



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL- PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL- ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM TECNOLOGIA  
AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DISPERSÃO DO CHUMBO EM AMBIENTES  
AQUÁTICOS DA REGIÃO DE BELO JARDIM - PE**

***ANA CLAUDIA DE PAIVA***

**RECIFE –PE  
2005**

**ANA CLAUDIA DE PAIVA**

**DISPERSÃO DO CHUMBO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DA  
REGIÃO DE BELO JARDIM - PE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

**Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos**

**Orientador: Prof. Edmilson Santos de Lima**

**Co-orientador: Prof. Maria de Lourdes Florencio dos Santos**

Recife  
Departamento de Engenharia Civil da UFPE  
2005

**Paiva, Ana Claudia de**

**Dispersão do chumbo em ambientes aquáticos da região de Belo Jardim-PE / Ana Claudia de Paiva . – Recife : O Autor, 2005.**

**71 folhas : il., tab., fig., fotos.**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, 2005.**

**Inclui bibliografia e apêndice.**

**1. Tecnologia ambiental e recursos hídricos – Chumbo – Concentração no ambiente. 2. Amostras de água, sedimentos e peixes – Análise química – Absorção atômica. 3. Componentes principais – Análise estatística . I. Título.**

**628193  
628.11**

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

**UFPE  
BC2005-617**

# **DISPERSÃO DO CHUMBO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DA REGIÃO DE BELO JARDIM – PE**

por

ANA CLAUDIA DE PAIVA

Dissertação defendida e aprovada em 30 (trinta) de setembro de 2005 pela banca examinadora constituída pelos professores doutores abaixo assinados:

---

Edmilson Santos de Lima (Ph.D.)  
Orientador

---

Maria de Lourdes Florencio dos Santos (Ph.D.)  
Co-orientadora

---

Geraldo Resende Boaventura (Ph.D.)  
Examinador

---

Eliane Valentim Honorato (Dsc)  
Examinadora

Recife, 30 de setembro de 2005



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL DE  
ANA CLAUDIA DE PAIVA**

Aos 30 (trinta) dias do mês de setembro do ano 2005 (dois mil e cinco), às (dez) 10:00 horas, no Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, reuniu-se a Banca Examinadora para a defesa de dissertação de ANA CLAUDIA DE PAIVA, aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Modalidade Mestrado, Área de Concentração Tecnologia Ambiental/Recursos Hídricos, composta pelos professores EDMILSON SANTOS DE LIMA, D.Sc, Departamento de Geologia/UFPE, Orientador e Presidente da Banca Examinadora; GERALDO RESENDE BOAVENTURA, D.Sc, Departamento de Geoquímica e Recursos Minerais, Universidade Federal de Brasília, Examinador Externo; MARIA DE LOURDES FLORÊNCIO DOS SANTOS, D.Sc, DEC/UFPE, Co-Orientadora e Examinador Interno e ELIANE VALENTIM HONORATO, D.Sc, Depto de Energia Nuclear/UFPE, Examinador Externo. Como suplentes foram indicados os professores MARIO TAKAYUKI KATO, D.Sc, DEC/UFPE, Suplente Interno e MÔNICA FERREIRA DA COSTA, D.Sc, Depto de Oceanografia/UFPE Suplente Externo. Título da Dissertação: "DISPERSÃO DO CHUMBO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DA REGIÃO DE BELO JARDIM – PE". Iniciando a sessão o Prof. EDMILSON LIMA, Orientador, apresentou a Banca Examinadora e, em seguida, concedeu a Mestranda ANA CLÁUDIA DE PAIVA, 45 (quarenta e cinco) minutos para a sua defesa. Em tempo hábil, a Mestranda ANA PAIVA, deu a sua defesa por encerrada e o Prof. EDMILSON LIMA passou a palavra ao Prof. GERALDO BOAVENTURA, Examinador Externo, que arguiu a candidata que se defendeu usando a palavra. Prosseguindo, o Prof. EDMILSON LIMA, passou a palavra a Profa. ELIANE HONORATO, Examinador Externo, que arguiu a candidata ANA PAIVA, que se defendeu usando a palavra. Continuando a sessão, o Prof. EDMILSON LIMA passou a palavra a Profa. MARIA DE LOURDES F. DOS SANTOS, Examinador Interno, que arguiu a candidata ANA PAIVA, que se defendeu usando a palavra. Encerrando a sessão o Prof. EDMILSON LIMA fez comentários gerais sobre a dissertação e finalizou a defesa solicitando aos presentes que se retirassem do recinto para que a Banca Examinadora se reunisse. Após 5 (cinco) minutos foi reaberta a sessão e tornado público a menção "APROVADA COM DISTINÇÃO", que foi dada por unanimidade pela Banca Examinadora. Eu, LAUDENICE GONÇALVES BEZERRA, SECRETÁRIA, lavrei a presente ATA, que dato e assino com quem de direito. Recife, 30 de setembro de 2005.

*Laudenice Gonçalves Bezerra*

EDMILSON SANTOS DE LIMA

*Edmilson Santos de Lima*

GERALDO RESENDE BOAVENTURA

*Geraldo Resende Boaventura*

ELIANE VALENTIM HONORATO

*Eliane Valentim Honorato*

MARIA DE LOURDES FLORENCIO DOS SANTOS

*Maria de Lourdes Florencio dos Santos*

ANA CLÁUDIA DE PAIVA

*Ana claudia de Paiva*

## DEDICO

### *Aos meus pais*

“Se um dia já homem feito e realizado, sentires que a terra cede aos teus pés, obras se desmoronam, que, não há ninguém a tua volta para te estender a mão, esquece tua maturidade, passa pela tua mocidade, volta a tua infância e balbucia, entre lágrimas e esperanças, as últimas palavras que te restarão na alma: minha mãe, meu pai”

Rui Barbosa

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que sempre esteve presente em minha caminhada, dando-me força de vontade, sabedoria e saúde. Graças a Ti e a Interseção de Nossa Senhora consegui vencer mais esta etapa.

Aos meus irmãos Ângela, Ailton e Andréa, pelo apoio e total participação em todos os momentos de minha vida, que durante este trabalho entenderam minha ausência e agüentaram minhas ansiedades.

Ao professores Edmilson Santos Lima e Lourdinha Florencio pela compreensão, dedicação, contribuição profissional e paciência na orientação desta dissertação.

Ao professor Geraldo Resende Boa Ventura e a Dra Eliane Valentim Honorato pela disponibilidade em participar da banca e contribuir para o melhoramento deste trabalho.

Ao Laboratório de Análises Ambientais do CRCN, na pessoa de José Carlos Alves Pereira, por ter me proporcionado o apoio estrutural, disponibilizando os equipamentos e materiais necessários para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos colegas do CRCN que sempre me apoiaram e torceram por essa conquista, de maneira especial a:

- José Carlos, mais uma vez, pelo incentivo no desenvolvimento deste trabalho, nas etapas de campo e laboratório.

- Roberto Teodózio pela ajuda na mão de obra na preparação das amostras e pela cobertura das tarefas enquanto me dedicava às disciplinas do curso.
- Elias pela disposição e empenho em descobrir e contornar os problemas de funcionamento do AAS.
- Gilberto e Alberto que sempre estiveram colaborando com dicas e opiniões muito valiosas para este trabalho.

Aos colegas do mestrado que dividiram momentos variados de descontração e preocupação. E as grandes amizades que se firmaram durante esse período: Nícea e Marcos, em especial a Ana Paula que compartilhou comigo todas as etapas, dificuldades e conquistas. Estamos cumprindo o pacto do início do curso em que ninguém deixaria o outro desistir.

A Ana Maria Bastos pela ajuda no tratamento estatístico dos dados. Deus abençoe sua paciência.

Aos amigos que entenderam minha ausência, particularmente Rivânia que escutou inúmeras vezes “não posso, tenho que estudar”, obrigada pela paciência e compreensão das prioridades que tive que dar a minha vida.

Enfim, a todos que acreditaram, torceram e contribuíram pela conquista desta importante etapa da minha vida meu MUITO OBRIGADA.

## SUMÁRIO

<b>1.0. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. Histórico Geral.....	3
2.2. Emprego do Pb na fabricação de baterias.....	4
2.3. Chumbo no meio aquático.....	5
2.4. Chumbo no organismo humano.....	7
<b>3.0. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA</b> .....	10
3.1. Clima.....	10
3.2. Relevo.....	11
3.3. Solos.....	11
3.4. Hidrografia.....	15
3.5. Economia local.....	16
<b>4.0. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	20
4.1. Coleta das amostras.....	20
4.2. Preparação das amostras.....	25
4.3. Digestão das amostras.....	28
4.4. Análise das amostras.....	32
4.4.1. Análise da água.....	34
4.4.2. Análise dos materiais particulados em suspensão.....	34
4.4.3. Análise dos Peixes.....	35
4.4.4. Análise dos Sedimentos.....	36
4.4.4.1. Determinação do teor de matéria orgânica.....	36
4.5. Controle de qualidade das medidas.....	37
<b>5.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	40
<b>6.0. CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>7.0. SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS</b> .....	55
<b>8.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	56
<b>9.0. APÊNDICE</b> .....	66

## RESUMO

O município de Belo Jardim-PE é drenado por rios que formam a Bacia do Ipojuca, tendo o Rio Bitury como a microbacia mais importante. A principal atividade industrial da cidade é a produção de baterias chumbo-ácidas, processo que oferece riscos de contaminação ambiental por chumbo pela emissão de efluentes para as regiões externas da área de produção. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico da dispersão do chumbo em ambientes aquáticos de Belo Jardim. Foram selecionados 12 pontos de coletas distribuídos por barragens e açudes da região e determinadas as concentrações do metal em amostras de água, material particulado em suspensão, exemplares de peixes e perfis de sedimentos, através da técnica de Absorção Atômica com Forno de Grafite. As concentrações de chumbo encontradas na forma dissolvida na água (máximo de 0,04 mg/L), estiveram acima do estabelecido pela legislação para águas de classe 2. Na forma particulada em suspensão foram encontrados valores de até 89 mg/kg de Pb, ficando abaixo da média global de 150 mg/kg. Para os peixes, os resultados obtidos nas análises dos músculos também se apresentaram abaixo dos limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos em pescados, estipulado em 2 mg/kg, não oferecendo riscos de contaminação para a população. Os sedimentos foram as matrizes que evidenciaram os mais altos níveis de chumbo (mínimo de 21 mg/Kg e máximo de 245mg/kg) nas camadas mais superficiais, oferecendo um grande risco ao ecossistema, pois esse compartimento representa um potencial de degradação continuada desses ambientes.

## ABSTRACT

Rivers that form the Ipojuca Basin drain the city of Belo Jardim-PE, and the river Bitury is the most important microbasin. The main industrial activity of the city is the production of lead-acid batteries, a process that may offer risks of environmental contamination by lead from the emission of effluents to the areas nearby the production area. This work objective to make a dispersion diagnosis of lead in aquatic environments of Belo Jardim. The samples were collected in twelve selected points, distributed in regional barrages and dams and the metal concentrations were determined in water samples, suspension particulate material, fish samples and sediments profiles, using the with the Grafite Furnace Absorption Atomic Spectrometer (GFAAS). The lead concentrations found as dissolved form in water (maximum of  $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ ) were above the established limits recommended by legislation to waters of class 2. In the suspension particulate material values until  $89 \text{ mg.kg}^{-1}$  of Pb, below of the global average of  $150 \text{ mg.kg}^{-1}$ , have been found. For the fish samples, the gotten results from the muscles analysis showed levels also below the maximum limits accepted for inorganic contaminants, stipulated in  $2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , not offering risks of contamination to the population. The sediments had been the matrices that showed the highest lead levels (minimum of  $21 \text{ mg.kg}^{-1}$  and maximum of  $245 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) in the most superficial layers, offering a great risk to the ecosystem, therefore this compartment represents a potential of continued degradation in these environments.

## LISTA DE FIGURAS E FOTOS

<b>Figura 1</b>	Comportamento do Pb em ecossistemas aquáticos	09
<b>Figura 2</b>	Localização da cidade de Belo Jardim.....	10
<b>Figura 3</b>	Classificação dos solos no município de Belo Jardim.....	12
<b>Figura 4</b>	Representação gráfica dos corpos d'água da bacia do Rio Ipojuca, com destaque para o município de Belo Jardim.....	13
<b>Figura 5</b>	Mapa planialtimétrico de Belo Jardim com a localização dos pontos de coleta .....	22
<b>Figura 6</b>	Gráfico da concentração de Pb em água.....	40
<b>Figura 7</b>	Gráfico das concentrações de Pb em peixes.....	43
<b>Figura 8</b>	Gráficos da concentração de chumbo em sedimentos de recursos hídricos de Belo Jardim.....	46
<b>Figura 9</b>	Gráfico do teor de matéria orgânica obtido em alguns dos pontos estudados.....	49
<b>Figura 10</b>	Gráfico dos escores dos objetos nas duas componentes principais da PCA para análises das amostras dos sedimentos	51
<b>Foto 1</b>	Barragem do Rio Bitury.....	15
<b>Foto 2</b>	Barragem do Rio Ipojuca.....	15
<b>Foto 3</b>	Açude Inhaúma.....	17
<b>Foto 4</b>	Raiz.....	17
<b>Foto 5</b>	Coleta de sedimento usando testemunhador.....	24
<b>Foto 6</b>	Tube PVC contendo o sedimento.....	24
<b>Foto 7</b>	Anel de medida da fração 2 cm.....	24
<b>Foto 8</b>	Separação dos sedimentos em perfis 2 cm.....	24
<b>Foto 9</b>	Processo de filtração da água com Kit Millipore .....	26
<b>Foto 10</b>	Filtros 0,45 µm contendo material particulado em suspensão....	26
<b>Foto 11</b>	Filtros 0,45 µm contendo material particulado em suspensão após secagem.....	26
<b>Foto 12</b>	Preparação do peixe traíra.....	27
<b>Foto 13</b>	Processo de filetagem.....	27
<b>Foto 14</b>	Vísceras do peixe.....	27
<b>Foto 15</b>	Forno microondas.....	29
<b>Foto 16</b>	Espectrômetro de Absorção Atômica.....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Descrição da localização dos pontos de coletas.....	21
<b>Tabela 2</b>	Programação do forno microondas para digestão do material particulado em suspensão de acordo com o método EPA 3015 H –CEM/MARS.....	30
<b>Tabela 3</b>	Programação do forno microondas para digestão sedimento de acordo com o método EPA 3052 -CEM/MARS.....	31
<b>Tabela 4</b>	Programação do forno microondas para digestão de peixe de acordo com o método: oyster tissue CEM/MARS.....	32
<b>Tabela 5</b>	Programa de aquecimento para determinação do Pb em água por GFAAS .....	34
<b>Tabela 6</b>	Programa de aquecimento para determinação do Pb em material particulado por GFAAS.....	35
<b>Tabela 7</b>	Programa de aquecimento para determinação do Pb em amostras de peixes por GFAAS.....	35
<b>Tabela 8</b>	Concentração média de Pb em material particulado em suspensão de alguns rios do Brasil, e média global.....	42
<b>Tabela 9</b>	Representação dos parâmetros na PCA.....	50
<b>Tabela 10</b>	Concentrações médias de Pb em amostras de água e material particulado em suspensão na água.....	66
<b>Tabela 11</b>	Concentrações médias de Pb em amostras de peixes.....	66
<b>Tabela 12</b>	Concentrações médias de Pb total em amostras de sedimentos.....	67
<b>Tabela 13</b>	Concentrações médias de Pb lixiviável em amostras de sedimentos.....	68
<b>Tabela 14</b>	Teores de matéria orgânica em amostras de sedimento.....	69
<b>Tabela 15</b>	Concentrações médias de Pb encontradas nos CRMs.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AAS	Espectômetro de Absorção Atômica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Cl <sub>2</sub>	Fórmula química do gás cloro
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CO <sub>2</sub>	Fórmula química do gás carbônico
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONDEPE	Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e estudos Climáticos
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
CRCN	Centro Regional de Ciências Nucleares
CRM	Material de Referência Certificado
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
Fe	Símbolo químico do elemento ferro
GFAAS	Espectômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite
GPS	Global Positioning System
HCl	Fórmula química do ácido clorídrico
HF	Fórmula química do ácido fluorídrico
HNO <sub>3</sub>	Fórmula química do ácido nítrico
H <sub>2</sub> O	Fórmula química da água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
M	metal
Mn	Símbolo químico do elemento manganês
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
M. O.	Matéria orgânica
NO	Fórmula química do óxido nitroso
NR	Norma Regulamentadora
O <sub>2</sub>	Fórmula química do gás oxigênio
PC	Componente Principal
PCA	Análises de Componentes Principais
PNMA	Plano Nacional de Meio Ambiente
Pb	Símbolo químico do elemento chumbo
PbO <sub>2</sub>	Fórmula química do óxido de chumbo
PbS	Fórmula química do sulfeto de chumbo
S	Símbolo químico do elemento enxofre
SO <sub>2</sub>	Fórmula química do óxido de enxofre
SSTT	Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho

## **1.0. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, grande quantidade de chumbo tem sido extraída, concentrada e utilizada pelo homem. O retorno para o ambiente se dá através das emissões de efluentes, líquidos e gasosos, e resíduos sólidos. Com isso, a concentração de chumbo no local da atividade que processa o metal, tem sido superior às concentrações naturais em água, sedimentos e solos.

A ação antrópica em qualquer compartimento do meio físico se reflete diretamente nos ecossistemas aquáticos, devido à interdependência destes compartimentos.

Mesmo com esforços para reduzir a produção de resíduos contendo chumbo, uma vez introduzido no meio ambiente, seus compostos não são degradados e têm processos acumulativos, gerando problemas específicos nas localidades industriais, provocando desequilíbrios ambientais com possíveis conseqüências à saúde humana. (LAWS, 1993).

Em Pernambuco, o município de Belo Jardim destaca-se como um importante pólo industrial de produção e reparo de baterias chumbo-ácidas, sendo esta atividade desenvolvida desde 1957.

Devido à gravidade dos riscos de contaminação por chumbo no meio ambiente, e dado que há quase 50 anos atividades industriais desenvolvidas na cidade de Belo Jardim utilizam este metal, torna-se necessário um estudo para caracterizar a dispersão deste contaminante em recursos hídricos da região, a fim de avaliar suas influências no meio ambiente, e monitorar sua exposição ao homem.

Assim, este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico da dispersão do chumbo, em ambientes aquáticos da Região de Belo Jardim-PE, especificadamente conhecendo o comportamento do chumbo nos recursos hídricos estudados, Identificando possíveis riscos de exposição da população de Belo Jardim ao chumbo. Além disso, os dados gerados servirão de base para um programa de monitoramento na região.

## **2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Histórico**

O chumbo (Pb) é um elemento não essencial ao metabolismo dos seres vivos, encontrado naturalmente na crosta terrestre, com média entre 10 e 20 mg/kg em vários minerais (ALLOWAY, 1990). Este metal apresenta-se principalmente como mineral galena (PbS – 86,6% Pb e 13,4% S), e pode ser separado do sulfeto sob ação de alta temperatura.



Devido sua fácil extração, foi bastante utilizado pelas primeiras civilizações. Era conhecido pelos antigos egípcios, que devido ao seu baixo ponto de fusão, durabilidade e facilidade em formar ligas metálicas utilizavam o metal na fabricação de armas, adornos e utensílios. Os antigos romanos, por sua vez, usavam-no para fabricar dutos de água, e alguns compostos do chumbo já eram usados na fabricação de cosméticos e de tintas. É um dos metais mais antigos utilizados pelo homem.

Durante a Revolução Industrial ocorreu um aumento na produção e utilização deste metal (LAWS, 1993). O consumo de chumbo aumentou significativamente nos países em desenvolvimento entre 1979 e 1990, particularmente com o seu uso como antidetonante de gasolina, maior causa de poluição ambiental por chumbo nesta época. Com a proibição em diversos países

do uso do chumbo na gasolina, em 1992 a produção mundial do metal sofreu um decréscimo de 15% (SILVA, 2003). Atualmente o chumbo é o 6<sup>o</sup> metal de maior utilidade industrial.

## ***2.2. Emprego do Pb na fabricação de baterias***

O principal uso do chumbo é na construção de baterias automotivas, que consomem em torno de 70% da produção mundial. Segundo Relatório Anual do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, a produção de baterias é o principal consumidor de chumbo no Brasil, 80% do consumo, o que representa cerca de 88 mil toneladas de metal (SILVA, 2003).

As baterias chumbo-ácidas são utilizadas em automóveis, barcos, lanchas, etc. A composição básica deste tipo de bateria é essencialmente, chumbo, ácido sulfúrico e materiais plásticos. O chumbo metálico é utilizado como eletrodo negativo e o dióxido de chumbo ( $PbO_2$ ) como eletrodo positivo da célula voltaica. Como resultado, o chumbo metálico é oxidado produzindo  $Pb^{+2}$ , enquanto o chumbo do  $PbO_2$  é reduzido a  $Pb^{+2}$  (DINIZ, 2002). A produção deste tipo de baterias utiliza o chumbo na forma inorgânica, que se constitui numa substância de elevada toxicidade.

Segundo Diniz (2002), durante o processo de fabricação de baterias há riscos de contaminação ocupacional, existente em todos os setores da produção, e de contaminação ambiental devido à emissão de efluentes como poeiras contaminadas com chumbo, chumbo particulado, detritos contaminados, e produção de escórias de compostos de chumbo para as regiões externas da área de produção sendo disperso em todos os componentes ambientais.

### **2.3. Chumbo no meio aquático**

O chumbo pode ser introduzido nos ecossistemas aquáticos por processos naturais como intemperismo, processos sedimentares e erupções vulcânicas, e uma variedade de atividades antropogênicas como mineração, processamento ou uso dos metais e/ou substâncias que utilizam o metal contaminante (LAWS, 1993; ALLOWAY, 1990).

No ambiente aquático encontram-se quatro reservatórios abióticos: água de superfície, material em suspensão, sedimento e água intersticial. Todos interagem entre si por processos como adsorção/desorção e precipitação, erosão, transporte e sedimentação, além da difusão, consolidação e bioturvação. (SALOMONS e FORSTNER, 1984).

O chumbo pode ser encontrado naturalmente em águas superficiais com concentrações muito pequenas. Salomons e Forstner (1984) estimaram em cerca de 0,02 µg/L a concentração natural de Pb em águas superficiais. No entanto, essas concentrações podem ser maiores devido às descargas de efluentes industriais contendo o metal, pela deposição atmosférica e/ou pela precipitação, a partir do arraste dos sais de chumbo particulado na atmosfera por meio da chuva. (LAWS, 1993).

O chumbo na água pode interagir com outros solutos, formando complexos e permanecendo na forma dissolvida (BARTRAM e BALLANCE, 1996), ou ainda se agregar a partículas inorgânicas ou orgânicas através de adsorção e assimilação, sob a forma de material particulado, que pode depositar-se no fundo do corpo d'água. E pode retornar à forma dissolvida através da desorção ou resolubilização, como mostra a figura 1 (SALOMONS e FORSTNER, 1984).

Próxima à interface água-sedimento pode ocorrer uma zona anóxica, de depleção de  $O_2$ , onde reações de redução e dissolução de óxidos de Fe (III) e Mn (IV) podem liberar íons  $Pb^{+2}$  que se encontravam adsorvidos a estes óxidos. Na presença de  $O_2$ , por outro lado, pode ocorrer a reação inversa, levando novamente à formação de óxidos de Fe (III) e Mn (IV), os quais podem adsorver o Pb dissolvido sedimentando-se no fundo do corpo d'água, caracterizando um ciclo. (FORSTNER, 1987; MOZETO, 2001).

Assim, o tempo de residência do chumbo na água é considerado curto, em função da baixa solubilidade dos seus compostos. A afinidade dos elementos-traço pelas partículas sólidas, as quais tendem a se sedimentar através da coluna d'água, controla o tempo de residência e a concentração desses na água. Em um mesmo ponto, a concentração de chumbo encontrada no sedimento pode ser até 20 vezes maior que a encontrada em água. (BRAYNER, 1998; CHALE, 2002).

O sedimento constitui um compartimento importante na avaliação da intensidade e formas de impactos a que os ecossistemas aquáticos estão submetidos (BARTRAM e BALLANCE, 1996; LIAGHATI, et al. 2004). São considerados como transportadores e possíveis fontes de contaminação destes ecossistemas, pois podem liberar o chumbo para a coluna d'água, como consequência de trocas ambientais ou das condições físico-químicas (pH, potencial redox, etc.) do sistema, afetando a qualidade da água e originando bioacumulação e transferência nas cadeias tróficas (FORSTNER, 1987; CHALE, 2002). Além disso, os constituintes dos sedimentos podem degradar-se ou reagir com outros, dando formas solúveis ou potencialmente mais tóxicas. O chumbo pode permanecer nos sedimentos por muitos anos após a descarga de poluentes ter sido encerrada e conseqüentemente pode continuar contaminando a coluna de

água. Assim, a determinação da concentração de Pb em sedimentos permite inferir o risco de contaminação a que a água está sujeita. (MOZETO, 2001).

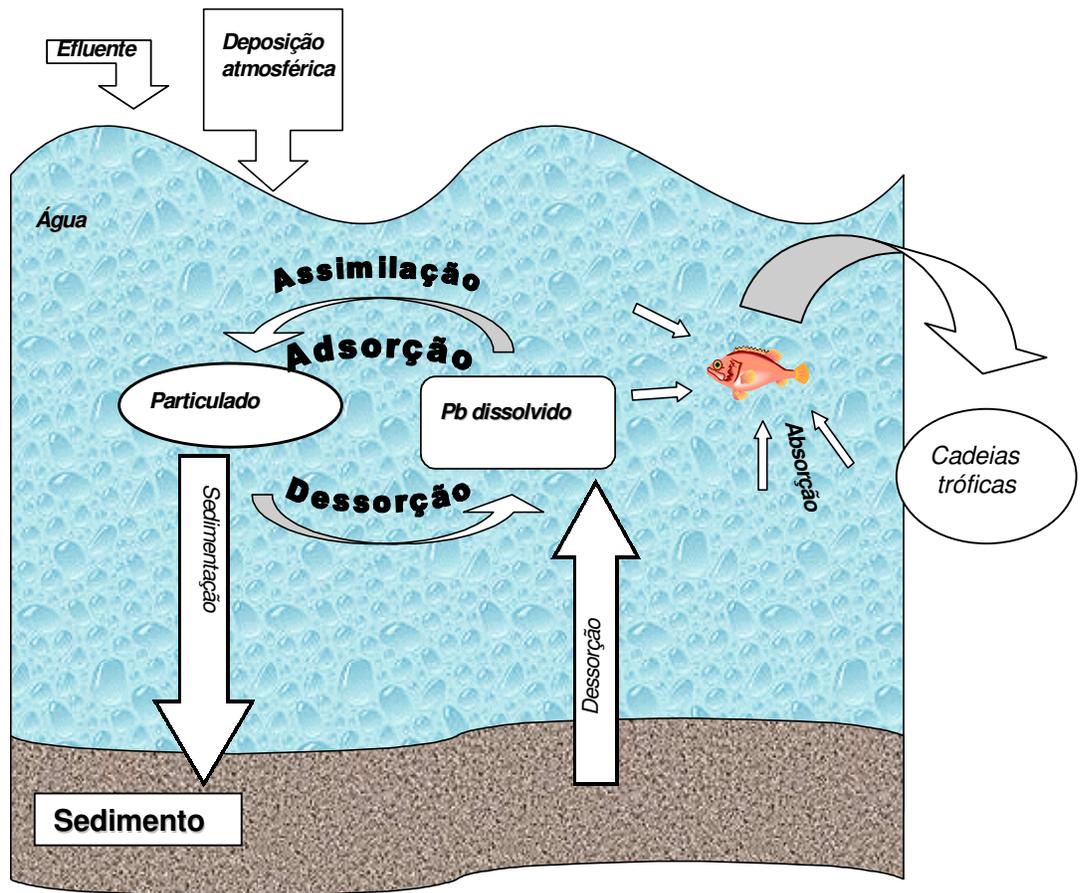
No meio aquático, o chumbo se acumula em espécies vegetais e animais. Os peixes são os maiores componentes dos sistemas aquáticos, têm grande importância econômica e também são importantes para a alimentação, servindo como fonte de proteína animal para o homem (LAWS, 1993). Muitas espécies de peixes estão no topo da cadeia alimentar aquática e podem acumular grandes concentrações de chumbo, representando um risco potencial tanto para sua própria espécie, como para a população consumidora de peixes. Por essas razões, o peixe é importante para a determinação da qualidade química dos organismos aquáticos, particularmente os que contem metais, como o chumbo, em valores que possibilitem riscos para a saúde humana (TUZEN, 2003; USERO et al, 2003). Segundo a portaria 685/98 da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária - o limite máximo de tolerância para chumbo em peixes e produtos de pesca é 2,0 mg/kg. (BRASIL, 1998).

#### ***2.4. Chumbo no organismo humano***

A exposição humana ao chumbo ocorre através da ingestão direta da água contaminada ou do preparo de alimentos com esta água. A água para consumo humano deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco a saúde. De acordo com a portaria 518/04 do Ministério da Saúde, o valor máximo permissível de chumbo em água é de 0,01 mg/L para o enquadramento desta nos padrões de potabilidade.

A absorção do chumbo pelo homem pode se dar pelas vias respiratórias, oral ou cutânea. No organismo, o chumbo apresenta efeito acumulativo e causa diversos problemas hepáticos e neurológicos, sobretudo o saturnismo, doença que provoca degeneração óssea e distúrbios no sistema nervoso central. A absorção do chumbo pelo sistema digestivo vai depender de fatores nutricionais tais como a ingestão de cálcio, ferro, fósforo e proteínas, uma vez que a deficiência em um desses nutrientes pode provocar a sua substituição por chumbo nos tecidos celulares (LAWS, 1993). A administração cotidiana de 1mg de Pb é suficiente para determinar a intoxicação pelo metal. Quando absorvido pelo organismo, o Pb entra na circulação sanguínea, combina-se com os glóbulos vermelhos (eritrócitos) e distribui-se por todo o corpo, podendo se manifestar como um tipo de anemia, onde o chumbo inibe a fixação do ferro, reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio dos glóbulos vermelhos (TONG et al, 2000). A Norma Regulamentadora NR-7, portaria n. 24/94 da Secretaria de Segurança e Saúde no trabalho - SSST, estabelece o valor de 40 µg/100mL de Pb inorgânico no sangue, como referência da normalidade para a população não exposta ocupacionalmente (BRASIL, 1994).

O grande perigo da toxicidade do Pb são seus efeitos em crianças. Danos neurológicos causados pela toxicidade podem resultar em deficiência física ou mental. Em mulheres grávidas, quando há deficiência de cálcio, o chumbo o substitui depositando-se nos ossos. Durante a gravidez, o chumbo é mobilizado dos ossos para o sangue e penetra na placenta, afetando o feto, aumentando os riscos de um aborto espontâneo. Mesmo após o parto os problemas continuam, pois o chumbo pode ser absorvido pelo bebê através da amamentação (LAWS, 1993; TONG et al, 2000).



Adaptado de Forstner e Salomons (1984)

FIGURA 1- Comportamento do Chumbo em ecossistemas aquáticos

### **3.0. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA**

O município de Belo Jardim localiza-se no agreste pernambucano a 186 km do Recife, às margens da BR-232 – Rodovia Luiz Gonzaga. Representa um importante pólo econômico da região. Ocupa uma área de 754 km<sup>2</sup> e possui uma população de 68.698 habitantes. (IBGE, 2000)



**FIGURA 2-** Localização da Cidade de Belo Jardim.  
Fonte: < <http://www.cmbj.pe.gov.br>> Acesso em 20/04/2004)

#### **3.1. Clima**

Há um predomínio de um clima quente semi-árido, com estação chuvosa se adiantando para outono, tendo em julho o mês mais frio, com temperatura mínima de 18<sup>0</sup>C. O trimestre mais úmido corresponde aos meses de março a maio, e a temperatura média anual varia entre 22<sup>0</sup>C e 24<sup>0</sup>C. Dados do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) indicam a predominância de

ventos sudestes na região. Belo Jardim destaca-se em relação aos demais municípios da região quanto à precipitação média anual de 800 mm, devido à presença de microclimas, correspondentes aos brejos de altitude formados pelas Serras dos Ventos, o que proporciona ao município a existência, em locais restritos, de um tipo climático sub-úmido, com suprimentos hídricos para os canais de drenagem municipais e a alimentação do Açude Bitury. (CONDEPE, 1988)

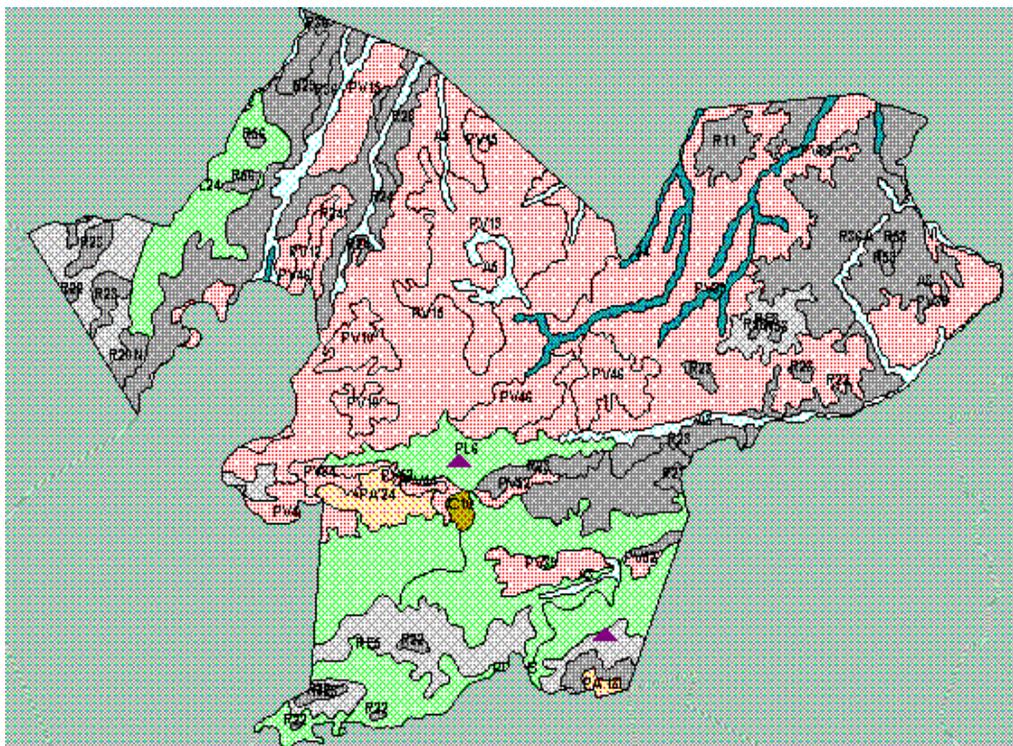
### **3.2. Relevo**

O relevo é fortemente ondulado na maior parte de seu território, onde as cotas médias situam-se em torno de 600 m. As formações montanhosas de maior expressão recebem a denominação local de Serras do Cafundó, e Juçara, no extremo noroeste do município; Serra do Olho D'água, nos limites com Sanharó; na porção centro-norte a Serra do Brejinho (1052m) e Serra do Caboclo (1180 m) – onde se situa o ponto mais alto do território municipal – Serra do Vento e, no extremo nordeste, a Serra Queimada. Na porção centro sul ocorre uma depressão com altitudes em torno de 300 m, onde se localiza o Açude Bitury. (CONDEPE, 1988)

### **3.3. Solos**

Na classificação dos solos do Município de Belo Jardim (Figura2) há uma predominância de PODZOLICOS VERMELHO AMARELO com textura média cascalhenta, representando uma área de 155,53 km<sup>2</sup>. PLANASSOLO (PL) com

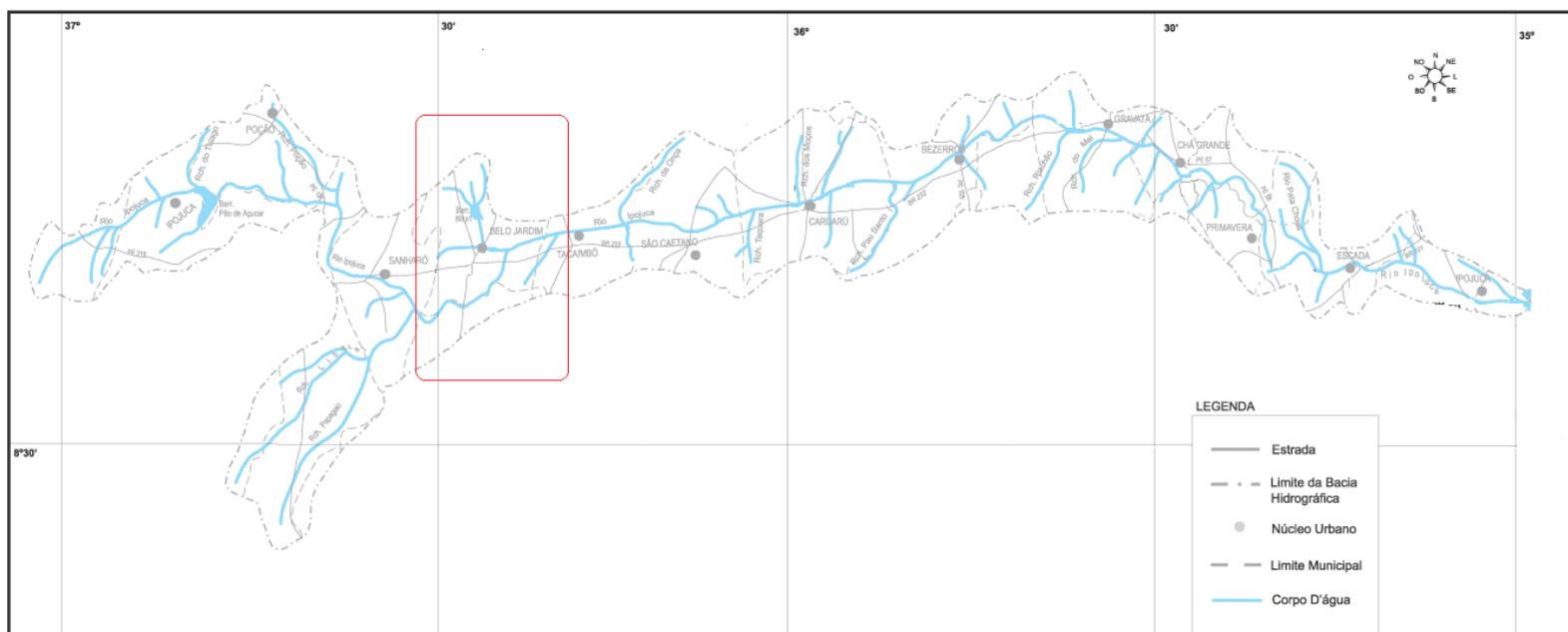
textura argilosa e área 72,09 km<sup>2</sup>. SOLOS LITÓLICOS (R) com textura arenosa e área 92,82 km<sup>2</sup> e REGASSOLOS (RE) com textura argilosa e área 47,13 km<sup>2</sup> (SILVA et al, 2001).



**Figura 3-** Classificação dos solos no município de Belo Jardim.  
Fonte: SILVA et al, 2001

### **3.4. Hidrografia**

Belo Jardim é drenado por rios que formam a bacia do Ipojuca (Figura 3), cujo curso do rio principal apresenta direção oeste-leste. A microbacia mais importante é a do Rio Bitury, que corta o centro urbano da cidade e faz parte do sistema hidrográfico do Rio Ipojuca.



**Figura 4-** Representação gráfica dos corpos d'água da bacia do Rio Ipojuca, com destaque para o município de Belo Jardim  
 Fonte: <<http://www.cprh.pe.gov.br>>

Segundo dados do PNMA II – Plano Nacional de Meio Ambiente, sobre o uso da água da Bacia do Ipojuca por município, Belo Jardim ocupa a quarta posição no uso desta para o abastecimento humano, com um percentual de 11,8%. Enquanto que para fins industriais é o município de maior consumo das águas da Bacia do Ipojuca, com um consumo de 44%. (CHAVEZ e CÂMARA, 2003)

Na região foram construídas duas importantes barragens, uma no Rio Bitury e outra no Rio Ipojuca, para regularizar o abastecimento de água da região, a irrigação e a perenização dos rios e a produção de pescado,

A Barragem do Rio Bitury, denominada como Açude Público Engenheiro Severino Guerra, também conhecida como Açude Bitury (Foto 1), está situada a 3 km ao norte da cidade de Belo Jardim. Esta barragem foi inaugurada em 1960, com capacidade de 17.771.470 m<sup>3</sup>, apresentando uma superfície de aproximadamente 69 km<sup>2</sup>. O maior comprimento do açude encontra-se em torno de 4 km e a maior largura é de aproximadamente 2 km. O Açude Bitury é responsável pelo abastecimento de água do município de Belo Jardim e cidades vizinhas, atendendo uma população de mais de 200 mil habitantes, e do parque industrial do município, além da utilização da água em culturas irrigadas nas suas margens. (SILVA FILHO et al., 1994)

A Barragem do Rio Ipojuca, denominada Pedro Moura, também é conhecida como Açude Belo Jardim (Foto 2). Está situada ao sul da cidade de Belo Jardim. Sua construção foi finalizada em 1999 com capacidade máxima de 30.740.000 m<sup>3</sup>. Também é utilizada para o abastecimento e áreas de culturas irrigadas nas suas margens, e no açude foi desenvolvido a cultura da pesca de espécies nativas e introduzidas. (CHAVEZ e CÂMARA, 2003)



**Foto1** – Barragem do Rio Bitury



**Foto 2** – Barragem do Rio Ipojuca

Além das barragens descritas anteriormente, outros corpos d'água em menor volume, também apresentam importância para a região.

O Açude Inhaúmas (Foto 3), é utilizado para pesca e irrigação de pequenas culturas nas suas margens. Perene, ele recebe influência do Rio Bitury quando há transbordamento deste.

Outro corpo d'água denominado Raiz (Foto 4), que também recebe influência do Rio Bitury, corta propriedades particulares, sendo utilizado para irrigação de culturas diversificadas e consumo animal.

Numa propriedade particular denominada Fazenda João Guerra, localiza-se um açude de mesmo nome, que recebe uma atenção especial, devido a queixas de mortes de animais na propriedade, supostamente por toxicidade causada pelo consumo das águas do açude. Em torno dessa propriedade, localizam-se supostas fábricas de reciclagem de baterias, assim como uma fábrica de munição que utiliza chumbo como matéria prima.

### ***3.5. Economia Local***

Belo Jardim está situada numa zona agrogeográfica onde a produção econômica é bastante diversificada. A instalação de unidades industriais surtiu grande impacto na economia local. Dentre as quais se destaca uma grande indústria de acumuladores e baterias automotivas, cujo produto é de grande aceitação nacional e internacional. Além de várias outras empresas informais de fundição, onde o chumbo é utilizado como matéria prima.



**Foto 3 - Açude Inhaúma**



**Foto 4. Raiz**

Como consequência do desenvolvimento estabelecido na cidade de Belo Jardim, os recursos hídricos da região também são utilizados como receptores de efluentes domésticos e industriais.

Segundo relatório da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH (2003), sobre o monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Ipojuca, as estações de monitoramento localizadas na cidade de Belo Jardim, revelaram o comprometimento da qualidade das águas com valores extremos de 0,0 mg/L de OD e 28,9 mg/L de DBO. A resolução 357/05 do Conselho Nacional do meio Ambiente - CONAMA estabelece valores de DBO até 5 mg/L e OD não inferior a 5 mg/L para águas de classe 2. (BRASIL, 2005)

Além da constatação dos problemas de poluição causados por esgotos domésticos, existe a preocupação de contaminação ambiental causada por efluentes industriais contendo chumbo, decorrente das atividades desenvolvidas na região.

Em estudos realizados entre 1995 e 1996 na região de Belo Jardim, em efluentes líquidos lançados no ambiente por uma indústria de acumuladores, foram encontradas concentrações de 4,0 mg/L de Pb. Segundo a resolução CONAMA 357/05, o nível máximo de chumbo permitido em efluentes líquidos industriais tratados antes de serem lançados nos corpos hídricos é 0,5 mg/L. Em solos desta região a concentração do metal encontrada foi em torno de 25000 mg/kg (ROCHA, 1997). O Valor de referência de chumbo em solo para o estado de São Paulo é 17 mg/kg, e o valor de intervenção para Pb em solo industrial é de 1200 mg/kg (CETESB,2001).

A partir desse estudo, mudanças foram realizadas no tratamento dos efluentes industriais. Porém, não existe, pelos órgãos responsáveis, o monitoramento das concentrações de metais nos ambientes receptores de efluentes, evidenciando assim a importância de um diagnóstico da concentração de metais, em especial o chumbo, nos ecossistemas aquáticos da região, para um programa de monitoramento da área.

## **4.0. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a determinação da concentração de chumbo nos ecossistemas aquáticos da região de Belo Jardim foram analisadas amostras de água de superfície, partículas em suspensão, sedimento de fundo e exemplares de peixes de recursos hídricos da região.

### **4.1. Coleta das amostras**

A fim de realizar um diagnóstico da concentração de chumbo na região, foi efetuada uma coleta de amostras em agosto de 2003.

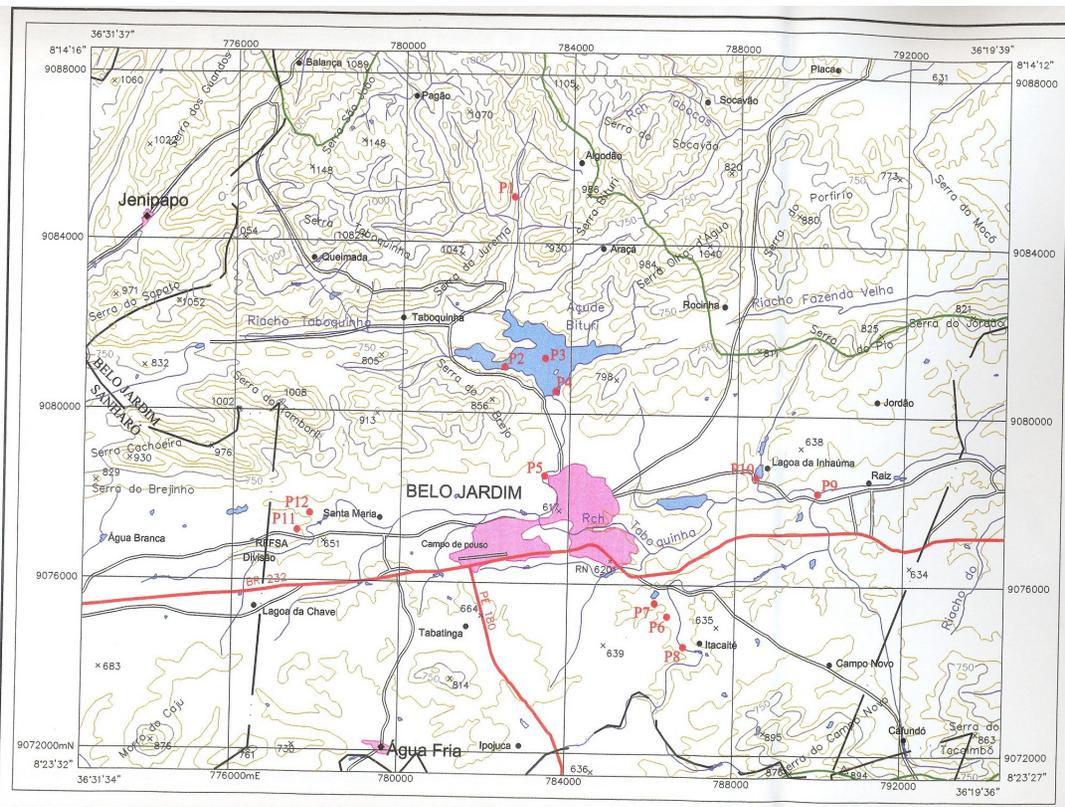
Os pontos de coleta foram georeferenciados por equipamento GPS (*Global Positioning System*). O sistema de posicionamento global permite calcular rapidamente e com exatidão posições na Terra, com base em informações enviadas por satélites.

Nos sistemas hídricos de Belo Jardim, os Rios Bitury e Ipojuca foram utilizados neste estudo pela importância sócio-econômica que exercem na região. Foram selecionados 12 pontos de coleta (Figura 4), concentrando-se nas barragens dos rios Bitury e Ipojuca, devido à importância destas para a região. No rio Bitury foram selecionados quatro pontos, sendo um ponto em uma das nascentes, e 3 na barragem, tomando como referência a entrada, meio e saída do rio na barragem. Além de um trecho do rio que corta a cidade. Na Barragem do rio Ipojuca foram também determinados 3 pontos: entrada, meio e saída do rio na barragem. Outro ponto de amostragem num trecho onde o rio Ipojuca recebe a

influência do rio Bitury. Afora estes dois rios, foram ainda selecionados outros 2 pontos no Açúde Inhaúma e 2 no açude localizado na Fazenda João Guerra, conforme descrito na tabela 1.

**Tabela 1** – Descrição da localização dos pontos de coletas

<b>Ponto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Localização –(coordenadas)</b>
P1	Nascente do Rio Bitury	36°26'05" 08°16'07"
P2	Barragem Bitury - entrada	36°26'10" 08°18'17"
P3	Barragem Bitury - meio	36°25'52" 08°18'28"
P4	Barragem Bitury - saída	36°25'56" 08°18'34"
P5	Rio Bitury no centro urbano	36°25'37" 08°19'40"
P6	Barragem Ipojuca- entrada	36°23'59" 08°21'26"
P7	Barragem Ipojuca - meio	36°24'09" 08°21'16"
P8	Barragem Ipojuca - saída	36°23'46" 08°21'49"
P9	Raiz	36°22'04" 08°19'50"
P10	Açude Inhaúma	36°23'57" 08°20'19"
P11	Fazenda João Guerra	36°28'49" 08°20'25"
P12	Fazenda João Guerra	36°23'57" 08°20'19"



**NOTA DE CRÉDITO**

Base cartográfica extraída das folhas SC.24-X-B-II e SC.24-X-B-III, MI-1368 e MI-1369, respectivamente, escala 1:100.000, produzida a partir de varredura digital dos fatóides cedidos pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército - 3ª Divisão de Levantamento.

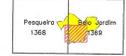
**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**

- Limite Municipal
- Limite Bacia Hidrográfica
- Curva de Nível Mestra
- Curva de Nível Intermediária
- ▲ 470 Ponto Cotado
- ▲ 332 Referência de Nível
- Rede Hidrográfica
- ▲ Açude / Lagoa Perene
- ▲ Lagoa Seca
- Núcleo Urbano
- Distrito
- Localidade
- Estrada Pavimentada
- Estrada Não Pavimentada

**LEGENDA**

- Pontos de Estudo

**Articulação das folhas da SUDENE**



**ESCALA 1:100.000**



Equidistância das Curvas de Nível : 50 metros  
 Origem da quilometragem UTM: EQUADOR E MERIDIANO 39° W.GR°  
 acréscidos as constantes 10.000m e 500km, respectivamente  
 Datum vertical : IMBUBUA - SANTA CATARINA  
 Datum horizontal : CÔRREGO ALEGRE - MINAS GERAIS  
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



ASSOCIAÇÃO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO

MAPA PLANALTIMÉTRICO

BELO JARDIM - REGIÃO DE ESTUDO

DATA: Agosto / 2005	ESCALA: 1/100.000	UNIDADE DE NEGÓCIO: LABGEO
------------------------	----------------------	-------------------------------

FONTE: SUDENE/ITEP

Nota: A Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP, agradece a gentileza da comunicação de falhas e/ou omissões verificadas neste documento. Fone: (0\*\*81)3272.4345/3272.4330.

Para água de superfície foi realizada uma coleta por ponto, sendo um total de 12 amostras. Estas foram coletadas em frascos de polipropileno com capacidade para 1L. A técnica de coleta consistiu em colocar o frasco em contato com a água, lavá-lo várias vezes com a amostra e enche-lo. Para preservar as características, as amostras foram acidificadas a 0,2% com HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico) destilado (APHA, 1995). Os frascos foram devidamente identificados, acondicionados em caixas de isopor contendo gelo, e sob refrigeração, transportados ao Laboratório da Divisão de Análises ambientais do Centro Regional de Ciências Nucleares- CRCN - Recife, onde as amostras foram analisadas.

Os sedimentos foram coletados nos mesmos pontos da água, com exceção do ponto 5, onde só foi possível a coleta da água. A coleta foi realizada com auxílio de um testemunhador, confeccionado com tubos de PVC (Foto 5) pela oficina do IRD-CNEN. Antes da coleta os tubos foram lavados com a água do próprio ponto de amostragem, depois lançados até o fundo do rio, onde o material foi coletado em colunas de aproximadamente 30 cm, tendo-se o máximo cuidado para evitar a mistura dos horizontes do sedimento, de modo a preservar a temporalidade da deposição. Foi realizada uma coleta por ponto, com um total de 12 testemunhos. Ainda no local de coleta, os testemunhos foram extraídos do tubo e retalhados com ajuda de espátula plástica, em perfis de aproximadamente 2,0 cm. Perfis de sedimento são usados porque eles muitas vezes indicam a seqüência histórica da intensidade da poluição (FORSTNER, 1987). Logo após, os perfis foram acondicionadas em potes de polipropileno, identificados, e transportados da mesma forma que a água.

## Processo de coleta das amostras de sedimento



**Foto 5** - Coleta de sedimento usando testemunhador



(6)

(7)

**Foto 6** - Tubo PVC contendo o sedimento  
**Foto 7**- Anel de medida da fração 2 cm



(8)

**Foto 8** - Separação dos sedimentos em perfis 2 cm

Para a coleta nas barragens foi necessário o uso de um barco, gentilmente cedido pela associação de pescadores de Belo Jardim.

A coleta de peixe foi realizada por pescadores da região nas barragens Bitury e Ipojuca e do Açude Inhaúmas. Durante o período foram coletados exemplares de peixe Tilápia (*Tilápia rendalli*), Traíra (*Hoplias malabarica*), Cascudo (*Loricariichthys platymetopon*), e Piaba (*Astianax ssp.*). Os peixes foram acondicionados em sacos plásticos, identificados e transportados da mesma forma que as demais amostras.

#### **4.2. Preparação das amostras**

No laboratório as amostras de água foram filtradas à vácuo (foto 9) para separação do chumbo dissolvido e particulado em suspensão (foto 10), utilizando-se para isto um sistema de filtração com filtros de acetato de celulose 0,45 µm, previamente pesadas. Após a filtração, as amostras de água (fração < 0,45 µm) foram condicionadas em frascos de polipropileno e conservadas sob refrigeração à temperatura  $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$  (APHA, 1995).

Os filtros contendo o material particulado em suspensão (Foto 11), partículas maiores que 0,45 µm, foram acondicionados em placas de Petri, secos em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , pesados e acondicionados em frascos polipropileno. (BARTRAM e BALLANCE, 1996). A determinação do conteúdo do material retido nos filtros foi realizada pela diferença de massa dos filtros antes e após a filtração.



**Foto 9** - Filtração da água com Kit Millipore



**Foto 10** – Filtros 0,45  $\mu\text{m}$  contendo material particulado em suspensão

**Foto 11** - Filtros 0,45  $\mu\text{m}$  contendo material particulado em suspensão após secagem

As amostras de sedimentos foram levados à estufa a 105°C para secagem, peneiradas em peneiras de aço com 63  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. Segundo Forstner (1984) as frações mais elevadas de metais ocorrem nas frações mais finas de sedimento. Depois, trituradas em almofariz e acondicionadas em frascos de polipropileno (CHARLE, 2002; LIMA et al, 2001).

No laboratório os peixes foram limpos retirando-se as escamas, brânquias e nadadeiras. Foram separados os músculos das vísceras (Fotos 12,13,14), e logo em seguida filetados (FREIRE,2001) utilizando-se facas plásticas. O músculo e as vísceras foram homogeneizados separadamente e levados a congelamento. Em seguida as amostras foram liofilizadas, a fim de se obter uma pré-concentração dos elementos através da retirada da água contida nas amostras (USERO et al 2003), uma sublimação que se processa a pressão baixa, através de um alto vácuo. Após a liofilização, as amostras foram trituradas em almofariz e acondicionadas em potes plásticos, devidamente identificados.



**Foto 12 – Peixe traíra**



(13)

(14)

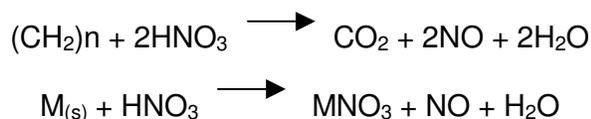
**Fotos 13 - Processo de filetagem**

**Fotos 14 – Vísceras do peixe**

### 4.3 Digestão das amostras

As amostras foram digeridas por ataque ácido, utilizando-se o ácido nítrico, clorídrico, e fluorídrico, combinados ou não.

O ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) é utilizado nos processos de digestões por ser um forte oxidante dissolvendo muitas espécies de metais sob a forma de nitrato, e eficiente na oxidação de matrizes orgânicas:



O ácido nítrico quando usado combinado com o ácido clorídrico (HCl) na proporção 1:3, forma um poderoso oxidante denominado água régia:

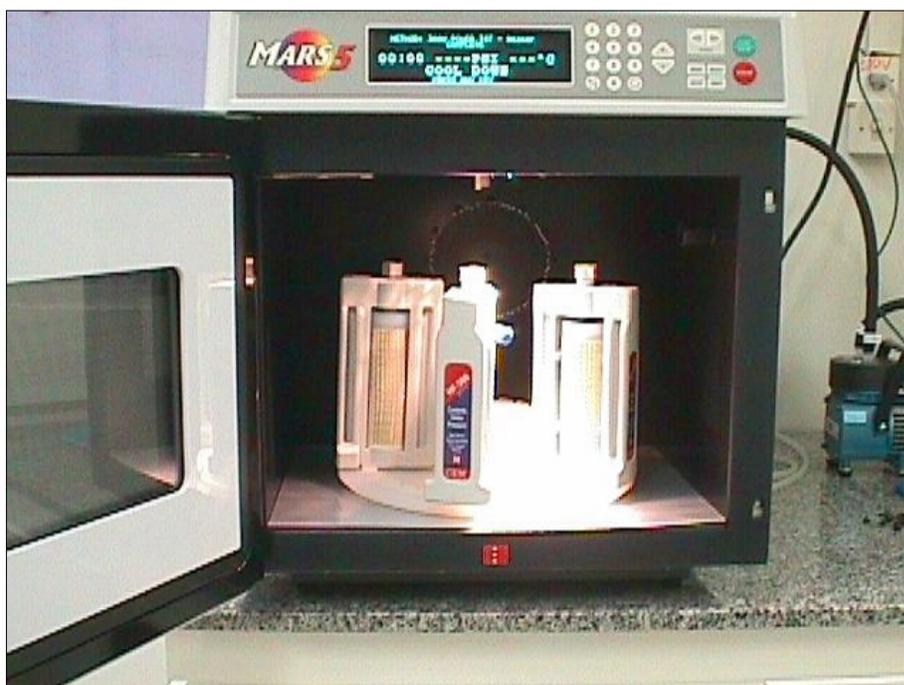


O ácido fluorídrico (HF) é utilizado na digestão de materiais geológicos, pois reage com a sílica presente nessas matrizes, formando substâncias solúveis.



Todas as digestões foram realizadas em forno microondas - Mars-5 CEM (Foto 15), devido a sua maior eficiência, rapidez e minimização de contaminates. (BOAVENTURA E RIBEIRO, 1996). As microondas afetam o meio de digestão e são absorvidas pelas moléculas da amostra. Isto aumenta a energia cinética da

matriz causando seu aquecimento interno que leva a agitação e ruptura da camada superficial do material sólido, expondo sua superfície ao ataque dos ácidos. Normalmente são utilizados frascos de teflon nestes sistemas por serem transparentes às irradiações microondas e inertes a ácidos minerais até temperatura superiores a 200°C. (APHA, 1995).



**Foto 15:** Forno microondas utilizado na digestão das amostras

Soluções “branco” de procedimento foram preparadas juntamente com a digestão de todas as matrizes.

Os filtros, contendo o material particulado em suspensão, foram cortados e colocados nos frascos de teflon do forno microondas, adicionando-se 5 mL de água régia. Os frascos foram fechados, inseridos no equipamento, e iniciado o processo de digestão, como descrito na tabela 2. Ao final da digestão as soluções

foram evaporadas, filtradas para um frasco de polipropileno e diluídas a 25 mL com água purificada em equipamento milli-Q, com resistividade  $18\Omega\text{cm}^{-1}$  (DORNELLES, 2000)

**Tabela 2** – Programação do forno microondas para digestão do material particulado em suspensão de acordo com o método EPA 3015 H –CEM/MARS

Stage	Power		Ramp	PSI	°C	S	Hold
	max	%					
1	1200	100	10:00	300	160	0	00:00
2	1200	75	10:00	300	170	0	00:00

Os metais associados aos sedimentos são classificados como residuais e não-residuais (MOZETO, 2001). Os metais residuais são aqueles que fazem parte da matriz silicatada do sedimento e que se encontram principalmente na estrutura cristalina dos minerais, e os não-residuais aqueles que não fazem parte da matriz silicatada.

Os sedimentos foram digeridos por dois procedimentos diferentes: digestão total utilizando a mistura ácida HF+HNO<sub>3</sub> e uma lixiviação com água régia (3HCl + HNO<sub>3</sub>).

O primeiro processo, de digestão total, seguiu a metodologia 3052 da EPA. (KINGSTON e WALTER, 1992). Por esse processo, inclue-se o chumbo contido na fase residual, que caracteriza a origem geoquímica do metal. Foram pesados em um frasco de teflon, 0,25 g do sedimento seco, e adicionado 9 mL de HNO<sub>3</sub> e 3 mL de HF e levados ao forno microondas, previamente programado (Tabela 3). Ao término da digestão, a solução foi transferida para um frasco de polipropileno e diluída com água ao volume final de 25 mL.

**Tabela 3** – Programação do forno microondas para digestão sedimento de acordo com o método EPA 3052 -CEM/MARS

Stage	Power		Ramp	PSI	°C	S	Hold
	max	%					
1	1200	100	02:00	300	170	0	00:00
2	1200	100	03:30	300	180	0	09:30

Na segunda técnica de extração, foi realizada uma mineralização ácida sem a presença de HF. Estes métodos extraem os elementos traços associados aos carbonatos, hidróxidos de Fe e Mn, matéria orgânica e sulfetos. Nesta fração inclui-se o chumbo de origem antrópica e o seu estudo tem grande importância por representar a fração do metal que pode ser disponibilizado para o meio aquático através do processo de dessorção, solubilização e destruição de complexos. Foram pesadas, em balança analítica com quatro casas decimais, 0,25g da amostra de sedimento nos frascos de teflon, adicionado 8 mL de água régia e levados ao forno microondas, nas mesmas condições que a técnica anterior. Após a digestão as amostras foram evaporadas, filtradas e diluídas ao volume final de 25 mL. (DORNELLES, 2000; JESUS, 2004)

Para as amostras de peixes (víscera e músculo), foram pesados 0,5g da matéria seca diretamente nos frascos de teflon do microondas e adicionado 5 mL de HNO<sub>3</sub> segundo a metodologia indicada pelo fabricante do microondas – CEM/MARS- (Tabela 4). Ao término da digestão, as soluções foram evaporadas e retomadas com água até volume de 20 mL (BERVOETS, 2003).

**Tabela 4** – Programação do forno microondas para digestão de peixe – *oyster tissue* - CEM/MARS

Stage	Power		Ramp	PSI	°C	S	Hold
	max	%					
1	1200	100	20:00	300	200	0	10:00

#### **4.4. Análise das amostras**

Após a abertura, foram determinadas as concentrações de chumbo nessas matrizes, utilizando-se a técnica de espectrometria de absorção atômica (Foto 16) por chama (FAAS) e forno de grafite (GFAAS), utilizando equipamento Varian modelo GTA 110, com lâmpada de catodo oco operando em 10mA e comprimento de onda 283,3nm.



**Foto 16:** Espectrômetro de Absorção Atômica

Na técnica de absorção atômica, a solução a ser analisada é aspirada e convertida em aerossol, este se mistura com um gás combustível (acetileno) e um gás oxidante (ar ou óxido nítrico) e fluem para o atomizador (chama ou forno de grafite), onde à elevada temperatura, o solvente é evaporado e as pequenas partículas que se formam são fundidas e vaporizadas. O vapor é constituído por uma mistura de compostos que tendem a decompor-se em átomos. A radiação de uma fonte característica do elemento a ser determinado atravessa o sistema de atomização, onde parte dessa luz é absorvida pelos átomos do analito, e o grau de absorção será proporcional à quantidade de átomos livres presentes na chama, obedecendo a Lei de Lambert- Beer (VOGEL, 1986).:

$$\text{ABSORBÂNCIA} = \log I_0 / I_t = K.C.L.$$

Onde:

$I_0$  = intensidade da radiação incidente emitida pela fonte de luz;

$I_t$  = intensidade da radiação transmitida (quantidade não absorvida)

C = concentração da amostra (átomos livres)

K = constante de proporcionalidade.

L = caminho óptico

A região do espectro a ser lida é isolada por um monocromador, cujo sistema contém uma célula fotomultiplicadora que registra um sinal que será processado digitalmente para exprimir os resultados. (VOGEL, 1986).

Como acessório do Espectrômetro de Absorção Atômica, o forno de grafite (FGAAS) é uma técnica de alta sensibilidade, em que a energia necessária para a atomização é conseguida passando-se uma alta corrente elétrica através de um tubo de grafite onde a amostra é colocada. O forno é alinhado em uma

posição do espectrofotômetro, de modo que a luz proveniente da fonte passe no centro do tubo. O vapor atômico gerado da amostra pelo aquecimento do forno (~3000°C) absorve a luz da lâmpada. (VOGEL, 1986).

#### 4.4.1. ANÁLISE DA ÁGUA

As amostras de água foram analisadas por GFAAS, utilizando-se tubos de grafite Varian com plataforma. A curva de calibração de 1,5 a 20 µg/L foi obtida utilizando diluições de padrão de Pb MERCK 1000 mg/L. Os resultados foram expressos em µg/L. A tabela 5 mostra o programa de aquecimento utilizado para esta análise.

**Tabela 5** - Programa de aquecimento para determinação do Pb por GFAAS em água

<b>Etapas</b>	<b>Temp (°C)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Fluxo (L/min)</b>	<b>Tipo de gás</b>	<b>leitura</b>
1	85	5	3	Normal	não
2	95	40	3	Normal	não
3	120	10	3	Normal	não
4	600	5	3	Normal	não
5	600	2.1	3	Normal	não
6	600	2.1	0	Normal	sim
7	2100	1	0	Normal	sim
8	2100	2	0	Normal	sim
9	2100	2	3	Normal	sim

#### 4.4.2 ANÁLISE DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO

As amostras de material particulado em suspensão foram analisadas também por GFAAS, utilizando tubos de grafite Varian com plataforma. Foi obtida uma curva de calibração utilizando diluições de 10 a 100 µg/L partindo de padrão de Pb MERCK 1000 mg/L. Foi utilizado como modificador de matrix uma solução

de ácido fosfórico 1000 mg/L. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}/\text{kg}$  em peso seco. A tabela 6 mostra o programa de aquecimento utilizado para esta análise.

**Tabela 6** - Programa de aquecimento para determinação do Pb por GFAAS em material particulado

<b>Etapas</b>	<b>Temp (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Fluxo (L/min)</b>	<b>Tipo de gás</b>	<b>leitura</b>
1	85	5	3	Normal	não
2	95	40	3	Normal	não
3	120	10	3	Normal	não
4	600	5	3	Normal	não
5	600	1	3	Normal	não
6	600	2	0	Normal	não
7	2100	1	0	Normal	sim
8	2100	2	0	Normal	sim
9	2100	2	3	Normal	sim

#### 4.4.3. ANÁLISE DOS PEIXES

As amostras de peixes também foram analisadas por GFAAS e reta de calibração utilizou diluições de 5 a 50  $\mu\text{g}/\text{L}$  partindo de padrão de Pb MERCK 1000 mg/L. Foi utilizado como modificador de matrix uma solução de ácido fosfórico 1000 mg/L. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}/\text{kg}$  em peso seco. A tabela 7 mostra o programa de aquecimento utilizado para esta análise.

**Tabela 7** - Programa de aquecimento para determinação do Pb por GFAAS em amostras de peixes

<b>Etapas</b>	<b>Temp (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Fluxo (L/min)</b>	<b>Tipo de gás</b>	<b>leitura</b>
1	85	5	3	Normal	não
2	95	40	3	Normal	não
3	120	10	3	Normal	não
4	600	5	3	Normal	não
5	600	3	3	Normal	não
6	600	2	0	Normal	não
7	2100	1	0	Normal	sim
8	2100	2	0	Normal	sim
9	2100	2	3	Normal	sim

Os resultados obtidos nas análises dos metais nos peixes foram avaliados considerando a legislação brasileira (BRASIL, 1998) Na análise das espécies foram considerados os músculos (filé) como parte comestível e víscera como subproduto.

#### 4.4.4. ANÁLISE DOS SEDIMENTOS

Em virtude de problemas com o sistema injetor do forno de grafite, as amostras de sedimentos foram analisadas por chama tipo ar/acetileno, a reta de calibração foi preparada partindo-se de padrão de Pb merck 1000 mg/L, em diluições sucessivas de 0,10 a 10 mg/L. Os resultados foram expressos em mg/kg em peso seco. Quando necessário ocorreram diluições das soluções e novas leituras das amostras cujas concentrações extrapolaram a reta de calibração.

##### *4.4.4.1 Determinação do teor matéria orgânica*

Foi determinado o teor de matéria orgânica nos perfis de sedimentos visto que diferentes formas da desta, como detritos, organismos vivos e cobertura de partículas, podem conter metais traços através de processo de sorção, complexação ou de bioacumulação. Segundo Forstner & Wittmann (1981) as substâncias orgânicas dissolvidas são capazes de:

- Complexar metais e aumentar a solubilidade destes
- Alterar a distribuição entre as formas oxidada e reduzida dos metais
- Reduzir a toxicidade do metal e alterar a disponibilidade para a vida aquática
- Influenciar a extensão para o qual os metais são adsorvidos na matéria suspensa

- Afetar a estabilidade do metal contaminante

O teor de matéria orgânica nos sedimentos foi obtido gravimetricamente, seguindo o procedimento APHA (1995). Foram pesados em torno de 4 g de sedimento seco em cadinhos de porcelana e incinerados em mufla a 550°C por 4h, após resfriamento foram pesados novamente e os resultados expressos em porcentagem, utilizando-se a seguinte equação:

$$\% \text{ MO} = [100 * (P_0 - P_1) / P_0]$$

onde:

P<sub>0</sub> = massa de sedimento pesada inicialmente

P<sub>1</sub> = massa de sedimento restante após a incineração

#### **4.5. Controle de qualidade das medidas**

Em todos os processos de tratamento das amostras, foram empregados ácidos com alto grau de pureza (*sub-boiling* e suprapuro MERCK) e água padrão milli-Q (18,2 Ω.cm<sup>-1</sup>). As soluções foram preparadas utilizando-se micropipetas automáticas com ponteiros descartáveis, manuseadas em capela de fluxo laminar e sempre fazendo uso de luvas, minimizando assim os riscos de contaminação das amostras. As pesagens foram realizadas em balança analítica com quatro casas decimais

Todos os materiais utilizados (vidrarias, materiais plásticos, etc.) foram descontaminados, sendo imersos em solução detergente extran neutro a 5% por

8 hs, enxaguando-se com bastante água, e novamente imersos em solução ácido nítrico 10% por 12 hs, enxaguando-se novamente e seco em capela de fluxo laminar. Depois os materiais foram embalados em filme plásticos e guardados em local limpos.

A exatidão das medidas foi determinada usando materiais certificados de referência da SPEX: WP15 - *Trace Metals 1* e EP8 - *Primary Water Metals*, NIST: SRN 2976 – *Mussel Tissue* e NIST SRN 2711 – *Montana Soil*, que foram digeridos e analisados seguindo as mesmas metodologias que as amostras em estudo. Calculando-se o erro relativo (ER), expresso em percentagem, através da expressão:

$$ER = \frac{X_v - X_{Lab}}{X_v} * 100$$

Onde:

$X_{lab}$  = valor obtido experimentalmente ou média aritmética de valores obtidos

$X_v$  = valor aceito como verdadeiro (valor certificado do CRM)

Para a precisão dos resultados, todas as amostras foram analisadas em triplicata e a concentração calculada como a média aritmética desses resultados, com desvio padrão < 10% (INMETRO,2003).

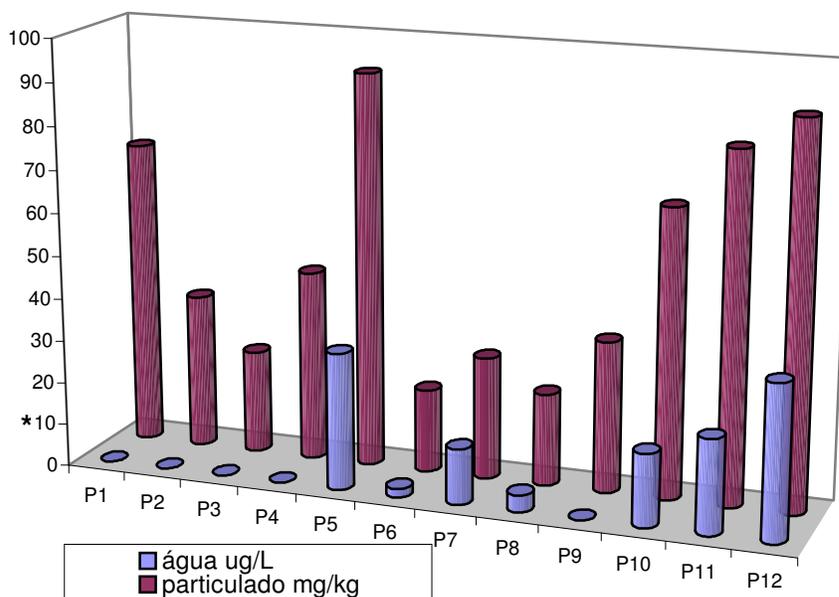
O limite de detecção foi determinado como sendo 3 vezes o desvio padrão da análise de dez soluções brancos. (INMETRO,2003).

Com base nos resultados dos sedimentos ainda foi utilizada a análise multivariada exploratória dos dados, modelo estatístico que considera a correlação entre muitas variáveis analisadas simultaneamente, permitindo a

extração de uma grande quantidade de informação. Foi empregada a Análise de Componentes Principais (ACP), uma técnica de redução de dimensionalidade que permite projetar o máximo de informação no menor número possível de dimensões não correlacionadas (MATOS et al., 2003; LOSKA E WIECHULA, 2003). Para realização do tratamento estatístico os dados originais foram dispostos na forma de uma matriz representada pelos 11 pontos de coleta e as determinações de Pb total, lixiviado, e matéria orgânica nos perfis do sedimento, utilizando para isto o programa Statistic (STATISTICA, 1996). Observando o gráfico dos escores e dos pesos resultantes dessa análise, pode-se identificar associações tanto entre os pontos de amostragem como entre variáveis.

## 5.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A contaminação da água pelo chumbo tem sido objeto de várias pesquisas. A presença de metal em água não é baseada apenas no Pb dissolvido mas também no material suspenso particulado. Os resultados para as amostras de água coletadas para este estudo estão mostrados no gráfico da Figura 5



\* Limite máximo de Pb para águas de classe 2: 10  $\mu$ g/L. (BRASIL, 2005)

**Figura 6** – gráfico da concentração de Pb em água de Belo Jardim

As concentrações de Pb encontradas na forma dissolvida (tabela 10) apresentaram valores abaixo ou próximos dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira para águas de classe 2, de 0,01 mg/L (BRASIL, 2005). Em alguns pontos, as concentrações ficaram abaixo do limite de detecção do método analítico (0,00052 mg/L), sugerindo que tal elemento não está presente na forma

mais disponível aos organismos aquáticos. Esses valores não detectados não refletem exatamente a concentração existente do elemento em questão, mas indicam que sua concentração é baixa.

Analisando e comparando os resultados neste estudo com os demais estudos da literatura, observa-se que, de maneira geral, os valores concordam com os encontrados por outros autores em diferentes locais. Brayner (1998), em estudo no Rio Capibaribe encontrou valores  $< 0,09$  mg/L de Pb dissolvido na água. Tomazelli (2003), em estudo de seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo, determinou concentrações de Pb dissolvido  $< 0,08$  mg/L.

Concentrações pouco superior ao limite permitido pelo CONAMA foram encontrados no Rio Bitury, no ponto do centro urbano da cidade (P5) e na fazenda João Guerra (P11 e P12), o que chama atenção para um monitoramento nesses pontos em que ocorre grande influência antrópica.

Nos demais pontos, mesmo que os resultados encontrados estejam em conformidade com a legislação, é importante salientar que os sistemas muito poluídos por chumbo apresentam baixas concentrações do metal na forma dissolvida (BERVOETS e BLUST, 2003). Daí a importância da análise de outras matrizes junto com as análises do chumbo dissolvido na água.

É o caso do rio Bitury, que embora apresente concentrações significativas de chumbo em material particulado não foram detectadas concentrações de Pb dissolvido, O mesmo acontece no ponto P9 que representa Raiz.

Assim como teores de chumbo dissolvidos, altas concentrações de Pb em material particulado em suspensão foram encontradas nos açudes Inhaúmas e João Guerra, bem como no ponto do Rio Bitury que corta a cidade.

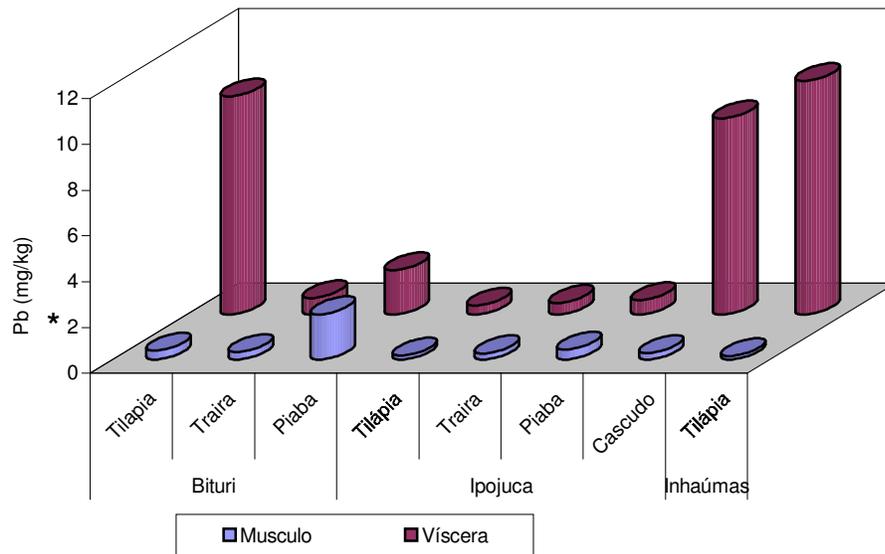
Os resultados das concentrações de Pb para material particulado em suspensão, foram inferiores à medida global (SOLOMONS e FORSTNER, 1984) em todas as amostras analisadas comparando-se com os dados listados na tabela 8,

**Tabela 8.** Concentração média de Pb em material particulado em suspensão de alguns rios do Brasil, e média global.

<b>Local</b>	<b>Pb (mg/kg)</b>	<b>Referência</b>
Rio Paraíba do Sul	88	Salomão , 1999
Rio Piracicaba	77	Tomazzeli, 2003
Rio Mogiguaçu	36	
Média global	150	Salomons e Forstner, 1984

A análise e interpretação dos dados de concentração dos metais em peixes apresenta alguns cuidados. Além dos aspectos relativos às diferenças entre as espécies e o percurso realizado por esse animal deve-se considerar a influência de fatores físico-químicos que afetam a concentração e disponibilização dos metais nos ambientes aquáticos.

As concentrações de chumbo analisadas em músculos e vísceras de quatro espécies de peixes, coletadas em três açudes, são mostradas nos gráficos da Figura 6.



\* Limite máximo de Pb em pescados: 2 mg/kg.(BRASIL, 1998)

**Figura 7** – gráfico das concentrações de Pb em peixes

Observando os valores encontrados, percebe-se que em três, das quatro espécies estudadas a concentração de Pb no músculo é consideravelmente mais baixa que as encontradas nas vísceras. O acúmulo de chumbo nas vísceras pode ser devido a grande tendência de esse elemento reagir com grupamentos presentes em proteínas existentes em grandes quantidades nesta parte do organismo dos peixes. Tais verificações estão de acordo com diversos estudos (USERO et al, 2003; KARADEDE, 2003; FREIRE, 2001)

A concentração de chumbo encontrada nas vísceras não oferece riscos a população, uma vez que não representam a parte comestível dos peixes. Entretanto, este fato determina as espécies como bons indicadores de Pb presente nos ambientes aquáticos.

Os resultados obtidos nas análises do músculo dos peixes, apresentaram-se dentro dos limites máximo de tolerância para contaminantes inorgânicos em pescados, estipulado em 2 mg/kg (BRASIL,1998), o que indica que as espécies de peixes estudadas não oferecem riscos de contaminação para a população.

Há uma diferença significativa da concentração de chumbo de acordo com os hábitos alimentares dos peixes analisados, sendo o maior teor em peixes que se alimentam de fundo que os que se alimentam de outros peixes (BOLDRINI e PEREIRA,1987). Tal verificação foi constatada nesse estudo:

A Tilápia (*Tilapia rendalii*) é um peixe de regime alimentar preferencialmente planctófago, ou seja; alimenta-se de algas e vegetais superiores (PEREIRA, 1992). Nessa espécie foram encontradas a maiores concentrações de chumbo em vísceras.

O Cascudo pertence à família *Loricariidae*, espécies de peixes que vivem no fundo de rios rochosos de água doce e alimentam-se de algas e lodo presentes em pedras.Possui importância ambiental, atuando na fase de pré-mineralização da matéria orgânica do lodo. (QUEROL et al., 1996). Espécie que também apresentou alta concentração de chumbo nas vísceras.

Na Traíra (*Hoplias malabarica*), que tem como principal característica ser um peixe carnívoro, predador (PEREIRA, 1992), não foram encontradas concentrações relevantes de chumbo nos músculos ou vísceras.

A piaba (*Astianax ssp.*) é uma espécie que alimenta-se de vários itens vegetais e animais (PEREIRA, 1992). Nos peixes dessa espécie as concentrações de chumbo encontradas no músculo foram bem próximas as

encontradas nas vísceras. Os teores encontrados estiveram dentro do limite permitido pela ANVISA, o que chama atenção para o risco de consumo dessa espécie.

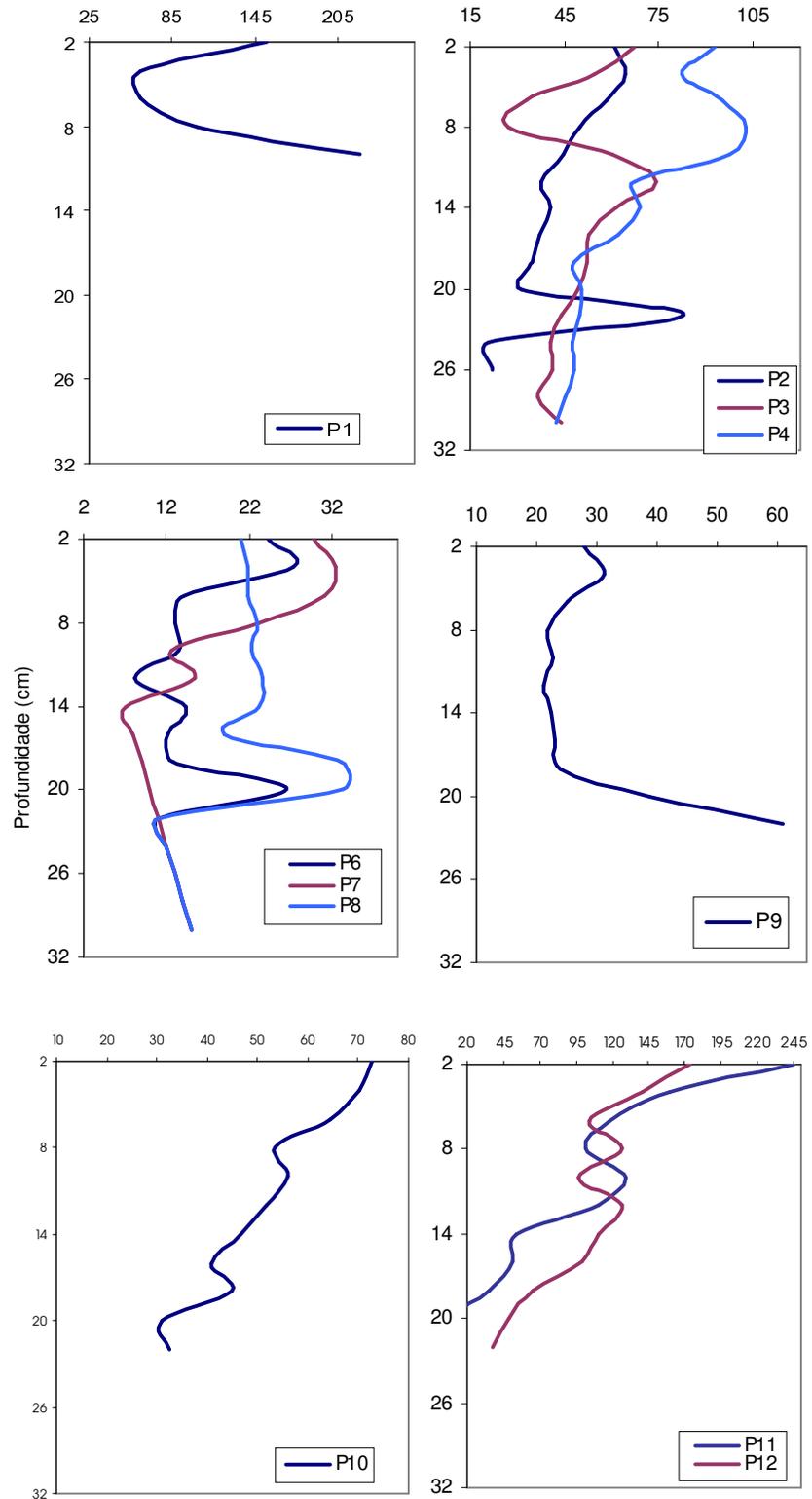
O sedimento é um compartimento que tem sido cada vez mais utilizado em estudos de avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos, por ser considerado um sítio integrador, que apresenta a propriedade de estocar nutrientes, metais e substâncias orgânicas, e redistribuir estas espécies químicas à biota aquática ou mesmo à coluna d'água.

As amostras de sedimentos coletadas, foram analisadas e obtidos resultados para concentração de chumbo da digestão por lixiviação (tabela 12) e total (tabela 13), além do teor de matéria orgânica (tabela 14) em todos os perfis de profundidade.

Existem valores orientadores para material dragado de rios, para disposição em ambientes aquáticos: Resolução CONAMA 344/04 (BRASIL, 2004). Nessa resolução são estabelecidos dois níveis baseados na probabilidade de efeito tóxico a organismos aquáticos, os quais foram estabelecidos por estudos do Environment Canada. Esses níveis, para chumbo em sedimentos de água doce são: nível 1 (baixa probabilidade de efeitos adverso a biota) 35 mg/kg (peso seco) nível 2 (provável efeitos adverso a biota) 91,3 mg/kg (peso seco).

Comparando-se as concentrações de Pb nos sedimentos estudados, com os valores estabelecidos pelo CONAMA observou-se que a maioria dos pontos encontraram-se extremamente impactados, com valores de Pb de provável efeito aos organismos bentônicos.

Pb (mg/kg)



**Figura 8** – gráficos da concentração de chumbo em sedimentos de recursos hídricos de Belo Jardim: Nascente Bitury (a), Barragem Bitury (b), Barragem Ipojuca (c), Raiz (d), Açude Inhaúma (e), Açude João Guerra (f)

Ao ser demarcado o ponto 1 a nascente do Rio Bitury, era esperado que o valor determinado para o chumbo apresentasse uma concentração chamada de natural (background), ou seja; a faixa de concentração servisse como referência para comparação com outros locais amostrados, por se tratar de uma região protegida, onde não há indícios de influências industriais ou urbanas. Entretanto, foram observadas concentrações muito acima do estabelecido pelo CONAMA.

A nascente apresenta um comportamento distinto dos outros pontos, observa-se um decréscimo na concentração de Pb a partir dos 4 cm de profundidade, e voltando a aumentar a partir dos 8 cm, o que pode indicar uma parada na operação das fontes poluidoras que emitem o metal

Tais informações poderiam ser confirmadas utilizando a técnica de datação (CAZZOTTI e MOZETO, 2002; CARVALHO, 2001). Além disso também não há dados sobre a taxa de sedimentação dos corpos d'água estudados, dificultando assim a interpretação desses resultados.

Além das nascentes, concentrações consideráveis do metal foram encontradas nos sedimentos da barragem do Rio Bitury (P2,P3,P4) e Inhaúmas (P10). Nos gráficos que representam estes pontos (Figura 7), pode-se visualizar a diminuição da quantidade de chumbo com a profundidade. A semelhança do comportamento do metal nos sedimentos destes dois açudes indica a ligação existente entre eles.

No açude da fazenda João Guerra (P11,P12) foram encontrados concentrações de Pb extremamente altas nas primeiras frações de sedimento, evidenciando uma contribuição recente de emissão do metal na localidade.

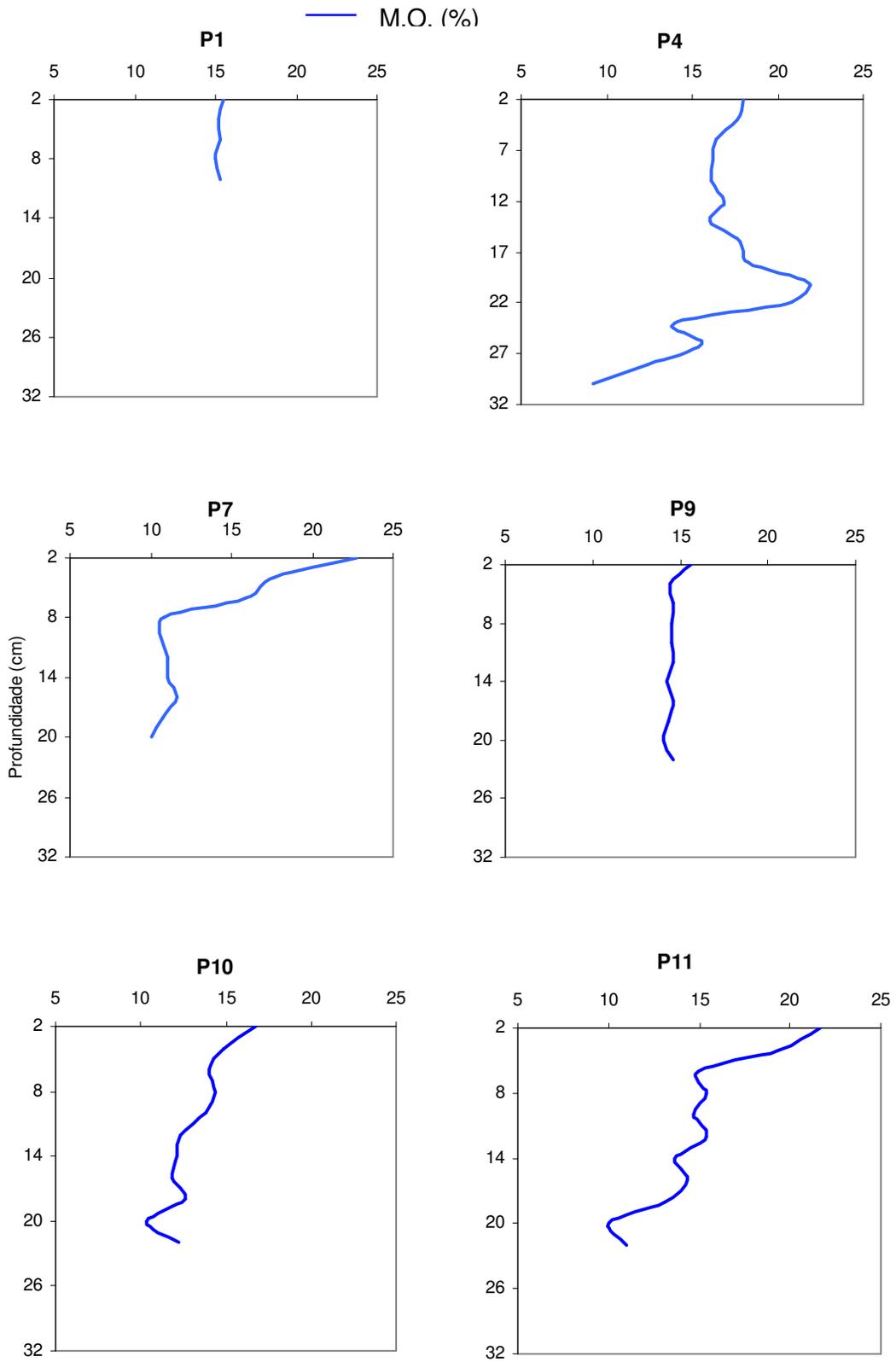
A distribuição vertical do Pb foi bastante afetada pela distribuição de matéria orgânica. Nos gráficos da Figura 8, pode-se observar que as maiores concentrações de Pb encontram-se nos primeiros intervalos de profundidade, onde os sedimentos são ricos em matéria orgânica. Com exceção do ponto 1, e 9 onde a matéria orgânica é constante em toda profundidade estudada

Os teores de matéria orgânica contidos nos sedimentos foram da ordem de 6 a 23%, sendo, considerados os substratos ricos em M.O. os que apresentam valores acima de 10% de peso seco (CETESB, 2001). Isto demonstra a contribuição de entrada do material de origem antrópica tais como uso e ocupação do solo, despejos domésticos, industriais e agrícolas.

A biodisponibilidade dos contaminantes nos sedimentos está associada a seu comportamento de partição com a matéria orgânica presente, além dos processos adsortivos que ocorrem entre o Pb e as partículas de granulação fina, como as argilas. Os metais de associação fraca que comumente se encontram ligados ao sedimento, podem ser facilmente rompidos pela biota, é que recebem a denominação de biodisponíveis. (FORSTNER e WITTMAN, 1983).

A barragem do Rio Ipojuca (P6,P7,P8), embora apresentasse maior teor de matéria orgânica nos sedimentos, apresentou menores concentrações de chumbo que os outros pontos. Tal fato pode ser atribuído à barragem ser muito recente, e por isso não tenha aportado grande quantidade do metal.

No ponto que representa Raiz (P9), percebe-se relevante diferença entre as baixas concentrações encontradas na superfície com os altos teores que ocorreram nos perfis mais profundos. Isto é um indício que não existe mais o processo de poluição deste corpo d'água por chumbo.



**Figura 9-** gráficos do teor de matéria orgânica obtido em alguns dos pontos estudados

A contaminação por chumbo está muito inclinada para a margens noroeste do município, onde os valores elevados caracterizam região poluída, considerando haver uma predominância de ventos sudeste na região, há indícios de dispersão atmosférica do contaminante.

#### Análise de Componentes Principais (PCA)

Os sedimentos foram analisados e obtidos resultados para concentração de chumbo da digestão total e lixiviável, além do teor de matéria orgânica em todos os perfis de profundidade. Tais resultados foram tratados por análise multivariada, utilizando a análise de componentes principais. Duas componentes foram extraídas descrevendo 84% da informação total (tabela 9)

**Tabela 9** – Representação dos parâmetros na PCA

<b>Parâmetros</b>	<b>PC_01 (62%)</b>	<b>PC_02 (22%)</b>
Pb total	<b>-0,566</b>	0,309
Pb lixiviado	<b>-0,594</b>	0,363
M.O.	<b>-0,438</b>	-0,436
profundidade	0,366	<b>0,763</b>

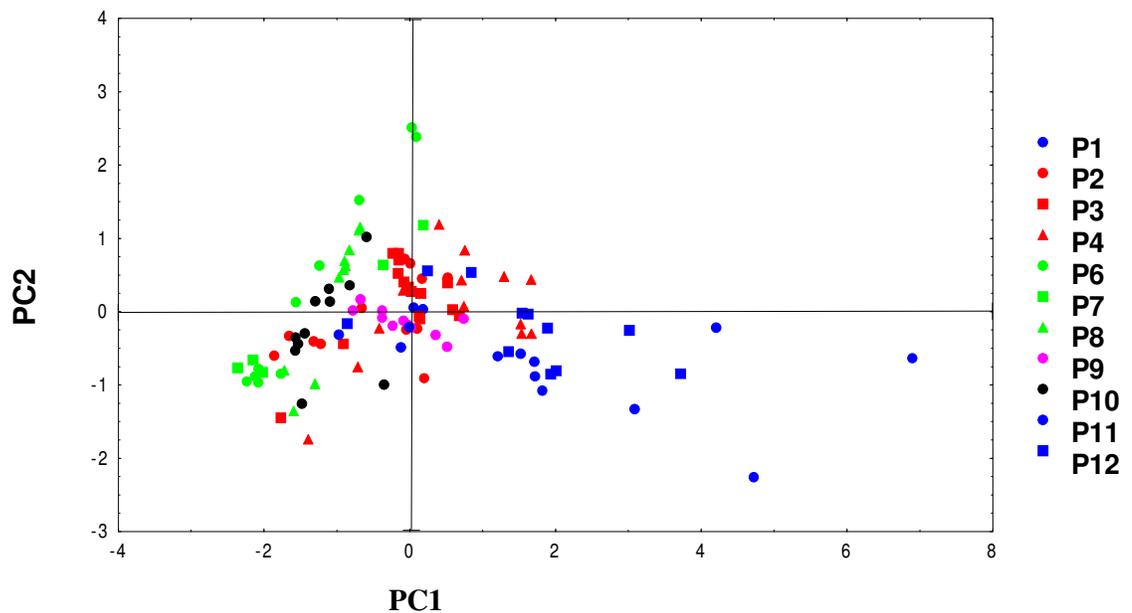
A 1ª componente principal (PC1), descreve 62% da variância total de dados, e é representada pelos parâmetros Pb total, Pb lixiviado e matéria orgânica. O valor negativo desses três parâmetros sugere um efeito antagônico em relação a profundidade. Assim, quanto maior o valor de projeção das amostras nessa componente, maiores os teores de Pb e M.O.

A 2ª componente (PC2) explica 22% das informações e é influenciada pela profundidade, e em menor proporção pela matéria orgânica (sinal -). Assim

quanto maior o valor da projeção da amostra nessa componente, maior a profundidade em que a amostra se encontra.

Devido a grande correlação existente entre o Pb lixiviado e o Pb total, pode-se perceber que não há diferenças entre as metodologias de digestão utilizadas para a análise da concentração do metal nos pontos estudados, e conseqüentemente o chumbo encontrado nos sedimentos não faz parte da matriz silicatada, sendo portanto de natureza antropogênica.

Através do gráfico (Figura 9) pode-se observar que:



**Figura 10.** Gráfico dos escores dos objetos nas duas componentes principais da PCA para análises das amostras dos sedimentos

As amostras P1, P11 e P12, diferenciam-se das outras, particularmente pelo seu alto escore em PC1, o que caracteriza mais altos teores de Chumbo em relação as demais amostras.

As amostras do ponto referentes a barragem do Rio Ipojuca (P6,P7,P8), destacam-se por apresentarem concentrações mais baixas de chumbo que as

encontradas nos outros pontos.

As demais amostras apresentam valores intermediários de escores, tendo os teores de Pb e matéria orgânica relativamente semelhantes.

A análise de componentes principais, confirma então as discussões anteriores.

Diante dos dados observados pode-se afirmar que o chumbo encontrado nos sedimentos dos corpos d'água estudados está essencialmente ligado ao desenvolvimento urbano industrial da região. Não é possível, entretanto identificar as fontes poluidoras. Contudo, podem ser levantadas algumas hipóteses que o chumbo atmosférico origina-se de atividades em que há aquecimento do metal, ou que as escórias de óxidos de chumbo não utilizadas são descartadas sobre a superfície do solo, resultando em uma fonte secundária desse metal na forma de particulado para o ar.

## **6.0. CONCLUSÕES**

Neste trabalho, foi possível alcançar o objetivo traçado inicialmente, sendo caracterizados os teores de chumbo (Pb) nas matrizes ambientais tais como água, sedimento, material particulado, e peixes de recursos hídricos de Belo Jardim.

Especificamente, pode-se concluir que:

- No momento, as águas de alguns açudes estudados apresentam algum risco de contaminação por chumbo para a população, pois, foram encontrados concentrações do metal dissolvido nessa matriz acima dos especificados pelas legislações vigentes, indicando assim a necessidade de um monitoramento para este metal.
- Não foi verificado o risco de contaminação pela ingestão de pescados da região, pois as concentrações encontradas na parte comestível dos peixes apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA.
- Existe uma tendência de maiores concentrações de chumbo no sentido noroeste da região, o que pode indicar a existência de um processo de contaminação atmosférica pelo metal, visto a predominância da direção dos ventos na região.

- Todas as amostras coletadas na Fazenda João Guerra (P11 e P12) apresentaram concentrações consideráveis de chumbo, fundamentando suspeitas de que a causa de mortes de animais dessa fazenda seja devido a contaminação pelo metal

- Os sedimentos foram as matrizes que evidenciaram os mais altos níveis de chumbo, oferecendo um grande risco ao ecossistema, pois este compartimento é capaz de deteriorar a qualidade da água desses ambientes, mesmo após a minimização ou término da emissões do poluente.

- A presença de chumbo nos sedimentos dos rios estudados representa um potencial de degradação continuada desses ambientes mesmo que a coluna d'água e sua biota não apresentem concentrações desse elemento acima daquela prevista na legislação vigente.

- O chumbo aqui analisado pode não representar a fração disponível para a vida aquática, mais sim um compartimento que tem presente em sua composição uma quantidade que por si só expressa o potencial de impacto que as atividades antrópicas tem gerado sobre os corpos d'água, com conseqüências negativas para a sustentabilidade destes ecossistemas.

Assim, os dados obtidos trazem novos conhecimentos sobre a situação ambiental da área estudada, no que se refere à presença de Pb, trazendo subsídios para ações político-administrativas.

## **7.0. SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS**

O presente trabalho também gera outros temas para o desenvolvimento de investigações visando um aprofundamento de novos conhecimentos de pesquisas na região, dentre as quais se pode citar:

- Monitoramento do chumbo, e outros metais, em matrizes como solo e vegetais. Avaliando o fator de transferência desse metal do solo para as culturas, e a possível exposição do homem ao chumbo através da cadeia alimentar.
- Caracterização da dispersão atmosférica desse elemento, verificando as possíveis fontes emissoras.
- Estudo da evolução temporal da poluição por chumbo nos recursos hídricos através de datação dos sedimentos das barragens.
- Determinação de Chumbo em sedimentos de diferentes regiões de Pernambuco, para estabelecer um padrão médio regional.

Por fim, espera-se que este trabalho seja um ponto de partida para estudos e ações que possam contribuir no desenvolvimento sócio-econômico-ambiental do município de Belo Jardim.

## **8.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **8.1. Referência Bibliográfica Citada**

ALLOWAY, B.J., AYRES, DC. **Chemical principles of environment pollution.** Blakie academic & professional, London, 1987.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils.** New York: John Wiley, 1990, 339p.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for determinations of Water and Wastewater.** 19 ed. New York, 1995.

BARTRAM, J., BALLANCE, R. **Water Quality Monitoring:** a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. UNEP/WHO, 1996

BERVOETS, L., BLUST, R. Metal concentration in water, sediment and gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: relationship with fish condition factor. **Environmental Pollution**, v. 126, issue1, p.9-19, Nov 003.

BOAVENTURA, G.R., RIBEIRO, R.L.V. Decomposição de silicatos usando forno de microondas. **Geochimica Brasiliensis**, v. 10, n.2, p. 217-224, 1996.

BOLDRINI C.V.; PEREIRA, D.N. Metais pesados na Baía de Santos e Estuários, **Ambiente**, v3 p.119-127, 1987

BRAYNER, FMA. **Determinação de taxas de retenção de metais traços por sedimento orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estaurina e urbana.** 1998. Tese doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente **Resolução CONAMA n. 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. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acesso em: 10 ago 2004.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 344, de 25 de março de 2004**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acesso em: 16 Set 2004.

\_\_\_\_\_, Ministério da Saúde - ANVISA. **Portaria n. 685, de 27 de agosto de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos". Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm)> Acesso em: 13 set 2003.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego – SSST. **PORTARIA n. 24, de 29 de dezembro de 1994**. Aprova o texto ao disposto na Norma Regulamentadora n.º 7. Disponível \_\_\_\_\_ em <<http://www.mte.gov.br/segsau/ComissoesTri/ctpp/oquee/conteudo/nr7>> Acesso em: 13 set 2003.

CARVALHO, M C. **Investigação de registro histórico da composição isotópica de chumbo e da concentração de metais pesados em testemunhos de sedimentos no lago Água Preta, região metropolitana de Belém – Pará**. 2001. Dissertação de mestrado -Geologia e Geoquímica - Universidade Federal do Pará.

CAZOTTI, R..I., MOZETO, A.A. Cronologia de sedimentos lacustres com 210Pb: Metodologia para aplicação nas barragens do Rio Tietê. **25ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química – SBQ**, 2002.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo : CETESB, 2001.

CHALE, F.M.M. Trace metal concentrations in water, sediments and fish tissue from lake langanyika. **The science of the total Environment**, 115-121, jun 2002.

CHAVEZ, M.B. CÂMARA, E. **Atualização e complementação dos usos da água da Bacia do Rio Ipojuca**. Programa Nacional do Meio Ambiente. Sectma. 2003.

CONDEPE - Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco. Séries Monografias Municipais: **BELO JARDIM**. Recife, 1988.

CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Monitoramento da qualidade da água da Bacia do Ipojuca**. 2003. Disponível em <www.cprh.pe.gov.br/recursoshidricos> Acesso em 15/02/2005

*DINIZ, FB Acumuladores Moura: desenvolvimento tecnológico e meio ambiente.* *Disponível*

<ww.mdic.gov.br/tecnologia/revistas/artigos/200203pe/art08flamarion.PDF>

Acesso em 04 jan 2004.

DORNELLES, L.M.A. **Monitoramento de metais pesados na baía de Sepetiba - RJ - Brasil, com base em geoprocessamento**. 2000. Doutorado em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro

FORSTNER, U. **Applied Environmental geochemistry** editado por Iain Thornton, Academic press Inc (London) 1987

FORSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. New York, Springer-Verlag, 1983.

FREIRE, I. M. G. **Contaminação por metais e qualidade nutricional do pescado oriundo de viveiro da Região Metropolitana do Recife**. 2001. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife

ROCHA S, et al. **Chumbo Grosso: o caso das Baterias Moura**, 1997. Disponível em <<http://www.greenpeace.org.br>> Acesso em 02 julho 2003

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2000**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/censo/default.php>>. Acesso em: 25 julho 2003.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
**ORIENTAÇÕES SOBRE VALIDAÇÃO DE MÉTODOS DE ENSAIOS QUÍMICOS  
DOQ-CGCRE-008** Revisão: 01 – MARÇO/2003

JESUS, H. et al. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estaurino da ilha de Vitória ES. **Química Nova**, vol 27, n.3 378-386 2004.

KARADEDE, H., OYMAK, S.A., ÜNLÜ E, Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. **Environment International**, v 30, Issue 2, p 183-188. April 2004

KINGSTON, H.M., WALTER, P. The art and science of microwave sample preparations for trace and ultratrace elemental analysis. In JARVIS, KE; et al. **Handbook of inductively coupled plasma mass spectrometry**. London: Blakie, 1992. Cap. 2. p. 33-79.

LAWS, EDWARD A, **Aquatic pollution: an introductory text** 3. ed. 1993

LIAGHATI, T., PREDA, M., COX, M. Heavy metal distribution and controlling factors within coastal plain sediments, Bells Creek catchment, southeast Queensland, Australia. **Environment International**, v 29, Issue 7, p 935-948. Jan 2004

LIMA, MC, et al. Especificação de cobre e chumbo em sedimentos do Rio Tubarão (SC) pelo método Tissier. **Química Nova**, vol. 24, n. 6, 734-742, 2001.

LOSKA,L; WIECHULA, D., KORUS, I. Metal contamination of farming soils affected by industry. **Environment International**, v 30, Issue 2, p 159-165. April 2004

MATOS, G.D., et al. Análise exploratória em química analítica com emprego de quimiometria. **Revista Analytica**. n.6 ago/set 2003.

MORSELLI., et al. Heavy metals monitoring at a Mediterranean natural ecosystem of Central Italy. Trends in different environmental matrixes. **Environment International**, V 30, Issue 2, p 173-181. April 2004

MOZETO, A A. **Critérios de Qualidade de Sedimentos (CQS) para Metais Pesados**: Fundamentos teóricos e técnicos para implementação Laboratório de Biogeoquímica Ambiental DQ – UFSCar / São Carlos, SP.2001

PEREIRA, R. **Peixes de nossa terra**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1992

QUEROL, M.V., et al. Estudo preliminar do Cascudo *Loricariichthys platymetopon* (Isbrucker & Nijssen, 1979) (Siluriformes, locariidae) visando seu aproveitamento comercial, na região de Uruguaiana, RS, Brasil. Initial study about *Loricariichthys platymetopon* fish (Isbrucker & Nijssen, 1979) (*Siluriformes, Loricariidae*) in order to it's commercial utilization, in the region of Uruguaiana, RS, Brazil **Revista. Faculdade zootecnia veterinária agrônômica**. Uruguaiana, v. 2/3, n. 1, p. 27-31 jan./dez. 1995/1996

SALOMÃO, M.S.M.B. **Dinâmica de metais pesados nas frações particulada e dissolvida na porção inferior do rio Paraíba do Sul.** 1999. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Fluminense. Rio de Janeiro

SALOMONS, W., FORSTNER, U. **Metals in the hydrocycle.** Berlin, Springer-Verlag. 1984.

SILVA, B.C.E. **CHUMBO.** Balanço Mineral Brasileiro 2003. Disponível em <[http://www.dnrm.gov.br/dnrm\\_legis/balanço03/pdf/chumbo](http://www.dnrm.gov.br/dnrm_legis/balanço03/pdf/chumbo)> Acesso em: 25 jan 2005.

SILVA, F.B.R. , et al. **ZAPE - Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco.** Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-ROM.

SILVA FILHO, A., et al. **Dois estudos básicos na microbacia do Bitury.** Recife: PNUD/FAO/IBAMA/ Governo de Pernambuco, 1994

STATISTICA for Windows, versão 5.1 tulsá: Stasoft, 1996.

TÜZEN, MUSTAFA. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry, **Food Chemistry**, v 80, Issue 1, p 119-123. Jan 2003

TOMAZELLI, A.C. **Estudo Comparativo das concentrações de Cd, Pb e Hg em seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo.** 2003. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo.

TONG, S et al. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. **Bulletin of the World Health Organization**, 2000. p. 1068-1077

USERO J, et al. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. **Environment International**, v 29, Issue 7, p 949-956. Jan 2004,

VOGEL, A. I. **Análise Inorgânica Quantitativa**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986.

## 8.2. Referência Bibliográfica Consultada

ALONSO, M.C.B., et al. Study of cadmium, lead and tin distribution in surface marine sediment samples from Ria de Arousa (NW of Spain). **Analytica Chimica Acta**. V. 524, p. 115-120. March 2004.

ANDRADE, R.C.B, PATCHINEELA.N,. Especificação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. **Química Nova**, v.23, n.6, p.733-736. dez. 2000

ARANA J. V., WALSH E. J., TORRESDEY J. L., Assessment of arsenic and heavy metal concentrations in water and sediments of the Rio Grande at El Paso-Juarez metroplex region. **Environment International**., V29, Issue 7, p957-971. Jan 2004

DUZGOREN N. S., LI D., WONG, S. C. Lead contamination and isotope signatures in the urban environment of Hong Kong. **Environment International**, v 30, Issue 2, p 209-217. April 2004.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Liminologia**. Rio de Janeiro: Interciência,1988.

FILGUEIRAS, A.V., LAVILLA, C., BENDICHO,C. Evaluation of distribution, mobility and biding behaviouir of heavy metals in surficial sdimentos of Louro river

(Galicia, Spain) using chemometric analysis: a case study. **Science of the Total Environment**, v. 2. p.115-129. March 2004.

FYTIANOS K, LOURANTOU A. Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia, N. Greece. **Environment International**, v 30, Issue 1, p 11-17. March 2004,

GARCIA-COBELO, A., PREGO, R. Chemical speciation of dissolved copper, lead, and zinc in a ria coastal system: the role of resuspended sediments. **Analytica Chimica Acta**, v. 524, p. 109-114. May 2004

GISMERA, M.J.; et al. Study of metal fractionation in river sediments. A comparison between kinetic and sequential extraction procedures. **Environmental Pollution**, v 127, Issue 2, p 175-182. January 2004,

JONSSON, et al. Phasing out cadmium and lead – emissions and sediment loads in an urban area. **The science of the total Environment** 292 (2002) 91-100.

MACEDE, J. A. B. **Introdução à Química Ambiental** (química & meio ambiente ), 1ª ed. Juiz de Fora-MG, 2002.

MORAES, RP. **Transporte de chumbo e metais associados no Rio Ribeira de Iguape** 1997. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MOREIRA, R.C.A., BOAVENTURA, G.R. Referência Geoquímica Regional para interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da Bacia do lago Paranoá –DF. **Química Nova**, v. 26, n6, p.812-820, 2003.

MOREIRA, F.R., MOREIRA, J.C. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. **Química Nova**, v.27, n.2, p.251-260. mar./abr. 2004

MUOHI, AW, et al. Heavy metal in sediments from Makupa and Pot-Reitz creek systems: Kenyan Coast. **Environment International**, 2003, n. 28, p. 639-647.

SALIM, M.A.H., ZOHAIR, A. A simple procedure for reducing lead content in fish, **Food and Chemical Toxicology**, v 41, Issue 4, p 595-597, April 2003.

SEKHAR, K., et al. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound heavy metals in Kolleru lake by edible fish. **Environment International**, v 29, Issue 7, p.1001-1008, Jan 2004,.

SEZGIN, N., et al. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway, **Environment International**, v 29, Issue 7, p 979-985. Jan 2004.

SILVA L, MATOS, R.H.R., KRISTOSCH, G. C. Geoquímica e índice de geoacumulação de mercúrio em sedimentos de superfície do estuário de Santos - Cubatão (SP). **Química Nova**, v.25, n.5, p.753-756. set./out. 2002

SOARES, H.M.V.M, et al. Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave river basin (Portugal): multivariate analysis of data. **Environmental Pollution**, v105, Issue 3, p 311-323. June 1999,

STEAD-DEXTER, K., WARD, N.I. Mobility of heavy metals within freshwater sediments affected by motorway stormwater.. **Science of the Total Environment**. p. 334-335. april 2004

SU, D.C., WONG, J.W.C. Chemical speciation and phytoavailability of Zn, Cu, Ni and Cd in soil amended with fly ash-stabilized sewage sludge. **Environment International**, v 29, Issue 7, p 895-900 Jan 2004.

SZEFER, P M., Distribution and relationships of mercury, lead, cadmium, copper and zinc in perch (*Perca fluviatilis*) from the Pomeranian Bay and Szczecin Lagoon, southern Baltic, **Food Chemistry**, v 81, Issue 1, p 73-83. May 2003,

VALENTIM, E. **Sedimentos da Lagoa Olho D'água: geocronologia e acumulação de metais-traços**. 2002. Tese Doutorado -Tecnologia Energéticas Nucleares - Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

VANZ, A., MIRLEAN, N., BAISCH, P. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. **Química Nova**, v.26, n.1, p.25-29. jan./fev. 2003

WÄLLSTEDT, T., BORG, H., Effects of experimental acidification on mobilisation of metals from sediments of limed and non-limed lakes. **Environmental Pollution**, v 126, Issue 3, p 381-391. Fev 2003

YAP, C.K., et al. TOXICITIES AND TOLERANCES OF Cd, Cu, Pb and Zn in a primary producer (*Isochrysis galbana*) and in a primary consumer (*Perna Viridis*). **Environmental Intenational**, v. 29,p. 1097-1104. April 2004

## 8.0. APÊNDICE

**Tabela 10** Concentrações médias de Pb em amostras de água e material particulado em suspensão na água

Pontos	Água (µg/L)	Particulado (mg/kg)
P1	N/d	71,23
P2	N/d	36,05
P3	N/d	24,08
P4	N/d	44,50
P5	32	92,00
P6	2	19,40
P7	13	28,59
P8	4	21,58
P9	N/d	35,33
P10	17	67,25
P11	22	81,27
P12	36	89,11

\*N/d – abaixo do limite de detecção do método empregado

**Tabela 11.** Concentrações médias de Pb (mg/kg) em amostras de peixes

Açudes	Peixes	Músculos	Vísceras
Bituri	Tilápia	0,401	9,523
	Traira	0,343	0,714
	Piaba	1,98	1,934
Ipojuca	Tilápia	0,185	0,403
	Traira	0,279	0,513
	Piaba	0,444	0,63
	Cascudo	0,288	8,566
Inhaúmas	Tilápia	0,158	10,215

**Tabela 12** - Concentrações médias de Pb lixiviável (mg/kg) em amostras de sedimentos.

Profundidade (cm)	Pontos de Coleta							
	P1	P3	P4	P6	P8	P9	P10	P11
0-2	92,1	52,26	86,42	20,12	14,31	20,33	60,92	197,68
2-4	42,2	41,18	77,95	11,72	13,66	24,56	59,85	122,31
4-6	38,35	26,60	85,15	12,06	13,12	20,04	53,05	98,54
6-8	72,15	19,45	90,02	9,41	18,64	17,36	44,48	85,72
8-10	170,18	50,13	88,71	9,16	17,88	17,78	44,92	85,98
10-12		59,16	59,26	7,23	17,74	15,12	40,33	87,64
12-14		55,33	59,47	9,26	17,08	15,35	28,09	48,77
14-16		46,19	58,09	9,17	15,24	16,24	33,57	26,34
16-18		41,47	38,91	10,01	27,13	16,67	34,07	
18-20		33,22	38,36	12,06	27,59	25,42	25,61	
20-22		30,32	38,67			39,76	25,68	
22-24		29,71	37,69					
24-26		30,65	37,08					
26-28		29,59	37,21					
28-30		39,13	35,96					

**Tabela 13** - Concentrações médias de Pb total (mg/kg) em amostras de sedimentos.

Profundidade (cm)	Pontos de Coleta										
	P1	P2	P3	P4	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
0-2	153,28	60,63	67,16	92,61	24,25	29,81	20,92	27,81	72,88	245,34	172,81
2-4	61,85	64,14	54,66	82,53	27,39	32,53	21,97	31,26	70,06	159,69	140,42
4-6	61,63	58,49	33,07	94,95	14,21	31,17	21,85	25,05	64,45	117,79	104,16
6-8	102,66	49,59	26,96	103,01	13,11	23,14	23,01	21,9	53,54	102,26	127,41
8-10	220,35	44,37	60,02	97,65	13,44	12,67	22,37	22,83	55,91	129,5	96,51
10-12		37,71	74,40	67,26	8,17	15,55	23,63	21,25	51,61	110,44	126,63
12-14		40,30	61,19	68,88	14,38	12,35	23,23	22,44	46,54	54,55	110,42
14-16		36,95	52,85	62,14	12,25	15,16	19,06	23,04	40,67	50,93	98,94
16-18		34,63	52,25	47,84	12,93	14,13	33,17	23,90	44,86	35,08	65,03
18-20		31,38	48,95	50,32	26,50		33,34	38,88	30,88		48,85
20-22		82,86	43,74	49,61				60,92	32,34		37,46
22-24		20,85	40,50	47,39							
24-26		21,89	41,09	47,95							
26-28			36,38	45,36							
28-30			43,77	42,25							

**Tabela 14 - Teores de matéria orgânica (%) em amostras de sedimento**

Profundidade (cm)	Pontos de Coleta										
	P1	P2	P3	P4	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
0-2	15,50	14,43	15,73	17,99	20,96	22,77	16,90	15,61	16,70	21,65	17,62
2-4	15,22	14,63	14,89	17,65	20,74	17,67	16,78	14,43	14,87	19,40	18,02
4-6	15,29	16,57	12,85	16,37	17,75	15,89	15,99	14,63	14,02	14,97	15,46
6-8	15,02	16,13	9,47	16,25	15,00	10,88	15,27	14,51	14,41	15,43	15,69
8-10	15,31	15,72	14,99	16,09	13,45	10,61	15,57	14,48	13,81	14,67	16,77
10-12		14,32	15,67	16,84	10,08	11,08	15,43	14,57	12,32	15,41	15,51
12-14		16,37	16,51	16,01	10,26	11,03	14,95	14,23	12,14	13,67	16,76
14-16		16,41	15,78	17,85	10,39	11,65	11,05	14,55	11,89	14,35	16,84
16-18		12,63	15,74	18,26	10,69	10,76	9,91	14,33	12,60	13,10	17,11
18-20		12,59	15,64	21,81	10,93		11,12	14,08	10,31		16,44
20-22		13,33	15,83	20,75				14,57	12,23		13,64
22-24		12,35	16,02	13,96							
24-26		11,54	16,69	15,56							
26-28			16,58	12,36							
28-30			16,49	9,23							

**Tabela 15** -Concentrações médias de Pb encontradas nos CRMs

<b>CRM</b>	<b>Valor Certificado</b>	<b>Valor Obtido no Laboratório</b>	<b>Erro Relativo</b>
SPEX: EP8 - <i>Primary Water Metals</i>	10,00 mg/L	9,49 mg/L	5,10%
NIST: SRN 2976 - <i>Mussel Tissue</i>	1,19 mg/kg	1,09 mg/kg	8,40%
NIST SRN 2711 - <i>Montana Soil</i>	1162 mg/kg	1058 mg/kg*	8,95 %
NIST SRN 2711 - <i>Montana Soil</i>	1162 mg/kg	1045 mg/kg**	10,06%

\* Pb total

\*\* Pb lixiviável

## ***CURRÍCULUM RESUMIDO***

A autora desta dissertação nasceu em Recife, Pernambuco, Brasil. Recebeu educação básica em Recife. Concluiu o curso de Técnico em Química em 1990. Obteve o grau de Licenciada em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco no ano de 1997 e de Especialista em Gestão e Controle Ambiental pela Universidade de Pernambuco em 2000. Durante o período de 1997 a 1999 trabalhou como Laboratorista da Companhia Pernambucana de Saneamento. Desde 1999 exerce a função de Técnica em Química no Centro Regional de Ciências Nucleares. Desde 1998 é professora da Rede Oficial de Ensino de Pernambuco, lecionando a disciplina Química no ensino médio. Em março de 2003 iniciou seus estudos no Mestrado em Engenharia Civil, Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.