em direção a Atapuz	UTM E 294473 UTM N 9147276
EBF-02	Canal de Santa Cruz	em frente a maricultura E	UTM E 293931 UTM N 9146874

Tabela 4.2 – Relação das datas de coletas por número da estação, material coletado e parâmetros monitorados.

Data das coletas	Nº da estação	água	sedimento	Parâmetros físico-químicos
13/05/2004	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
14/07/2004	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
23/08/2004	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
10/11/2004	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
18/04/2005	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
18/08/2005	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
26/08/2005	BF-35, 37 EBF-1,2(P)		X	Hg
10/10/2005	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
13/10/2005	BF-35, 37 EBF-1,2,3(P)		X	Hg
11/01/2006	BF-15,16,21,23,25,31	X		CQ, Hg
27/01/2006	BF-35, 37 EBF-1,2(P)		X	Hg

CQ - conjunto mínimo de qualidade (pH, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, amônia, fósforo e coliformes fecais)

Hg- mercúrio / S-sedimento / (P)-Profundidades sedimentos (0.0,5.0,10.0,15.0)cm

Todos os pontos de coleta foram identificados e fotografados, registrado em planilha de campo e suas coordenadas identificadas por GPS, representados no anexo. Portanto, é importante lembrar que os pontos registrados não representam a atual situação de fontes poluidoras em alguns aportes de efluentes chegaram ao rio através de escoamento ou percolação.

Foram observadas algumas irregularidades no Rio Botafogo, entre o ponto de coleta BF-15 e BF-16 em 11/06/2005, o rio estava sendo dragado por uma bomba retirando areia do fundo. À jusante da Usina São José, observou-se a presença de bomba hidráulica recalçando água, para irrigar o plantio de cana-de-açúcar.

Continuando no ponto BF-15, foram observadas pessoas lavando recipientes utilizados com agrotóxico no rio, para irrigar as plantações de cana-de-açúcar. Processos bastante comuns, utilizados pelas usinas nas plantações de cana de açúcar. A Figura 4.2 demonstra as irregularidades ocorridas no ato das coletas.



Figura 4.1 - Lavagem das bombas de agrotóxico no Rio Botafogo (a) e dragagem do rio (b).

Nestes dois anos de trabalhos de campo, foram realizadas coletas ao longo do rio Botafogo em dois dias alternados. No primeiro dia realizou-se as coletas no trecho de influência das indústrias químicas, agroindústria e influências de povoados, estes pontos de coleta estão situados no trecho intermediário do rio Botafogo, dos pontos BF-15 ao BF-31, conforme demonstrado no Mapa 1.1 (fontes poluidoras /pontos de coleta). As coletas foram realizadas pontuais em água e sedimento e nos demais pontos, representados por BF-35 ao BF-37 e EBF-01 e 02, as coletas foram realizadas de barco, pela impossibilidade de acesso de carro e coletamos no sentido da nascente do Rio Botafogo para a sua foz, maré vazante, com finalidade em avaliar a influência que o rio Botafogo exerceu sobre o Canal de Santa Cruz (Itapissuma).

4.2 Trabalhos de campo

4.2.1 Técnicas de coleta e preservação de amostras em água

As amostras para estudos de qualidade de água foram coletadas pelas garrafas Van Dorn, na superfície, transferidas para recipientes de vidro e realizadas as determinações de salinidade (condutividade elétrica), oxigênio dissolvido (método de Winkler), pH (potenciométrico) no local através de equipamentos portáteis específico para coleta de campo.

Os demais parâmetros tais como: cor (colorimetria), turbidez (nefelométrico), DBO (teste 5 dias - titulométrico), mercúrio (método espectrofotometria de absorção atômica – técnica de gerador de hidretos), Nitrogênio Amoniacal (coluna de cádmio) e coliformes fecais (NMP- Número mais provável de coliformes). Após a coleta foram transferidos para recipientes de polietileno, preservados e acondicionados em caixa

térmicas contendo gelo até o laboratório, onde foram armazenadas a temperatura de -20°C , para posterior análise.

Nas amostras água coletadas foram realizados os seguintes parâmetros de qualidade: pH, turbidez, amônia, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Foram preservadas de acordo com a referência do Standart Methods (APHA *et al.*, 1998).

4.2.2 Coleta e Preservação do mercúrio em amostra de água

A preservação das amostras em água coletadas no rio e no estuário do Botafogo foi realizada de uma única retirada, amostra simples. As coletas para determinação de mercúrio foram utilizados frasco de polietileno para amostras, lavado com detergente neutro e enxaguado com solução de ácido nítrico (50%) até $\text{pH} < 2,0$, foram encaminhadas ao laboratório, armazenadas e refrigeradas a 4°C . A refrigeração se faz necessária para prevenir as mudanças no volume por evaporação, nestas condições a amostra é estável por cinco semanas e para os demais metais por seis meses. (APHA *et al.*, 1998)

4.2.3 Determinação de mercúrio por espectrometria de absorção atômica - Técnica de vapor frio.

Reagentes

Foram utilizados os seguintes reagentes: Solução padrões de nitrato de mercúrio (preparou-se as soluções padrões de 0 a $5 \mu\text{g/L}$), cloreto de estanho a 5%, permanganato de potássio a 5%, ácido sulfúrico concentrado (baixo teor de mercúrio), ácido nítrico concentrado (baixo teor de mercúrio), ácido clorídrico concentrado, persulfato de potássio a 5% e cloreto de hidroxilamina a 12%.

Equipamentos e acessórios

O equipamento utilizado para análise de mercúrio foi o Espectrofotômetro de absorção atômica (Figura 4.2), Varian modelo 250 plus, com lâmpada de cátodo oco de mercúrio com gerador de hidretos.



Figura 4.2 - Espectrofotômetro de Absorção Atômica

Foram utilizados equipamentos básicos necessários para preparação das amostras de mercúrio tais como: balança, banho - maria e chapa aquecedora. Figuras 4.3.



Figura 4.3 - chapa aquecedora, banho Maria e balança analítica.

Vidraria

Foram empregadas vidrarias comuns de laboratório, após prévio tratamento para descontaminação dos metais, que consiste em imersão por um período de 12 horas em banhos ácidos (ácido nítrico concentrado, ácido clorídrico concentrado; água desmineralizada, na proporção de 1:1:3) após lavar com bastante água. Figura 4.4.



Figura 4.4 – Vidraria e Material utilizado nas análises de mercúrio

4.2.4 Procedimento analítico para determinação de mercúrio nas amostras de água (doce, salobra e salina) e efluente.

Digestão para amostras de água e efluente.

Preparação das amostras: adicionar 100 mL da amostra em frasco de DBO e dos mesmos foram preparados os brancos e as curvas de calibração nas concentrações de 0,001 a 0,005 mg/L de Hg. A primeira etapa foi preparadas à digestão ácida da amostras utilizando os reagentes: 5,0 mL ácido sulfúrico (concentrado), 2,5 mL ácido nítrico (concentrado) e 15,0 mL permanganato de potássio aquecido em banho – maria à temperatura de 95°C.

Digeridas as amostras foram adicionados 25,0 mL cloreto de hidroxilamina, para reduzir o excesso de permanganato de potássio e em seguida 5,0 mL cloreto estanhoso, para induzir a redução do mercúrio para forma de gás. O circuito foi fechado imediatamente e em poucos minutos obtivemos os resultados do mercúrio em ppm. Este método, 3112 B, foi obtido do Standard Methods for Water and Wastewater Examination (APHA et al., 1998). O fluxograma do procedimento analítico encontra-se na figura 4.5

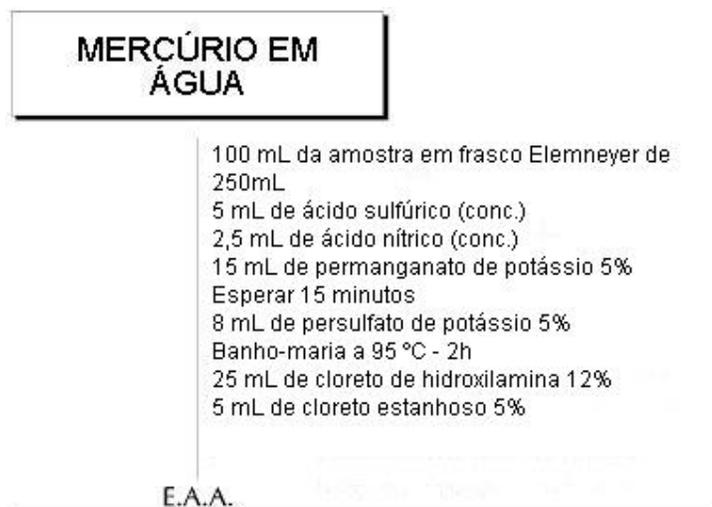


Figura 4.5 - Representação da seqüência metodológica de Standard Methods – Método de Absorção Atômica por Vapor Frio - 3112B.

4.2.5. Procedimento analítico para determinação de mercúrio total em sedimento

As amostras de sedimento dos pontos de coleta BF-15 a BF-37 foram coletadas em cada ponto, no estuário do Canal de Santa Cruz representados por EBF-1 e EBF-2 foram coletadas nas profundidades de 0, 5, 10 e 15 cm. O coletor foi improvisado pela equipe de coleta, colocaram-se dois tubos de PVC de diâmetros diferentes, um por dentro do outro, no cano externo foi enroscada uma ponta furada, em forma de cone, e ao succionar o tubo interno, realiza-se a retirada do sedimento, marcou-se as profundidades de 5, 10 e 15 cm no tubo externo. A Figura 4.6 apresenta uma foto detalhada deste coletor.



Figura 4.6 - Coletor de sedimento (artesanal).

Coleta e Preservação das amostras de sedimento

As amostras de sedimento foram, então, acondicionadas individualmente em sacos plásticos de polietileno etiquetados e transportadas ao laboratório, condicionadas em caixa térmicas com gelo. No laboratório as amostras foram armazenadas e conservadas no congelado a -20°C . Esta preservação tem validade por 6 (seis) meses (NBR 10.0007-ABNT, 1987).

4.2.6 Metodologia utilizada para sedimento.

Digestão das amostras de sedimento

Para realização das análises em sedimento, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, pulverizando em almofariz de porcelana e secadas em estufa a 50°C por 24hs, após passar na peneira de granulometria de 200 mesh, separando as partículas maiores e por 80 mesh, utiliza-se a menor porção. Pesaram-se 5,0 g da amostra em frasco de DBO, adicionou-se água régia (1 volume de ácido nítrico para 3 volume de ácido clorídrico) e aqueceu-se por 2min

em banho-maria a temperatura à 95°C. Deixou-se esfriar e adicionou a solução de permanganato e levou-se ao banho-maria por uma hora a 95 °C. Adicionou-se 25 mL cloreto de hidroxilamina 12% e 5 mL de cloreto estanhoso 5%, fechado o circuito todo mercúrio metálico foi reduzido para forma gasosa e em pouco tempo tivemos a leitura em mg/L. Os resultados foram expressos em ppm e calculados peso seco das amostras. O fluxograma do procedimento analítico encontra-se na figura 4.7

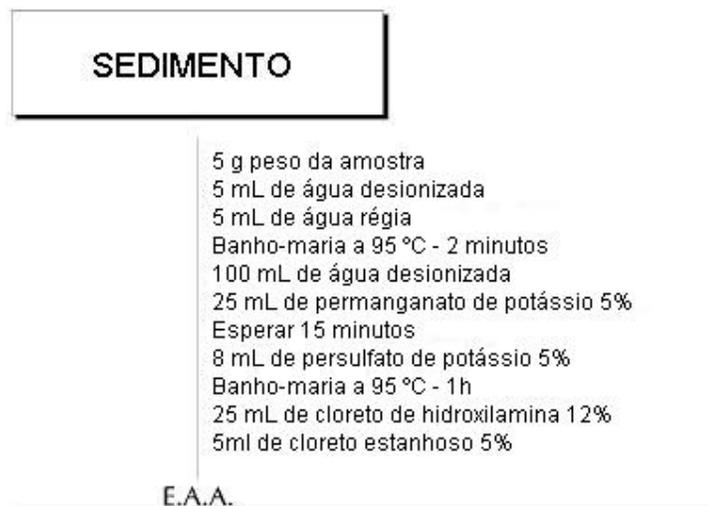


Figura 4.7 – Representação da seqüência metodológica da Norma CETESB L10.102, aplicada ao material sedimento.

As coletas e análises para esse trabalho foram realizadas pelo laboratório da CPRH e a referência metodológica utilizada foi a Norma Técnica do - Sedimento de mercúrio Total – Método da Espectrofotometria de Absorção Atômica – Geração de Vapor Frio (1989).

Leitura no equipamento de gerador de hidretos – Técnica de vapor frio

As amostras (água, efluentes, sedimentos) foram pré-digeridas de acordo com as metodologias acima descritas e tratadas individualmente, em frasco adaptados, foram adicionados 25 mL cloreto de hidroxilamina 12% para reduzir o excesso de permanganato de potássio e em seguida 5,0 mL cloreto estanhoso para induzir a redução do mercúrio, que passa da forma metálica para a forma de gás Hg^0 , imediatamente o sistema é fechado e em poucos minutos obtivemos o resultado do mercúrio em concentração em ppm. Representado o gerador de hidretos, na Figura 4.8.



Figura 4.8 representação do gerador de hidretos, método Vapor-frio.

As amostras foram analisadas em triplicatas, efetuando-se, paralelamente os ensaios em branco com os mesmos reagentes em água desmineralizada. As amostras coletadas para esse trabalho foram realizadas pelo laboratório da CPRH, utilizando a metodologia 3112 B - Metais por vapor Frio Espectrofotometria de Absorção Atômica – do Standard Methods for Water and Wastewater Examination (APHA *et al.*, 1998)

4.3 Parâmetros utilizados para avaliação

Nas amostras de água foram analisados os seguintes parâmetros, definidos para conjunto de qualidade:

- temperatura - termômetro de inversão;
- pH - 4500-H+B pH valor-método eletrométrico;
- oxigênio dissolvido (OD) - 4500-O C-azida modificada;
- demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - 5210 teste de 5 dias;
- Fósforo - 4500-PB - preparação da amostra
4500-PE – método do ácido ascórbico;
- cor - 2120 B – método comparação visual;
- Turbidez - 2130 B- método nefelométrico;
- nitrogênio amoniacal - 4500 NH₃ B - digestão preliminar
4500 HN3 - método fhenato
- mercúrio - 3112 B método de espectrofotometria de absorção atômica a técnica de vapor frio;

- NMP (número mais provável)/coliformes fecal - 9221 E procedimento coliformes fecal e 9221 tubos múltiplos.

As escolhas desses parâmetros físico-químicos foram consideradas pelas possíveis reações entre os componentes existentes na água do rio, com a infinidade das características dos aportes de efluentes industriais e domésticos. Portanto, qualquer alteração nas concentrações dos parâmetros analisados altera os principais mecanismos preponderantes nas mudanças da qualidade da água.

Outra consideração para a escolha foi à disponibilidade de dados na rede de monitoramento da qualidade da água do rio Botafogo, mantida pelo órgão ambiental do Estado.

4.4. Obtenção dos dados de qualidade da água e de gestão

Os dados de análises da qualidade da água utilizados foram obtidos através dos relatórios de monitoramento do Rio Botafogo, fornecidos pela área técnica da CPRH, para o período de dois anos, entre os meses de maio 2004 a janeiro de 2006.

O critério utilizado para determinação do período de análise foi considerado a disponibilidade das informações e, principalmente, a inclusão dos pontos de monitoramento na campanha de coleta deste trabalho.

Os demais pontos dos dados de análises de qualidade foram obtidos a partir das coletas realizadas pela equipe de campo e dos parâmetros selecionados realizados pelo setor físico-químico do laboratório da CPRH.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste sub-item do capítulo 5, serão apresentados os resultados do monitoramento da qualidade da água e dos sedimentos do rio Botafogo. Tem-se inicialmente uma avaliação temporal na zona mais crítica deste corpo hídrico, segundo informação da CPRH e, em seguida, uma avaliação ao longo do rio Botafogo. Por fim, na seção 5.3 serão apresentados os resultados das análises dos sedimentos em cada ponto de monitoramento de água e em dois pontos do estuário (no Canal de Santa Cruz) e um perfil da concentração de mercúrio para os dois pontos do estuário.

5.1. Avaliação Temporal dos Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade da Água

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), possui uma rede de monitoramento de qualidade da água no rio Botafogo composta por 02 (duas) estações, BF-21 e BF-31, que são monitoradas a cada 02 (dois) meses no ano, estes pontos estão situados à jusante das principais indústrias instaladas no rio Botafogo.

Nesta avaliação temporal foram utilizados os dados do monitoramento da CPRH, entre janeiro de 2004 e janeiro 2006 e os dados coletados pelas campanhas deste trabalho mencionado no capítulo anterior na Tabela 4.2. As datas das coletas da CPRH, para monitoramento do conjunto mínimo de qualidade da CPRH (pH, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, amônia, fósforo e coliformes fecais) e da concentração de mercúrio, nas estações BF-21 e BF-31, foram as seguintes: 20/01/2004, 9/03/2004, 13/05/2004, 14/07/2004, 23/08/2004, 16/09/2004, 10/11/2004, 20/01/2005, 9/03/2005, 18/04/2005, 18/05/2005, 18/05/2005, 18/08/2005, 21/09/2005, 24/11/2005 e 11/01/2006.

Identifica-se, na Figura 5.1, que o valor do pH esteve dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, de 2005, para um rio Classe II (pH entre 6 e 8), durante o ano de 2004.

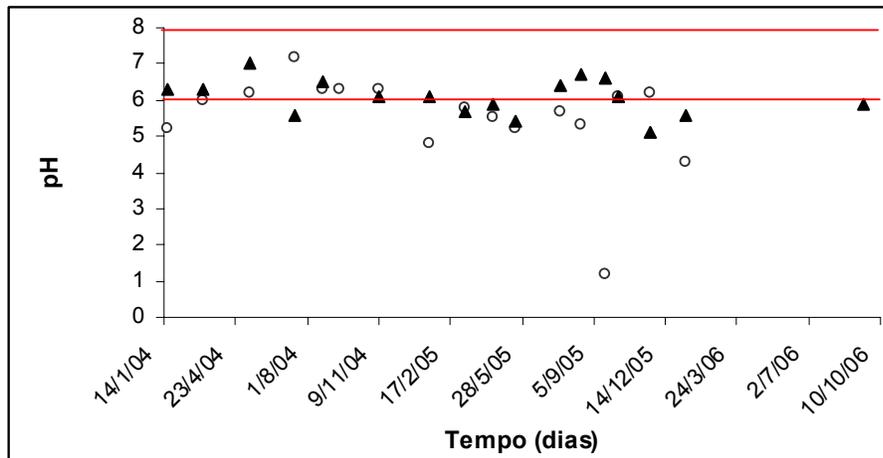


Figura 5.1 – Variação do pH em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Contudo, a partir do ano de 2005, registra-se uma diminuição nos valores do pH, chegando, em vários, trechos a atingir valores abaixo de 6, e até próximo a 1, caracterizando, assim, um despejo industrial.

O parâmetro Cor passou a ser monitorado a partir do final do ano de 2004, foi solicitado pelo setor que analisa os dados, para efeito de cálculo do índice de qualidade de água. Devido a este fato, temos apenas resultados de 13 (treze) estação de coleta, observados na Figura 5.2, que, em vários dias, ocorreram valores acima do permitido pela Resolução 357/2005, que é de 75 PtCo.

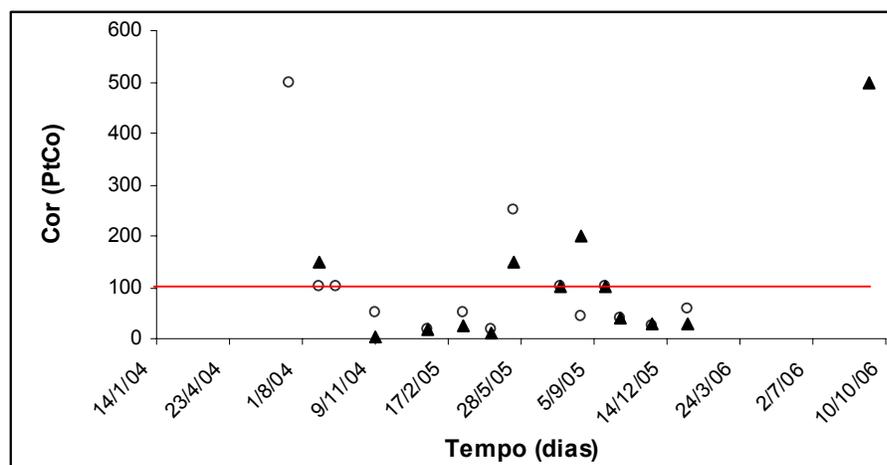


Figura 5.2 – Variação da cor em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Um rio de Classe II, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece para o parâmetro turbidez um valor mínimo de 100 UNT.

Para que o rio tenha uma boa oxigenação, é necessário que a água apresente uma baixa turbidez, permitindo assim que as plantas que se encontram em seu leito possam produzir oxigênio.

Através da Figura 5.3, foi observado que os valores de turbidez da estação BF-31 são mais elevados que o BF-21. O fato é que houve um espalhamento das partículas em suspensão, após a passagem sob a ponte da BR-101, onde a água do rio torna-se mais turva.

O valor da turbidez foi demonstrado na estação BF-31, que no dia 18/08//2005 apresentou o mais elevado da campanha em torno de 200 UNT. Relacionando com os valores de pluviometria (Figura 5.4) no dia 18/08/2005 apresentou 3,2 mm, choveu bastante, tendo aberto valas e carregado material para dentro do rio Botafogo.

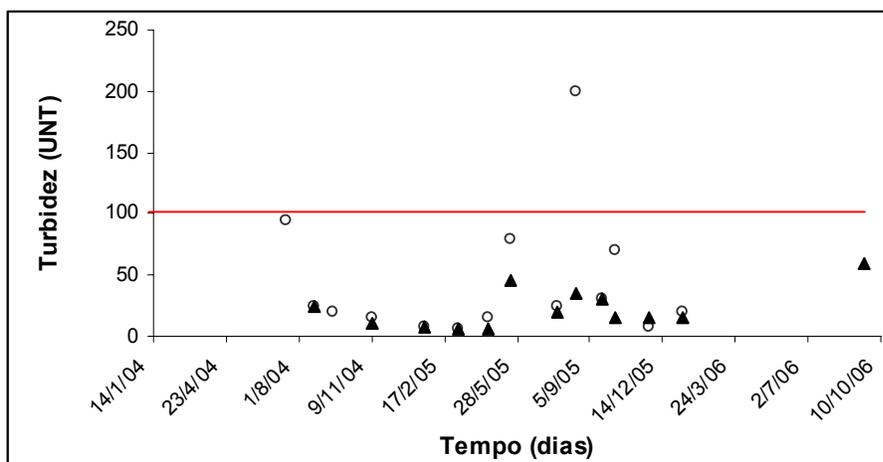


Figura 5.3 – Variação da Turbidez em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Na Figura 5.4, Foram demonstrados os dados de pluviometria do período dos anos de janeiro 2004 a janeiro 2006 representado pelo posto nº 520, localizada em Itapissuma e fornecido pelo Laboratório de Meteorologia do ITEP -Instituto Tecnológico de Pernambuco.

Estes dados pluviométricos foram de grande importância para avaliação da qualidade da água no rio Botafogo, pois eles foram correlacionados com os valores de concentração dos parâmetros analisado. Desta forma verificou-se a influências

deste elemento nos parâmetros de qualidade e nas mudanças geográficas, ocasionadas pelos diferentes efeitos causados neste corpo hídrico.

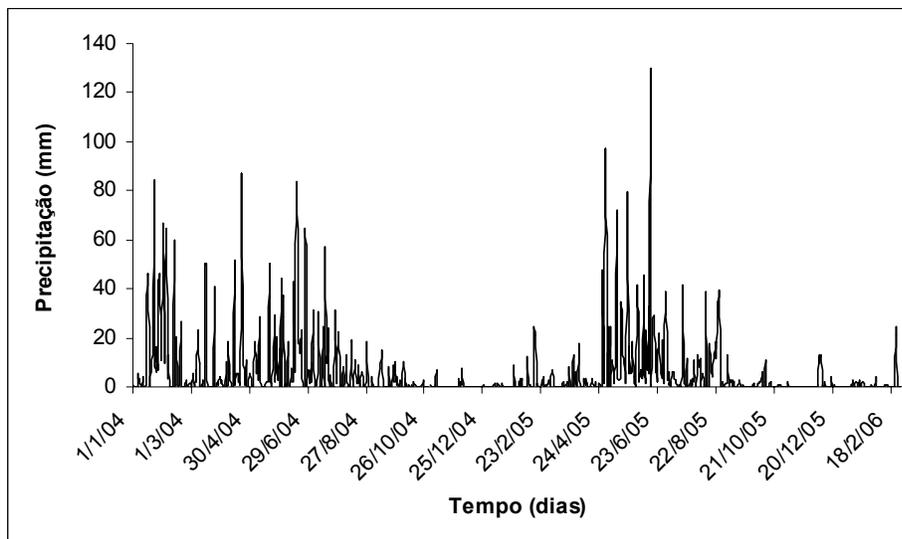


Figura 5.4 – Dados de precipitação da estação 520 posto Itapussima – estação mais próxima à área de estudo (dados fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia do ITEP – PE)

Através da concentração de oxigênio dissolvido na água, representado pela Figura 5.5. Para um rio Classe II, o valor mínimo de OD é de 5,0 mg/L. No dia 21/09/2005, foi identificado que a concentração de OD decresceu para valores próximos a 1,0 mg/L.

Foi apresentado na Figura 5.5, das 17 (dezessete) coletas realizadas neste período, o ponto BF-21 apresentou 76% dos valores de OD acima do limite permitido de 5,0 mg/L e o BF-31, 100% dos valores analisados.

No Mapa 3.1, em anexo, demonstra que o BF-21 está situado próximo a jusante das indústrias químicas e os valores menores foram decorrentes de lançamento de efluentes industrial.

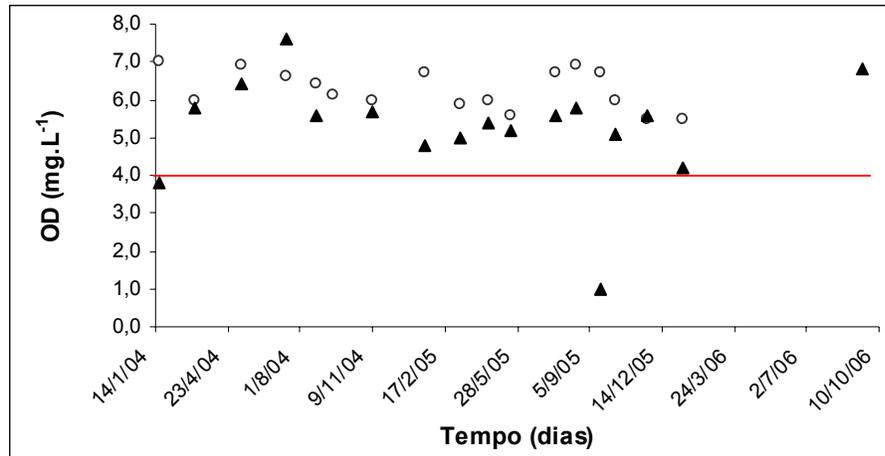


Figura 5.5 – Variação do OD em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Em relação à matéria orgânica biodegradável (DBO_5), foi constatado (Figura 5.6) que apenas no dia 21/09/05 este valor ultrapassou o limite de 5,0 mg/L O_2 . Mesmo estando acima do permitido, este valor não está muito alto a ponto de acarretar uma redução tão significativa na concentração de oxigênio dissolvido e, desta forma, induz a supor que se trata de uma contaminação de matéria inorgânica ou orgânica de baixa biodegradabilidade.

Os valores de DBO abaixo de 2,0 mg/L O_2 são considerados como zero, tendo em vista as limitações técnicas do método de análise.

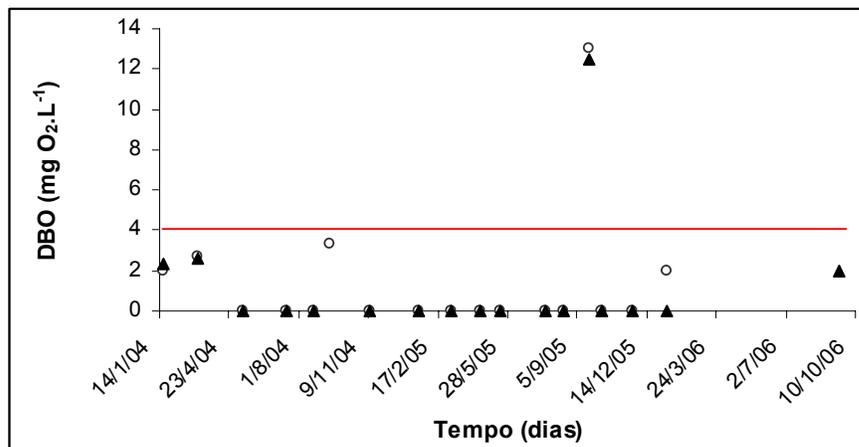


Figura 5.6 – Variação da DBO em função do tempo nas estações BF-21(▲) e BF-31(○).

Os baixos valores de nitrogênio amoniacal encontrados na água do rio Botafogo, Figura 5.7. Quando apresentava em 2004 valores mais elevados, estes sempre estiveram abaixo do valor máximo que é de 2,0 mg/L N para pH entre 7,5 e 8,0 e de 3,7 mg/L N para valores de pH abaixo de 7,5.

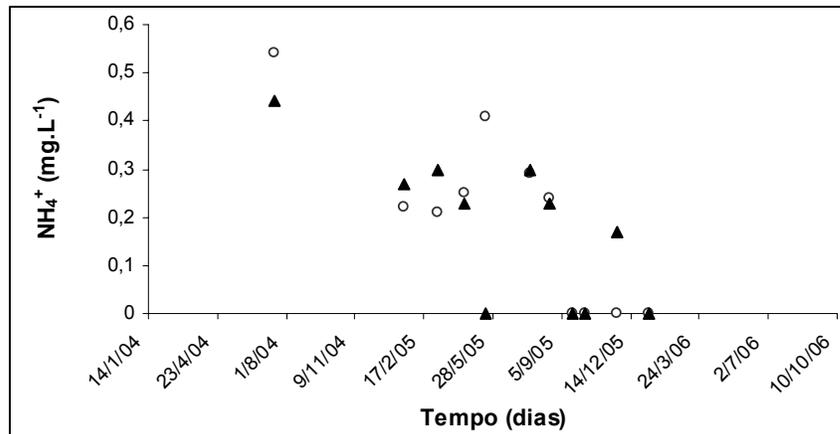


Figura 5.7 – Variação da concentração de Nitrogênio Amoniacal em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Vale ressaltar que o teor de nitrogênio amoniacal indica uma poluição recente, pois o nitrogênio vai sendo oxidado no rio, até chegar a NO_3 . Desta forma, em um próximo estudo também deverá ser analisado os teores de nitritos e nitratos.

Os teores de Fósforo estavam elevados, até o início de 2005, (Figura 5.8), mas em seguida se enquadraram dentro dos limites ou próximos a ele. É muito importante o controle deste parâmetro, a fim de evitar a proliferação de algas e plantas aquáticas indesejáveis, como as cianofícias. O teor elevado de 0,8 mg/L em P fósforo no dia 09/03/2004, pode ter sido ocasionado pela presença de pessoas utilizando água do rio para banho e pesca no ponto BF-31.

No dia 13/05/2004 foi verificado outro valor elevado de fósforo, no ponto BF-21, o valor atingiu 0,7mg/L em P. Foi observada a presença de pessoas lavando roupas com água do rio próximo a este ponto de coleta. Através dos dados de pluviometria (Figura 5.4) foi constatado que choveu 1,2mm neste dia. Possivelmente, através de formações valas, o residual do surfactantes (sabão) que se encontrava no solo foi arrastado para dentro do rio Botafogo, aumentando assim o teor de P.

Em 14/07/2004, no ponto BF-21, foi observada a retirada de areia do leito do rio, e a utilização das águas para lavagem de roupa, próxima a ponto de coleta, elevando o teor de fósforo. Como também, foi observada a presença de trabalhadores cultivando a terra, nas margens do rio, e a adubação do canal.

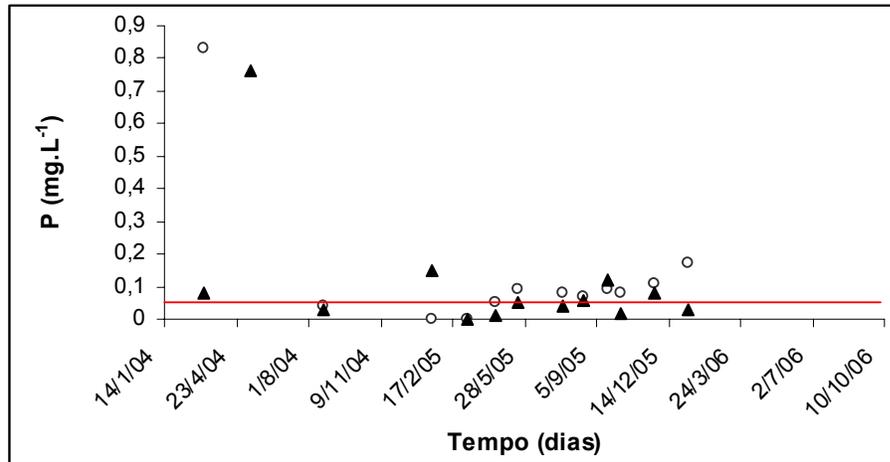


Figura 5.8 – Variação da concentração de Fósforo Total em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

Através da Figura 5.9 constata-se que no 13/05/2004 no ponto BF-31 apresentou o valor de 0,020 mg/L de 100 vezes acima do valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357, os demais valores de 2004 mantiveram dentro do limite.

A partir do ano de 2005, todos os valores da estação BF-31 apresentaram fora do limite e no ponto BF-21 apenas 30% dos valores mantiveram acima. Os valores abaixo de 0,002 ppm foram tomados como zero, devido ao limite de detecção do aparelho.

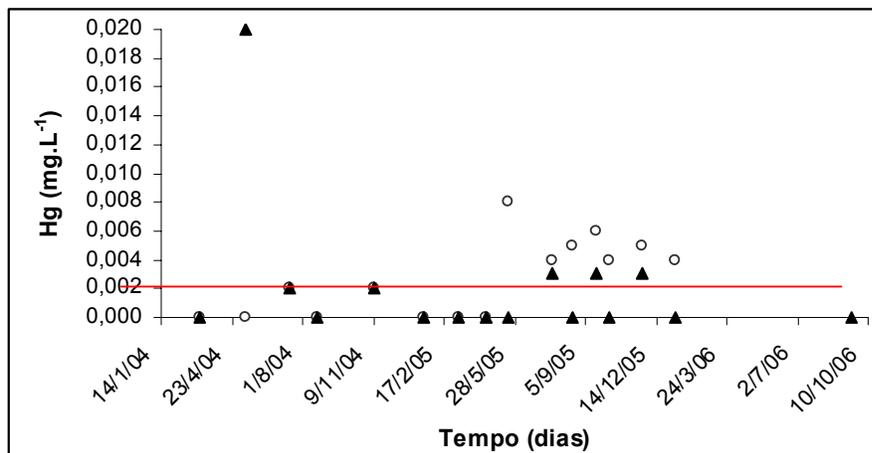


Figura 5.9 – Variação da concentração de Mercúrio em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

As análises de coliformes foram realizadas, em média, a cada quatro meses. Devido a isso, os dados foram insuficientes para obter-se uma conclusão, contudo se observa (Figura 5.10) uma contaminação importante em 2004 na estação BF-31.

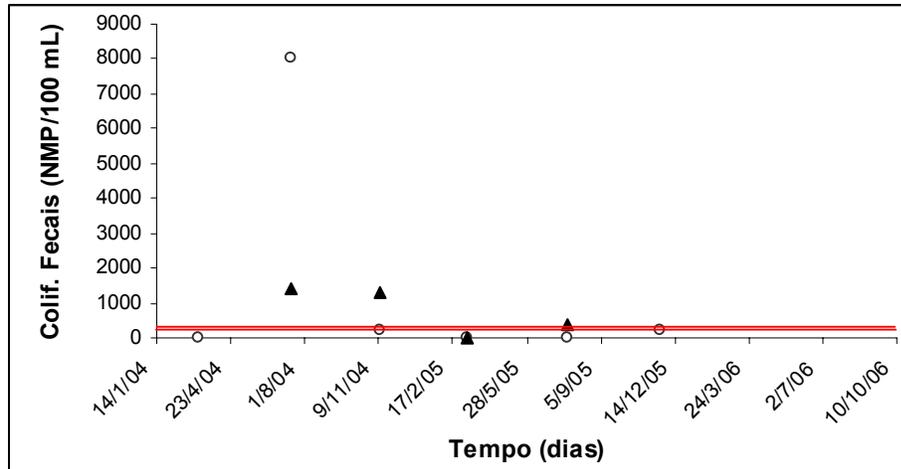


Figura 5.10 – Variação da concentração de coliformes fecais em função do tempo nas estações BF-21 (▲) e BF-31 (○).

5.2. Variação Espacial da Qualidade do Rio

De posse dos resultados das análises dos pontos BF-21 e BF-31, em função do tempo, realizou-se, nesta seção, uma análise espacial da qualidade da água do rio Botafogo. Desta forma, poderá ser feita uma avaliação se apenas dois pontos, hoje utilizados pela CPRH, são suficientes para o monitoramento da qualidade da água ou se é preciso reativar os antigos ou ainda implantar novos pontos de coleta.

Tendo realizado na campanha de amostragem entre 2004 e 2005 foram considerados os mesmo pontos de amostragem realizados no levantamento da CETESB (1981), para futura comparação.

Através da Figura 5.11, observa-se que, o pH manteve-se entre 5,5 e 7,0 ao longo do rio, nos quatro períodos analisados, excetuando-se o dia 10/10/05 na estação BF-18. Este ponto, conforme descrito na Tabela 4.1, está localizado na área de descarte da indústria C (química de produção de soda cáustica). Desta forma, uma possível explicação é o descarte de água de lavagens contaminadas com cloro, que fez baixar o pH.

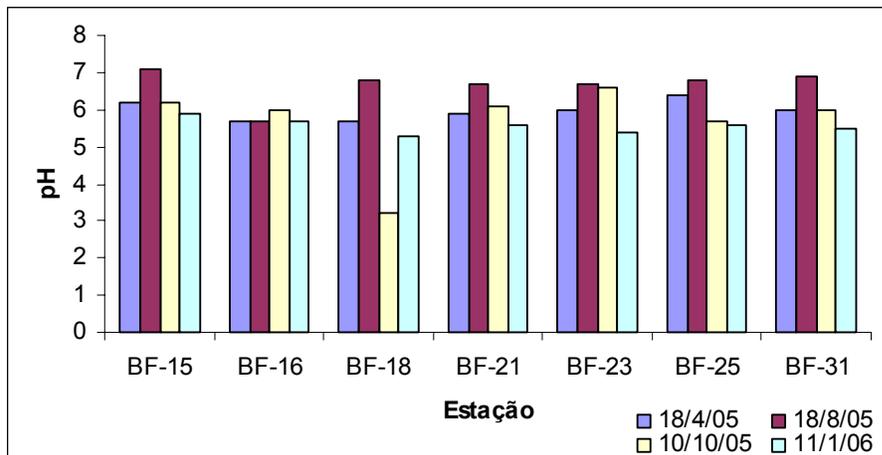


Figura 5.11 – Variação do pH em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Todavia, próximo deste ponto fica a indústria B (química atua na produção de hipoclorito de cálcio), que poderia ter sido a responsável. Tendo sido monitorado o ponto BF-16, que fica entre o descarte das duas indústrias, cujo valor de pH neste dia foi próximo de 6,0 pode-se concluir que a responsável foi realmente a indústria C.

O monitoramento da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD), apresentado na Figura 5.12, evidenciou dois descartes de efluentes não tratados, provavelmente da indústria A (sucroalcooleira), que fica à montante da estação BF-15. Através desta Figura, foi observado que a concentração de OD nos dias 10/10/05 e 11/01/06 cresceram mostrando, assim, a capacidade de recuperação desse corpo hídrico.

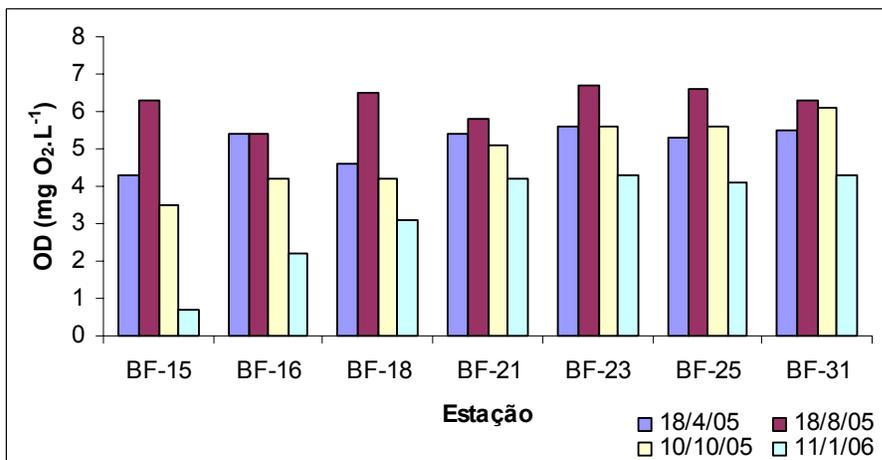


Figura 5.12 – Variação da Concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Mesmo tendo se recuperado ao longo de sua extensão, o impacto local causado foi significativo. O valor de OD, na zona de descarte, deve ter se aproximado de zero, pois a estação BF-15 situa-se a mais de 500m desta zona, tendo sido levado em consideração o efeito de diluição do rio.

Esta estação de monitoramento ampliada é de fundamental importância, pois permite separar a influência da indústria A (sucroalcooleira) contra a da indústria C (química de soda cáustica). Caso só fosse utilizada a estação BF-21, não se saberia qual a fonte geradora e o impacto, pois estaria dentro das normas da resolução CONAMA 357 no dia 10/10/05 e apareceria apenas o valor de 4,0 mg.L⁻¹ no dia 11/01/06.

Antes de se analisar os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), vale ressaltar que foi considerado como zero os valores inferiores a 2,0 mg O₂.L⁻¹, devido às limitações do método.

Os valores de DBO nos dias 10/10/05 e 11/1/06, Figura 5.13, confirmam a ocorrência do descarte de efluente bruto sem qualquer tratamento, no rio Botafogo. Através deles ficou comprovado que o segundo evento foi mais severo que o primeiro, pois foram observados valores elevados de DBO, nas duas estações seguintes.

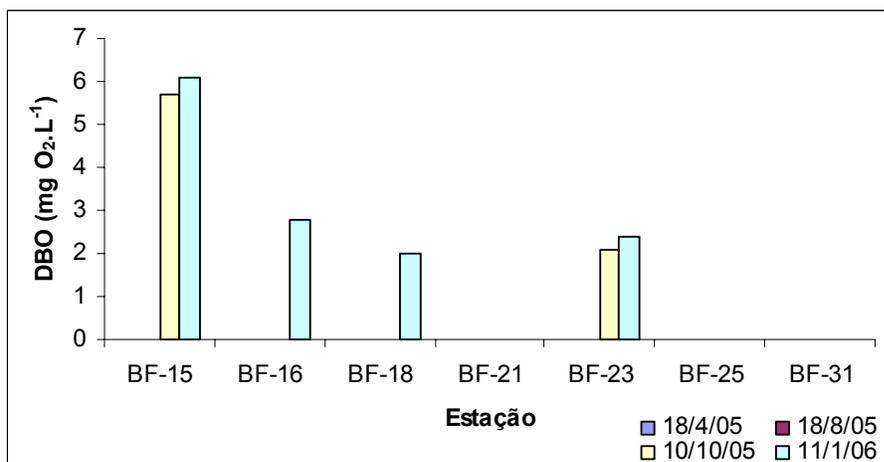


Figura 5.13 – Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

No que se refere à variação espacial da Turbidez, Figura 5.14, verificou-se valores mais elevados na estação BF-31 que se situam no cruzamento do rio com a BR-101. Estes valores mais elevados podem ter sido causados pelo arraste de

material particulado da pista, já que é um ponto de escoamento de água da mesma. Verificou-se também, no local, problemas associados à erosão do solo que contribui para este aumento.

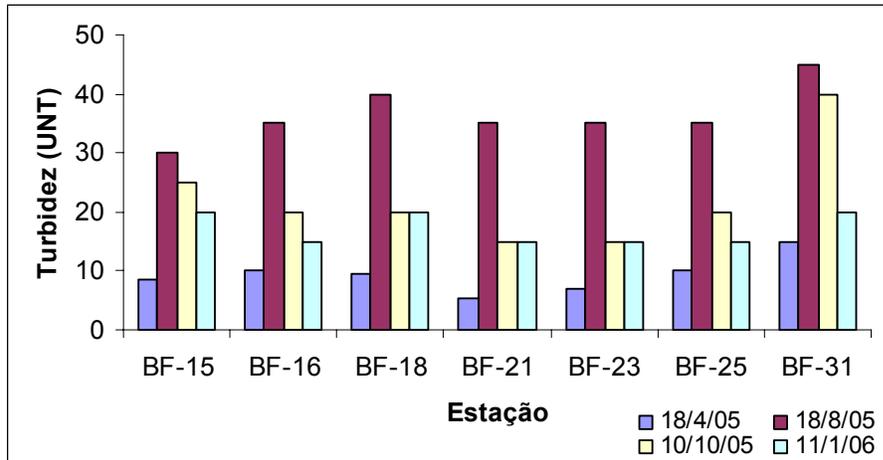


Figura 5.14 – Variação da Turbidez em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Conforme mencionado anteriormente, a estação BF-18 está localizada na saída do descarte da Indústria C (química de soda cáustica). Logo, não é de se estranhar valores elevados de mercúrio neste ponto (Figura 5.15).

Os valores inferiores a 0,002 ppm de Hg foram considerados como zero. Desta forma, valores que aparecem no gráfico são pontos fora dos padrões da Resolução 357/2005 do CONAMA.

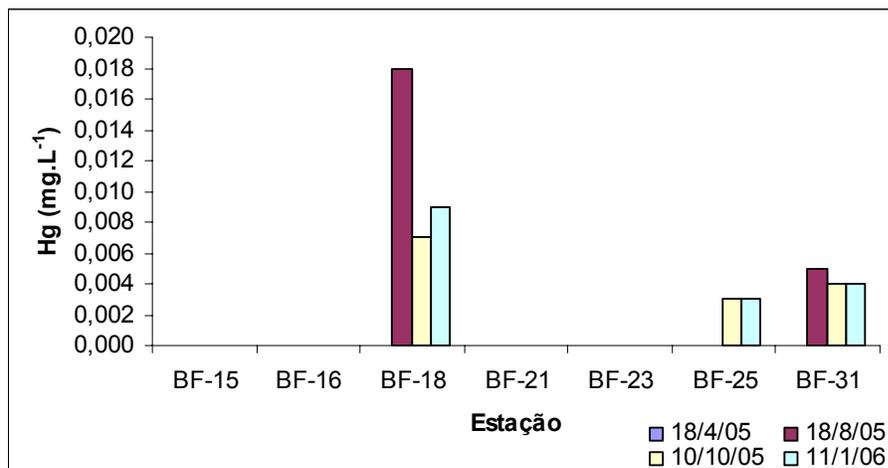


Figura 5.15 – Variação da Concentração de Mercúrio em função da Estação de Monitoramento e do tempo.

Os pontos BF-25 e BF-31, à jusante do BF-18, também apresentaram valores fora da classe 2, pela Resolução CONAMA n 357, porém mais baixos. Esta contaminação pode ter sido gerada por efluentes de alguma indústria e foi arrastada pela água, sendo detectada no dia da coleta. Para se estimar o dia do lançamento desse contaminante, deve-se medir a vazão e se calcular o tempo de detenção hidráulico para o poluente chegar até este ponto.

Ferramentas de estudo de reatores, como as utilizadas na engenharia química, podem ser aplicadas para fins ambientais, a fim de se calcular os efeitos dispersivos do poluente e o tempo de retenção.

Através da Figura 5.16, observa-se um pico intenso de nitrogênio amoniacal. Este evento, que ocorreu à montante da estação BF-16, em 18/4/05, havia lavagem de sacas de fertilizantes feitas por funcionários da indústria A (sucroalcoleira), no rio Botafogo, conforme mostra a Figura 5.17.

Outro fato a ser considerado é o arraste de fertilizantes para o corpo do rio Botafogo, pois nessa estação há um ponto de captação de água de irrigação.

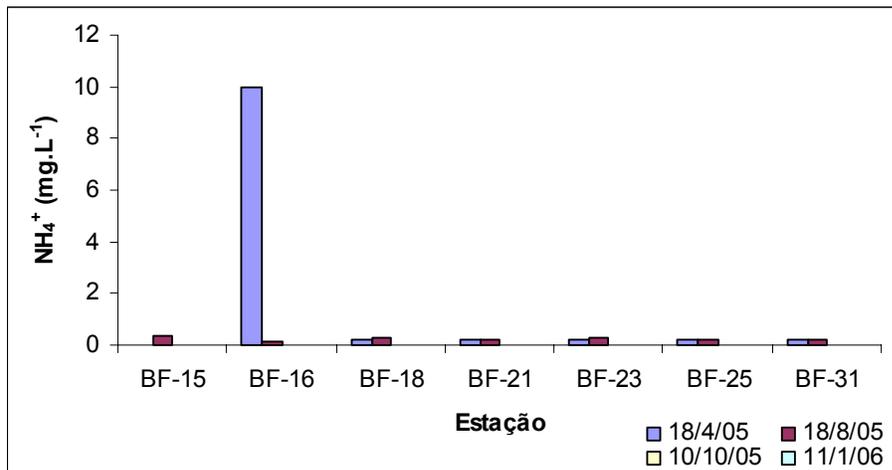


Figura 5.16 – Variação da Concentração de Nitrogênio Amoniacal em função da Estação de Monitoramento e do tempo.



Figura 5.17 – Foto da lavagem de sacas de fertilizantes no Rio Botafogo.

O alto valor de nitrogênio amoniacal, no ponto BF-16, foi decorrente de uma possível lavagem do processo de adubação. Portanto deve ser incluído, nos parâmetros da rede monitoramento, a toxicidade.

A lavagem de recipiente contendo fonte de fósforo (fertilizante) gerou o pico nesta mesma estação, no dia 11/01/06, como mostra a Figura 5.18.

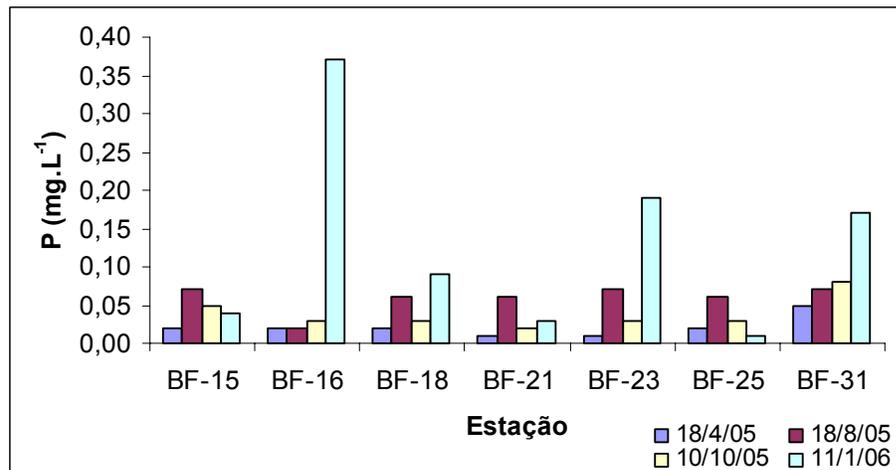


Figura 5.18 – Variação da Concentração de Fósforo em função da Estação de Monitoramento e do tempo

Nas proximidades da estação BF-23, foi observada a retirada de areia, atividade de pesca e agricultura familiar (cultura de mandioca). Estas atividades causam impactos no meio aquático e algumas colaboram com a inserção de nutriente no rio, que pode levar a eutrofização do mesmo.

5.3. Avaliação dos Sedimentos

Na Figura 5.19, estão representados os valores de concentração de mercúrio em sedimento obtidos nos pontos de coleta, durante período da campanha. Esses valores apresentaram-se mais elevados no período de abril e novembro de 2005.

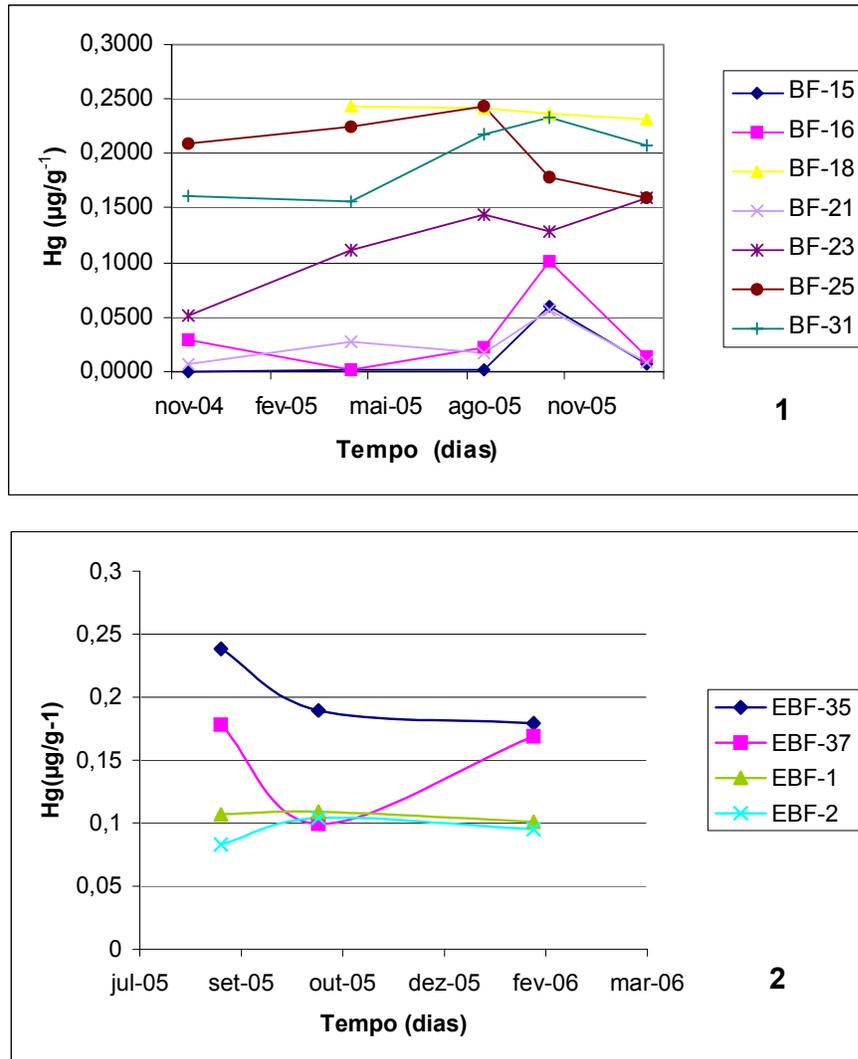


Figura 5.19 – Variação da concentração de mercúrio nos sedimentos ao longo do rio e em função do tempo. Em 1, pontos de coleta BF-15 a BF-31. Em 2, EBF-35, 37, 1 e 2.

Foi observado que os valores de mercúrio permaneceram estáveis nos pontos de coleta. Não foram identificadas quaisquer variações nos períodos de chuva e de estiagem. No ponto BF-18, os resultados apresentaram-se acima do limite máximo, permitido pela National Oceanic and Atmospheric Organization (NOAA, 1999), em todas as campanhas, pois o mesmo representa o local de descarte da indústria C (indústria de soda cáustica).

Nos pontos de coletas BF-25 e BF-31, os valores também se mantiveram elevados ao longo das coletas, provavelmente devido a linha de correnteza do rio, que tenha arrastado o mercúrio para as suas margens. As variações de mercúrio não foram altas, em relação aos valores encontrados em estudos anteriores, nos pontos coletas a montante da indústria C (BF-15 e BF-16). O ponto BF-21 (situado a, aproximadamente, 100 metros do descarte da indústria C), não apresentou valores elevados, localizados mais próximos do descarte, quando comparados aos pontos BF-23 e BF-25 e BF-31. Provavelmente, o local da coleta das amostras realizadas no BF-21, não está adequado para avaliação da contaminação de sedimento, possivelmente devido à hidrodinâmica do corpo hídrico que acumula o sedimento em uma zona mais profunda (meio do rio) ou do lado oposto ao ponto de coleta. Desta forma, este ponto deve ser reavaliado para futuros monitoramentos.

Na Figura 5.19 (2), os pontos EBF-35 e 37, apresentaram as mesmas oscilações nos dias de coleta, no ponto BF-37 os valores apresentaram mais baixo, situado à jusante do rio arataca, contribuindo com uma vazão considerável, favorecendo a dispersão do mercúrio no sentido do Canal de Santa Cruz. Na mesma figura, os pontos EBF-1 e EBF-2, como podemos observar no gráfico, os valores de concentração de mercúrio no sedimento de superfície, estão bem próximos em relação às datas de coletas, foi demonstrado no BF-1, situado na confluência à margem direita no Canal de santa Cruz em direção a Atapuz (Barra Norte), está um pouco acima, indicando uma tendência na transferência do mercúrio para o sentido da Barra Norte.

Conforme apresentado no estudo de Meyer em 1996, mostrou que as maiores concentrações de mercúrio foram encontradas no Rio Botafogo, diminuindo em direção ao Canal de Santa Cruz e, são fortemente reduzidas, em direção à Barra de Catuama, onde a influência do rio Botafogo não é registrada. Ao contrário da barra norte, as concentrações são mais elevadas, traduzindo a influência do rio Botafogo e o padrão de circulação das águas (CPRH, 2002).

Na Figura 5.20, estão representados os resultados de mercúrio em sedimento marinho, nos pontos de coletas, na confluência do rio Botafogo com o Canal de Santa Cruz. Foram demonstrados que os valores mais elevados de mercúrio estavam na camada mais profunda e decrescendo à medida que se aproxima da superfície. Verificou-se, também, que os valores de concentração de mercúrio, referentes aos meses de outubro de 2005 e janeiro de 2006 foram maiores que os

de agosto de 2005, neste dia, chovia e ventava, portanto as velocidades das correntezas, influenciaram no arraste do sedimento para o sentido do Canal de Santa Cruz.

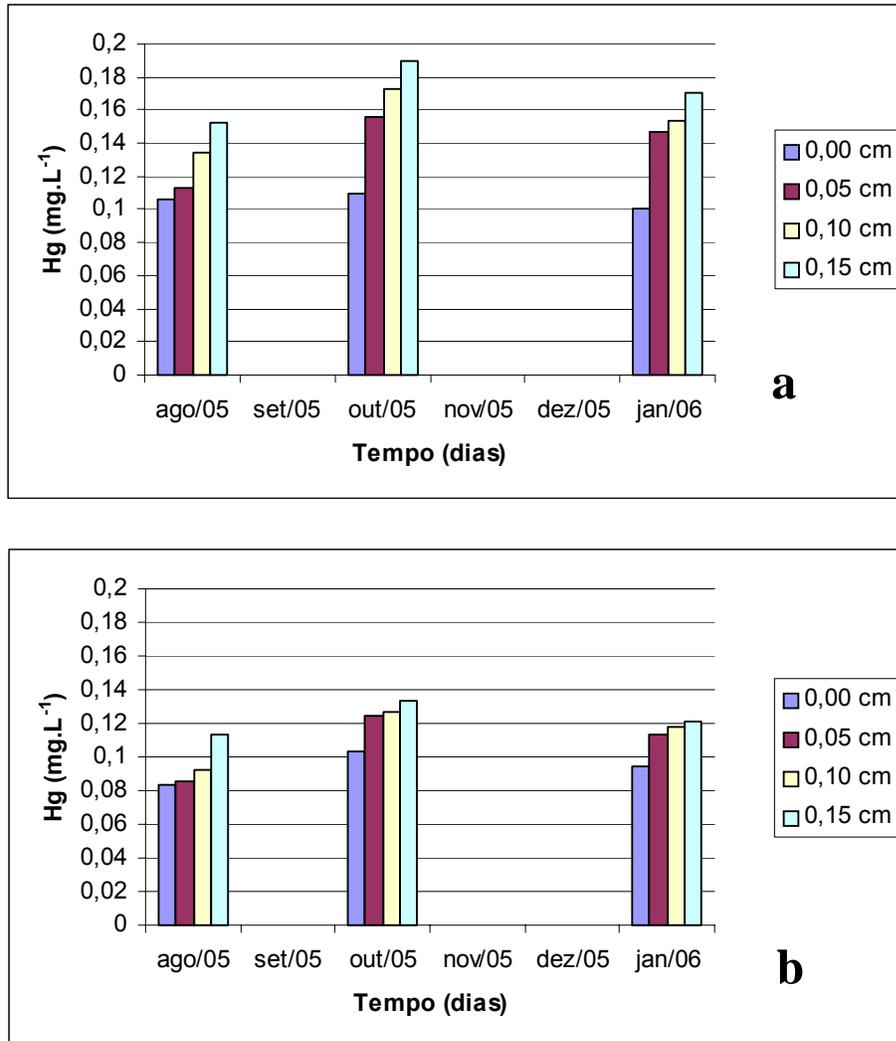


Figura 5.20 – Variação da concentração de mercúrio com a profundidade nos pontos (a) EBF-1 e (b) EBF2, situados no estuário do rio Botafogo. Santa Cruz, representados nas profundidades de (0,00; 0,05; 0,10 e 0,15 cm)

Comparando os resultados de mercúrio nos sedimentos, com o trabalho de Meyer, os resultados obtidos neste trabalho divergiram, com relação à diminuição de concentração de mercúrio com a profundidade.

As Tabela 5.1 e 5.2 apresenta uma comparação entre os valores de mercúrio em água e em sedimento, coletado no presente trabalho com os valores apresentados no levantamento realizado pela CETESB (1981).

Segundo o trabalho desenvolvido pela CETESB, os valores de sedimento que se apresentaram mais elevados de mercúrio, foi devido à ausência de cloro e os valores mais elevados de pH, propicia melhores condições de precipitação deste elemento no sedimento. Como, neste trabalho, não foi avaliada a concentração de cloro no período de 2005-2006, e os índices de pH se mantiveram estáveis, consideramos que não houve descarga de cloro, aumentando a precipitação de mercúrio, no sedimento, em alguns pontos de coletas.

Tabela 5.1 - Valores comparativo de mercúrio em sedimento nos anos de Cetesb (1981) e o presente trabalho.

Localização das amostras	CETESB,1981	LIMA, 2006
Sedimento de superfície	Mercúrio ($\mu\text{g/g}$)	Mercúrio (s) ($\mu\text{g/g}$) Média dos valores das campanhas
BF-16	ND	NDs
BF-18	0,11	0,24
BF-21	ND	NDs
BF-23	0,37	0,13
BF-25	ND	0,20
BF-31	ND	0,19
BF-35	3,7	0,20
BF-37	3,7	0,15

NDs - Não detectável em sedimento. Limite de detecção do mercúrio em sedimento- 0,1($\mu\text{g/g}$)

Os valores de concentração de mercúrio no sedimento neste trabalho apresentaram-se mais elevados nos pontos BF-18, BF-25 e BF-31, que no da CETESB (1981). O ponto BF-18 está situado no descarte do lançamento da indústria C. Consideramos que foram realizadas cinco campanhas neste local, e os valores obtidos entre os dias, apresentaram-se bem próximos, entre eles conclui-se que há uma contaminação pontual de mercúrio, neste local.

Nos pontos BF-25 e BF-31, pode está ocorrendo uma dispersão do mercúrio, causada pelas forças da correnteza do rio, conduzindo-os para as margens. No ponto BF-21, não foram detectados dados de mercúrio nas duas campanhas. Este fato contradiz a distribuição ao longo do rio, pois se tem uma elevada concentração no ponto de descarte (BF-18), assim como nos pontos BF-23 e BF-25, havia uma suspeitava que houvessem valores elevados de concentração, devido o mesmo está situado à 100 metros do descarte da indústria C.

Analisando a Tabela 5.1, podemos observar que os valores de concentração do mercúrio em sedimento, apresentaram-se em torno de duas vezes e meia (ponto BF-23) e aproximadamente vinte e quatro vezes (pontos BF35 e BF-36) mais elevados, no estudo realizado pela CETESB (1981).

O trabalho de Meyer (1996) fez referência à exportação do mercúrio, do rio Botafogo para o Canal de Santa Cruz através dos seguintes fatores:

- Pelo efeito oxidante do cloro, e em conseqüência, elevação do pH, que fixa o mercúrio no sedimento, como não está ocorrendo, devido à redução das descargas de cloro.
- Perda da matéria particulada no canal, pelas existências fortes correntes.
- Através da re-mobilização do mercúrio entre as marés.

Estes fatos explicam a brusca diminuição na concentração do mercúrio dos pontos próximos ao estuário BF-35, BF-36 e de estuário EBF-1 e EBF-2.

Comparando estes valores apresentados na Tabela 5.1 podemos concluir que, os valores encontrados no sedimento merecem uma atenção especial, pois provavelmente o metal venha se acumulando nas margens do rio, no trecho de água doce, em razão da baixa velocidade da correnteza das águas. Nos pontos do estuário, foi demonstrado que uma quantidade significativa de mercúrio possivelmente esteja sendo exportada para outros ambientes.

Os valores obtidos na água, Tabela 5.2, apresentaram-se bem próximos dos valores encontrados no levantamento da CETESB (1981).

Tabela 5.2 - Valores comparativo de mercúrio em água nos anos de Cetesb (1981) e o presente estudo.

Localização das amostras	CETESB,1981	LIMA, 2006
Água	Mercúrio ($\mu\text{g/L}$)	Mercúrio (a) ($\mu\text{g/L}$) Valores mínimos e máximos por ponto de coleta
BF-16	ND	NDa
BF-18	0,3	0,5-1,8
BF-21	2,0	0,3
BF-23	17,8	NDa
BF-25	6,4	NDa-0,3
BF-31	5,9	NDa-0,8
BF-35	Amostra perdida	NDa-0,5
BF-37	0,59	NDa-0,4

NDa - Não detectável em água. Limite de detecção do mercúrio em água-0,2($\mu\text{g/L}$).

Para efeito deste trabalho, foram considerados os valores mínimos e máximos de cada ponto de coleta no período de 2004 a 2006, e comparados com o levantamento de 1981 da CETESB. Na maioria das vezes esses valores não extrapolaram os permitidos pela legislação vigente, a CONAMA N° 357/2005. A concentração de mercúrio para um corpo hídrico manancial de classe 2, é de 0,2 ($\mu\text{g/L}$). Os valores de água não foram conclusivos, visto que se mantiveram dentro dos limites exigidos pela portaria e não foram consideradas as variações em função da vazão do rio.

6. CONCLUSÕES

Após a análise comparativa dos aspectos de qualidade da água avaliados nas estações de monitoramento BF-21 e BF-31, no período de janeiro de 2004 até janeiro de 2006, totalizando 24 meses com coletas bimensais, os valores obtidos dos parâmetros físico-químicos, representados através de gráficos, estavam na maior parte, dentro dos limites permitidos pela legislação CONAMA Nº 357, na qual está enquadrado o rio Botafogo, como classe 2.

Os valores de pH apresentaram-se estáveis, oscilando entre 6 e 8, no ano de 2004, decrescendo a partir de 2005 para valores abaixo de 6, atingindo mesmo o valor de 1, com característica de uma contaminação por despejo industrial.

Com relação aos resultados de cor, foi observado que 50% dos valores estavam acima do Limite Máximo Permitido, que é de 75Pt/Co. Os valores encontrados na determinação da turbidez, na estação BF-31, apresentaram-se mais elevados que a estação BF-21, provavelmente devido às partículas em suspensão identificadas após a passagem sob a ponte da BR-101.

Com relação à determinação de OD (oxigênio dissolvido) 86% dos valores analisados apresentaram dentro do limite estabelecido pela Portaria CONAMA N º 357.

A relação de OD e DBO encontradas estavam na faixa de 85-90%, dentro dos limites permitidos para um rio de classe 2.

Como o escopo do trabalho foi avaliar os locais contaminados, a comparação e as variações ao longo dos anos, os resultados das análises de sedimento no rio e no seu estuário foram fundamentais, pois os mesmos estão integrados ao mercúrio em questão, depositado na camada superior do sedimento, diferente das amostras pontuais de água que flutua nos níveis dos cursos d'água.

Esses dados podem representar alterações no processo de produção da fábrica ou variações nas marés. Os valores de concentração de mercúrio encontrado sedimentos, ao longo do rio mantiveram-se constantes, nos pontos coletados, em meses alternados. Com isso, podemos certificar a quantidade de carga de mercúrio pontual no sedimento, e que o mesmo não foi deslocado.

Ao longo do rio, os valores, na maior parte, apresentaram-se elevados, mas não foi caracterizada uma poluição pontual próxima às fontes de emissão.

Pontos próximos à indústria apresentaram valores menores, possivelmente, pelo posicionamento da coleta nas margens e não no meio, onde a velocidade da correnteza é mais intensa. Os resultados da concentração de mercúrio em sedimento presente no estuário, na confluência com o Canal de Santa Cruz, apresentaram-se muito próximo, nas direções de Atapuz e de Itapissuma. Foi percebida uma pequena tendência de deslocamento do mercúrio para o lado de Atapuz (direção norte).

Os níveis de mercúrio encontrados nos sedimentos apresentaram-se elevados, se comparados aos da campanha realizada anteriormente. Nas coletas em várias escalas de profundidade, os valores das cargas de mercúrio apresentaram crescente de cima para baixo. Foi constatado, assim, que parte do mercúrio remanescente se encontra nas camadas mais profundas do sedimento.

Pode-se concluir que a atual rede de monitoramento da CPRH, com apenas dois pontos de coleta representados por BF-21 e BF-31 e os parâmetros analisados em água, não está representando uma gestão adequada do corpo hídrico Botafogo.

A expansão da rede de monitoramento em número de pontos de amostragem, tal como foi realizada neste trabalho, diminuição dos parâmetros investigados, para redução dos custos, e inclusão de parâmetros de mercúrio em água e sedimento em profundidades diferentes.

Foi a partir dos pontos implementados na campanha deste trabalho, BF-18, BF-25, que foram detectadas as maiores concentrações de mercúrio em água.

Os valores da concentração de mercúrio encontrados no trecho do rio Botafogo em água doce estiveram bem próximos dos valores encontrados no levantamento realizado há vinte e quatro anos passados, com relação ao trecho do rio Botafogo que sofre influência da maré - pontos BF-35, BF-37 e EBF-1, EBF-2. As concentrações de mercúrio analisadas no sedimento apresentaram valores elevados em relação ao levantamento realizado em 1981, indicando uma tendência para onde o mercúrio remanescente está sendo transferido, da nascente para sua foz, no sentido do Canal de Santa Cruz.

7. PERSPECTIVAS

Espera-se que os níveis de mercúrio encontrados no sedimento, ao longo do rio Botafogo, sirvam de alerta para as autoridades responsáveis pelo controle e preservação dos recursos hídricos, utilizem os dispositivos legais a fim de diminuir os avanços da degradação do ambiente.

Neste levantamento, foi comprovada a real incidência de mercúrio na área delimitada para estudo. Neste levantamento, foi comprovada a real incidência de mercúrio na área delimitada para estudo. E em razão disso, são necessários estudos complementares, como: monitoramento e controle contínuo de mercúrio e outros parâmetros, nas águas e sedimentos, ao longo do rio Botafogo, e nos pontos à jusante do descarte da indústria, e através de cortes transversais do sedimento, além da instalação de novos pontos de coletas em locais significativos.

Como sugestões para trabalhos futuros, têm-se:

- Realizar um estudo mais aprofundado nos sedimentos, analisando-se a distribuição axial e transversal, o leito do rio em várias profundidades, em diferentes seções e épocas do ano;
- Realizar estudo dos crustáceos e moluscos, a fim de verificar não só a extensão da contaminação por mercúrio, mas também aferir sua qualidade para consumo;
- Estudar no estuário, a variação da concentração de metais para profundidades maiores e na saída da fazenda de carcinicultura;
- Retomar a rede de monitoramento de água mais completa, ou seja, voltar a monitorar os pontos no estuário e entre as indústrias;
- Incluir uma estação de monitoramento de água no descarte da fazenda de carcinicultura;
- Realizar um monitoramento mais completo que contemple os macronutrientes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, D. et al. **Mercury levels in muscle of two fish species and sediments from the Cartagena Bay and the Ciénaga Grande de Santa Marta**, Colombia, Environmental Pollution, Bogotá, v. 109, n. 1, p.157-163, 2000.

APHA, AWWA, WPCF, **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th. Edition, 1998.

ARRUDA, Nailsa Oliveira. **Gestão integrada dos recursos hídricos na Bacia do rio Pirapama**, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. (Estudo da Qualidade da Água). 2005.100f. Dissertação (mestrado em gestão e política ambiental) – CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.68p.

BARRETO, Maria Laura; MARINHO, Ana Christiana. **Poluição mercurial: parâmetros técnicos–jurídicos**. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1995.

BISHOP, J. N. ; NEARY, B. P. The form of mercury in freshwater fish. In: INTERNATIONAL CONFERENCE TRANSPORT PERSISTENT CHEMICALS IN AQUATIC ECOSYSTEMS, 1974, Ottawa. Proceedings... Ottawa: **National Research Council**, 1974. p. 25-29.

BRAILE, P. M ; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, CETESB, 764 p, 1979.

BRUNET, R. C., ASTIN, K.B. Spatio-temporal variation in some physical and chemical parameters over a 25-year period in the catchment of the river Adour. **Jornal of Hydrology**, n. 220, p. 209-221, 1999.

CAMPOS, Virgínia Andrade de Lima. **A gestão da bacia do rio Pirapama em Pernambuco sob a perspectiva da lei da política nacional de recursos hídricos: realidade e desafios**. 2001. 236 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais)– CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Água: Rios e Reservatórios**. 2005 Disponível em: <http:// www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 17 ago. 2006.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.. **Estudo de mercúrio nas águas e estuário do rio Botafogo: estudo preliminar**. São Paulo, 1981. 39 p.

CONDEPE - COMPANHIA PERNAMBUCANA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo para Controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco - Canal de Santa Cruz**. 118p. Recife, 1982.118p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. ° 357, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília – DF, 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 7 ago. 2006.

COSTA, Rauquírio André A. M. **Influência de diversas concentrações de cloro sobre as populações fitoplanctônicas do estuário do rio Botafogo (Itamaracá-Pernambuco)**. 1993. 72 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1993.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS ; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PNMAII= Programa Nacional de Meio Ambiente II **Diagnóstico Sócioambiental – Litoral norte**: Relatório Final. Recife; Brasília, 2001. v.1. Espaço Geográfico.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Cadastro das indústrias de Pernambuco**. Disponível no sistema de arquivo da CPRH. Acesso em setembro de 2006.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco**. Recife, 2003.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo de mercúrio nas águas e estuário do rio Botafogo: estudo preliminar**. São Paulo, 1981. 39 p.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo de Avaliação Ambiental – EAA do Projeto de Dragagem Náutico da Litoral Norte**. Recife, 2002.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Informação nº07. **GLB – GC**. 2f. Julho. 1996.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco** - 2004. Disponível em:< [http:// www.cprh.pe.gov.br](http://www.cprh.pe.gov.br)>. Acesso em: 16/07/2006.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco** -2005. Disponível em:< [http:// www.cprh.pe.gov.br](http://www.cprh.pe.gov.br)>. Acesso em: 16/07/2006

FADINI, P. S. ; JARDIM, W. F. Is the Negro River Basin (Amozon) Impacted by Naturally Ocurring mercury. **The Science of the Total Environment.**, Campinas, n. 275, p. 71-82,novembro, 2001.

FLORES MONTES, M. de J. **Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá - PE**. 1995. 167 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1995.

GAMA, Ana Maria de Freitas. **Avaliação da agenda 21 da bacia hidrográfica do rio Pirapama**. 2003. 172 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

HASSE, R. Ferreira. Der Quecksilberhandel in Brasilien. IN: MATHIS, A. ; REHAAG, R. (eds.) **Gold und die Folgen: Auswirkungen des gold und die Folgen. Auswirkungen des goldberbaus auf das sozialgefüge und die umwel im Amazonasraum**. Köln: Volksblatt-Verlag-Verlag, 1994.

HENDERSON, C. A. ; INGLIS, A. ; JOHNSON, W. L. Mercury residuous in fish, 1969-1970: National Pesticide Monitoring Program. **Pesticide Monitoring Journal**, Nevada, v. 6, n. 3, p. 144-150, 1972.

HYPOLITO, R. ; FERRER, L. M. ; NASCIMENTO, S. C. Comportamento de espécies de mercúrio no sistema sedimento-água do Mangue no Município de Cubatão,. **Águas Subterrâneas, São Paulo**, v. 19, n. 1, p. 15-24, 2004.

INFORMAÇÃO Interna N°07/86 da Gerente do Laboratório Ana Maria de Freitas Gama para o Diretor Clênio de Oliveira Torres. Datada de 23/07/1986 Recife : CPRH, 1986.

JENSEN, S; JERNELOV, A. Biological methylation of mercury in aquatic organisms. **Nature** n.223, p. 773 – 754. 1969.

KAISER, R.; TÖLG, G. **Handbook of enviromental chemistry**. Parte A. New York: Springer Verlag, 1980. v. 3.

KUDO, A. et al. The role os sediments on the mercury transport (total and methyl-) in a river system. **Prog. Wat. Teach** n.10, p. 329-339. 1978.

LACERDA, L. D. ; SALOMONS, W. ; PFEIFFER, W. C. Mercury distribution in sediment profiles from lakes of high Pantanal, Mato Grosso State, Brazil. **Biogeochemistry**, v. 14, p. 91-97, 1991b.

LACERDA, L. D.; PFEIFFER, W. C. Mercury from gold mining in the Amazon Enviroment , São Paulo. **an over-view. Química nova**, V.15:155-160,1992.

LACERDA, S. R. et al. Variação nictemeral do fitoplâncton em um estuário tropical (Itamaracá, Pernambuco, Brasil). **Braz. J. Biol.**, São Carlos, SP, v. 64, n. 1, 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci>>. Acesso em: 21 ago. 2006.

MEYER, U. **On the fate of mercury in the Northeastern Brazilian: mangrove system, Canal de Santa Cruz, Pernambuco**. 1996. 105 f. Thesis. (PhD) Zentrum fur Marine Tropenökologie (ZMT), Bremen University, Germany, 1996.

NOOA - National Oceanic ; Atmosferic Administration. Screening Quick Reference Table for Inorganic in Solids. In Screening Quick Reference Tables. **HAZMAT REPORT 99-1**. September 1999. disponível em http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/122_squirt_cards.pdf

PERNAMBUCO. Lei n. ° 11427, de 17 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a conservação e proteção das águas subterrâneas. **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**, Poder Executivo, Recife, 18 jan. 1997. p. 7.

PFEIFFER, W. C. LACERDA, L.D.; SALOMONS, W.; MALM, O. **Environmental fate of mercury from gold mining in the Brazilian Amazon**. Environ. Rev., v.1. p. 26-37, 1993.

RICHINS, R. T.; A. C. RISSER JR. Total mercury in water, sediment and soleded aquatic organisms, Carson River, Nevada – 1972. **Pesticide Monitoring Journal**, Nevada, v. 9, n. 1, p. 44-54, 1975.

RODRIGUES, S. F. et al. **Evolução Temporal da poluição por metias pesados em sedimentos do Rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002.

SALOMONS, W.; FORSTNER, U. **Metals in the hydrocycle**. Berlin: Springer, 1984. 349p.

SANT'ANNA JÚNIOR, Nilson ; COSTA, M. ; AKAGI, H. **Níveis de mercúrio total e metilmercúrio no cabelo de uma população costeira e peixes do nordeste do Brasil**. In: **ESPÍNDOLA, E.L.G. et al. (Eds) Ecotoxicologia – Perspectivas para o século XXI**. Rima. São Carlos: 2000a.

SANT'ANNA JÚNIOR, NILSON. **Especificação de Mercúrio em compartimentos ambientais do Complexo estuário do Canal de Santa Cruz**. 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

SEMA - SECRETÁRIA DE MEIO AMBIENTE. GM N° 003 de 11 de abril 1975. **Dispõe sobre a concentração de mercúrio por litro de água em mananciais de abastecimento público**. São Paulo, 1975.

SEMA - SECRETÁRIA DE MEIO AMBIENTE. PORTARIA GM N° 013 de 15 de janeiro 1975. **Classifica as águas interiores do território Nacional**. São Paulo, 1975

SHREVE, R. Norris ; BRINK, J. A. **Indústrias de processos químicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 717 p.

SILVA, Almir José da. **Estudo Sócioambiental na Margem Urbana do Canal de Santa Cruz**, Itapissuma, Pernambuco. (Desenvolvimento e Meio Ambiente). 2000. 158f. Dissertação (Programa Regional de Pós – graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2001.

SILVA, Demétrios David da. ; PRUSKI, Fernando Falco (eds.). **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos ; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa ; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000.

SOUZA, Marcelo Pereira de. **Instrumento de Gestão Ambiental: Fundamentos e práticas.** São Carlos, SP: Editora Riani Costa, 2000.

VIEIRA, L. F. J.; POSSARELLI, M.M. Determinação de mercúrio total em amostras de água, sedimento e sólidos em suspensão de corpos aquáticos por espectrofotometria de absorção atômica com gerador de vapor frio. **Revista Saúde Pública**, v.30, n.3, p.256-60, 1996.

WAINER, Ann Helen. **Legislação Ambiental Brasileira.** Rio de Janeiro: Forense, 1991.

WESTOO, G. Methylmercury as percentage of total mercury in flesh and viscera of salmon and sea trout of various ages. **Science**, v. 181, n. 4099, p. 567 568, 1972.

ZADORY, L.; MUELLER, P. Potential use of freshwater molluscs for monitoring river pollution. **Geojournal**, v. 5, n. 5, p. 433-445, 1981.

ANEXO 1 – Fotos dos pontos de coleta identificados mapeados na Figura 3.1



Ponto BF- 15:

Rio Botafogo, à montante da Indústria Nordescor.

Coordenadas: UTM E 280448
UTM N
9137690



Ponto BF-16:

Rio Botafogo, à jusante da Indústria Nordescor e montante à Indústria CAII.

Coordenadas: UTM E 281743
UTM N 913848



Ponto BF-18 :

Rio Botafogo, em frente ao lançamento da Indústria CAII.

Coordenadas: UTM E 281950
UTM N 9138552



Ponto BF-21 :

Rio Botafogo, em frente à Vila do Araripe, em Igarassu CAII.

Coordenadas: UTM E 282683
UTM N 9138942



Ponto BF-23 :

Rio Botafogo, aproximadamente 400m à jusante do lançamento da CAII.

Coordenadas: UTM E 283588
UTM N 9139830



Ponto BF-25 :

Rio Botafogo, à montante da antiga Indústria Inagro

Coordenadas: UTM E 284069
UTM N 9140058



Ponto BF-31 :

Rio Botafogo, na ponte da Br-Norte, em Igarassu.

Coordenadas: UTM E 286448

UTM N 9142002

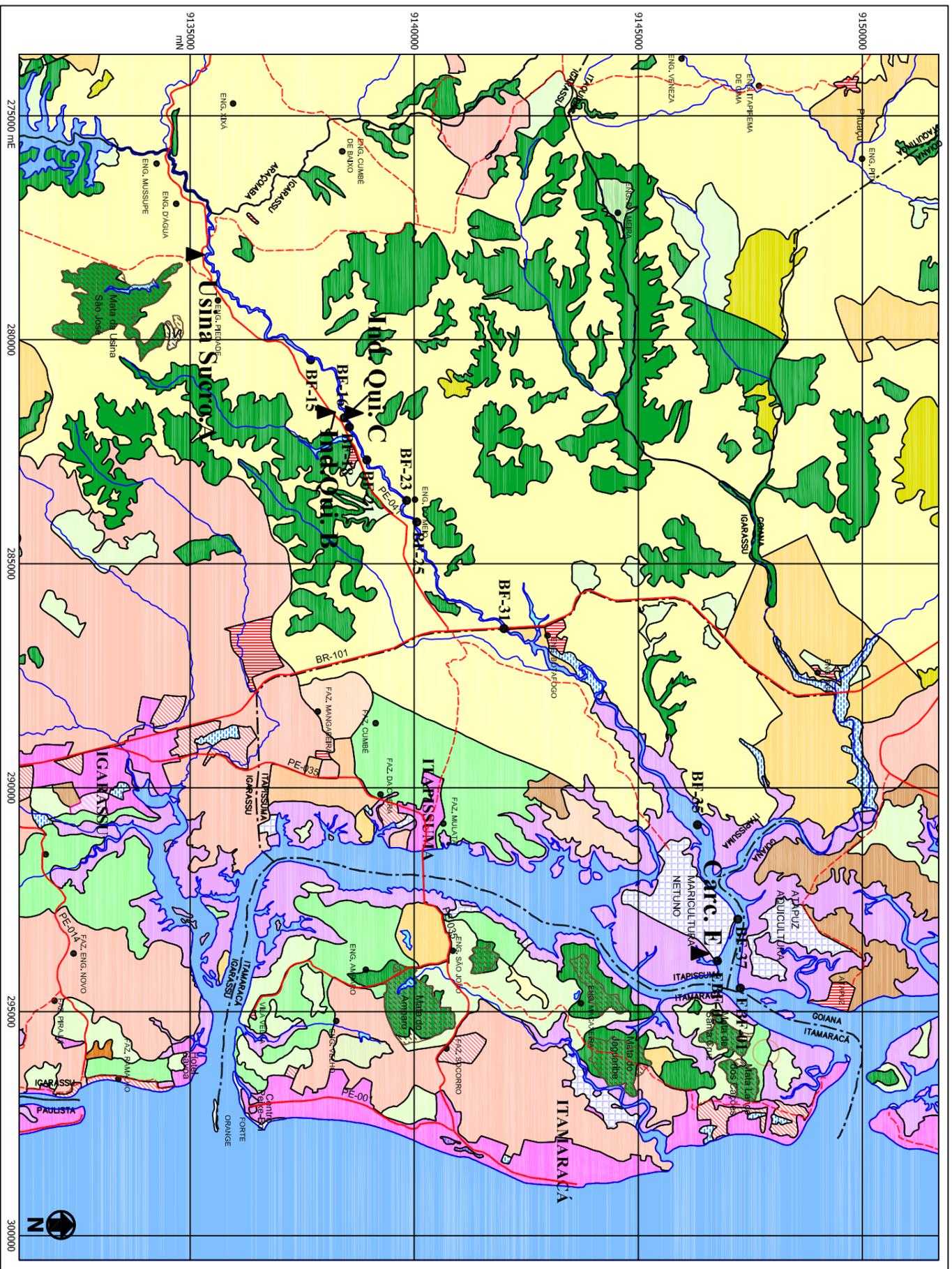


Ponto BF-37 :

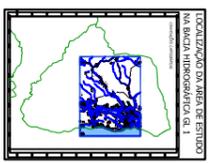
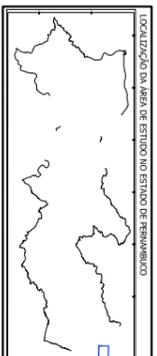
Estuário do Rio Botafogo, à jusante do deságüe do rio Arataca

Coordenadas: UTM E 290662

UTM N 9146318

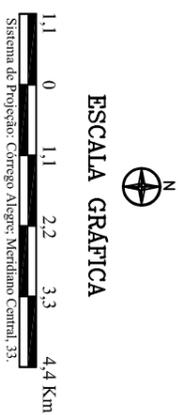


- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**
- RIO / RIACHO
 - AÇUQUE / BARRAGEM / LAGO / LAGOA
 - RODOVIA FED./EST. PAVIMENTADA
 - RODOVIA FED./EST. SEM PAVIMENTAÇÃO
 - LIMITE MUNICIPAL
 - FONTES POLUIDORAS
 - LOCALIDADE
 - PONTOS COLETADOS
- LEGENDA**
- MANGUE / SAZÃO
 - ÁREA ALAGADA
 - MATA ATLÂNTICA
 - ÁREA DE EXPANSÃO
 - MATA ATLÂNTICA EM RECOMPOSIÇÃO
 - PASTAGEM ARTIFICIAL
 - PASTAGEM NATURAL
 - RESERVA ESPECIADA
 - ÁREA URBANA CONSOLIDADA
 - CANA-DE-AÇÚCAR
 - COQUELHAL
 - RESERVA ECOLÓGICA
 - SILVICULTURA - BAMBÚ
 - VILA RURAL, VILA INDUSTRIAL
 - GRANJA, CHACARA DE RECREIO



DESCRIÇÃO DOS PONTOS COLETADOS

ESTAÇÃO	CORPO D'ÁGUA	LOCAL
BF-15	Rio Botafogo	A Montanha da Indústria B.
BF-16	Rio Botafogo	A Jusante da Indústria B e A Montanha da Indústria C.
BF-18	Rio Botafogo	Em frente ao barramento da C.
BF-21	Rio Botafogo	Em frente à Vila Araripe, em Igarassu.
BF-23	Rio Botafogo	Aproximadamente a 400m à Jusante do Barramento da Indústria C.
BF-25	Rio Botafogo	A Montanha da antiga Indústria D.
BF-31	Rio Botafogo	Na ponte da BR-101 Norte, em Igarassu.
BF-35	Rio Botafogo	A Montanha do desague do Rio Retazeta.
BF-37	Rio Botafogo	Ponte da localidade, conhecida como Barro Velho.
EB-01	Esuário do Rio Botafogo	Confluência a margem direita no Canal de Santa Cruz em direção a Atapuz.
EB-02	Canal de Santa Cruz	Em frente a Manufatura E.
IND-2	Rio Botafogo	Indústria B.
IND-3	Rio Botafogo	Indústria C.



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

CPRH

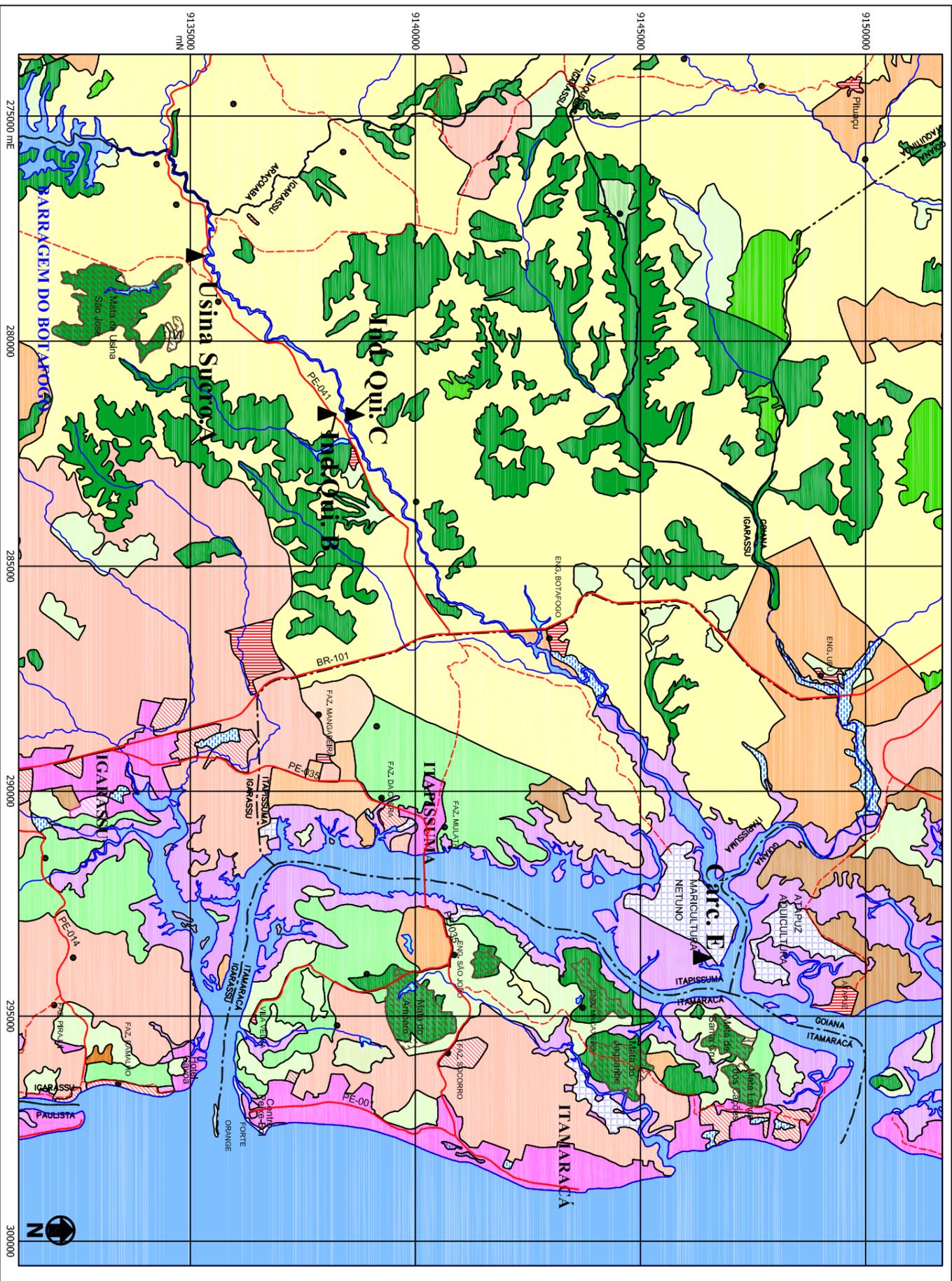
LEVANTAMENTO DAS CARGAS POLUIDORAS POR MERCÚRIO NO RIO BOTAFOGO

MAPA 1.1 - FONTES POLUIDORAS/ PONTOS COLETADOS

DATA	ESCALA	PROCESSAMENTO DIGITAL	EDIÇÃO GRÁFICA:
JULHO - 2006	1:10.000	COORDENADORA TÉCNICA / SUPERVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO - CPRH	Carolina Barbosa de Lima

FONTE

Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco
CPRH/IGERCO, 2001.



- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**
- RIO / RIACHO
 - AÇUDE / BARRAGEM / LAGO / LAGOA
 - RODOVIA FED./EST. PAVIMENTADA
 - RODOVIA FED./EST. SEM PAVIMENTAÇÃO
 - LIMITE MUNICIPAL
 - PONTOS COLETADOS
- LEGENDA**
- AGRICULTURA
 - ÁREA ALAGADA
 - ÁREA DE ESPANSCO
 - ÁREA DE FLORESTA
 - ÁREA DE OCUPAÇÃO URBANA ESPONTÂNEA
 - ÁREA URBANA CONSOLIDADA
 - CANA-DE-ÁÇÚCAR
 - COQUEL
 - DISTRITO/ZONA INDUSTRIAL
 - GRANJA/ CHACARA DE RECREIO
 - MANGUE / SALGADO
 - MATA ATLÂNTICA
 - MATA ATLÂNTICA EM RECONSTITUIÇÃO
 - PASTAGEM ARTIFICIAL
 - POLICULTURA
 - RESERVA ECOLÓGICA
 - SILVICULTURA - BAMBÚ
 - VILA RURAL, VILA INDUSTRIAL



GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

CPRH
GERM

LEVANTAMENTO DAS CARGAS POLUIDORAS POR MERCÚRIO NO RIO BOTAFOGO

MAPA 2.1 - Fontes Poluidoras

DATA	ESCALA	PROCESSAMENTO DIGITAL	EDIÇÃO GRÁFICA:
Setembro-2006	110.000	SUPERVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO - CPRH	Carolina Barbosa de Lima
FONTE			
Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco CPRH/GERMCO, 2001.			

