



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

**“METAIS PESADOS NOS ARREDORES DE DEPÓSITOS DE LIXO DE  
BELÉM, PA”**

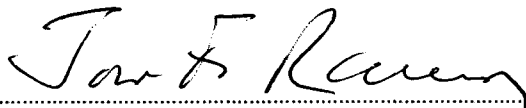

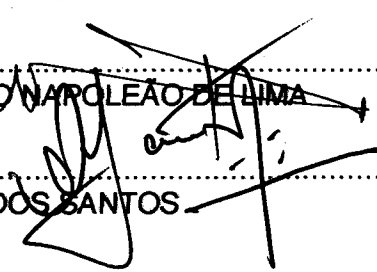
TESE APRESENTADA POR

**ALICE HELENA PINTO DE OLIVEIRA**

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

Data de Aprovação : 27 / 08 / 97

**Comitê de Tese:**

  
.....  
JOSÉ FRANCISCO DA FONSECA RAMOS (Orientador )  
  
.....  
WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA  
  
.....  
ANTÔNIO DOS SANTOS

BELÉM

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CENTRO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**“METAIS PESADOS NOS ARREDORES DE DEPÓSITOS DE LIXO DE  
BELÉM, PA”**

**Orientanda: Alice Helena Pinto de Oliveira**

**Orientador: Prof. Dr. José Francisco da Fonseca Ramos**

Ao Robson e ao Bruno, com amor.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus agradecimentos às seguintes instituições e pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho:

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro;

ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa;

ao Professor Dr. José Francisco da Fonseca Ramos pelo apoio, confiança e orientação que contribuíram para a minha formação;

aos engenheiros civis João Batista da Silveira e Orlando Ferreira Pereira da SESAN, engenheiro sanitarista Augusto, Antonio Noronha da SESAN e Fabiano Coutinho Jorge do Complexo de Destino Final de Resíduos Sólidos, pelas discussões e informações técnicas;

a Karla, do Instituto Evandro Chagas, pela realização das análises bacteriológicas.

aos químicos Arcelando Souza e Iêda Hagmam Sossiatti, do laboratório de Análises Químicas da SUDAM, pelo valioso auxílio nas análises de mercúrio;

ao químico Msc. Natalino, do laboratório de Análises Químicas do Centro de Geociências, e aos técnicos Antônio e Dário, do laboratório de Absorção Atômica, Vânia e Valmeire do laboratório de Difração de Raios-X, por toda atenção dispensada durante a fase de laboratório;

aos moradores das residências pesquisadas pela colaboração durante a fase de campo;

ao Jorge por toda amizade, ajuda e incentivo durante a realização desta tese e a Cíntia pela sua presença amiga nos momentos difíceis.

O homem tem direito fundamental de liberdade,  
de igualdade e de desfrutar  
de condições de vida adequada em meio de qualidade,  
tal que lhe permita levar uma vida  
digna e gozar de bem estar,  
e tem a solene obrigação de proteger  
e melhorar o meio ambiente  
para as gerações atuais e futuras.

Direitos e Deveres do Homem  
Conferência Nacional da ONU sobre Meio Ambiente  
1972

<b>SUMÁRIO</b>	p.
<b>DEDICATÓRIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	ii
<b>EPÍGRAFE</b> .....	iii
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO</b> .....	7
<b>3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL</b> .....	10
3.1. GEOMORFOLOGIA.....	10
3.2. GEOLOGIA.....	11
3.3. CLIMA.....	13
3.4. SOLO.....	15
3.5. VEGETAÇÃO.....	17
3.6. HIDROGRAFIA.....	19
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	22
4.1. LIXO URBANO.....	22
4.1.1. <b>Composição do lixo</b> .....	22
4.1.2. <b>Classificação do lixo</b> .....	27
4.1.3. <b>Poluição pelo lixo</b> .....	28
4.1.4. <b>Disposição e tratamento do lixo</b> .....	31

4.1.4. Disposição e tratamento do lixo.....	31
4.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS METAIS PESADOS ESTUDADOS.....	34
4.2.1. Cobre.....	34
4.2.2. Chumbo.....	37
4.2.3. Zinco.....	38
4.2.4. Cádmio.....	39
4.2.5. Mercúrio.....	42
4.2.6. Níquel.....	45
4.2.7. Cromo.....	46
4.2.8. Ferro e Manganês.....	47
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
5.1. MATERIAL.....	50
5.2. MÉTODOS.....	50
5.2.1. Procedimento de campo.....	50
5.2.1.1. Amostragem.....	51
5.2.2. Procedimento de laboratório.....	51
5.2.2.1. Preparação das amostras.....	51
5.2.2.2. Análise química das amostras.....	52
5.2.3. Tratamento de dados.....	53
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
6.1. GRUPO 1- SEDIMENTOS DE ÁGUAS LINDAS.....	54
6.2. GRUPO 2 - SEDIMENTOS DO DEPÓSITO DE LIXO DO AURÁ.....	59

6.3. GRUPO 3 - SEDIMENTOS DO RIO AURÁ.....	65
6.4. GRUPO 4 - SOLOS DE ÁGUAS LINDAS.....	70
6.5. GRUPO 5 - SOLOS DO DEPÓSITO DE LIXO DO AURÁ.....	71
6.6. GRUPO 6 - ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA.....	75
7. CONCLUSÕES.....	77
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO A- Vista parcial do lixão das Águas Lindas, onde observa-se o monte de lixo deixado após desativação do depósito, sem tratamento.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO B- Vista parcial do Lixão da Águas Lindas após a construção de um muro cercando o depósito.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO C- Monte de lixo no depósito do Aurá.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO D- Vista aérea do lixão, atualmente cercado e coberto por vegetação e do clube das Águas Lindas. Observa-se a urbanização em torno do depósito.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO E- Vista aérea do depósito de lixo do Aurá. Ao fundo observa-se o rio Guamá...99</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO F- Característica dos pontos amostrados.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO G- Mapa esquemático de localização das amostras no depósito de lixo desativado de Águas Lindas.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO H- Fonte do clube das Águas Lindas.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO I- Vista parcial do igarapé das Águas Lindas. O depósito de lixo localiza-se do lado direito da foto.....</b>	<b>104</b>



<b>ANEXO J-</b> Mapa esquemático de localização das amostras no depósito de lixo do Aurá....	105
<b>ANEXO K-</b> Drenagem para escoamento do chorume no depósito de lixo do Aurá.....	106
<b>ANEXO L-</b> Vista parcial da usina de incineração no depósito de lixo do Aurá, onde deveria ser tratado o lixo hospitalar.....	107
<b>ANEXO M-</b> Vista parcial do rio Aurá, acima do local de influência do lixão do Aurá.....	108
<b>ANEXO N-</b> Vista parcial do igarapé Pescado, localizado ao lado do lixão do Aurá.....	109
<b>ANEXO O-</b> Vista parcial do rio Aurá, durante o período mais chuvoso na região, abril de 1994.....	110
<b>ANEXO P-</b> Poço localizado à rua Manaus nº 45, representa a maioria dos poços estudados, geralmente abertos, rasos e mal cuidados.....	111

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

	p.
Figura 1- Mapa de localização das áreas estudadas (adaptado de FARIAS <i>et al.</i> 1992).....	8
Figura 2- Variações médias mensais da precipitação pluviométrica na cidade de Belém, nos anos de 1993 e 1994 (SERVIÇO REGIONAL DE PROTEÇÃO AO VÔO- BELÉM).....	14
Figura 3- Caracterização hidrológica da cidade de Belém (MALTEZ, 1987).....	20
Figura 4- Crescimento da população mundial desde 1750 e a população prevista para o ano 2000 (JAMES, 1992).....	23
Figura 5- Distribuição das percentagens dos metais pesados nos diferentes componentes do lixo (ROUSSEAU <i>et al.</i> , 1989).....	26
Figura 6- Desenvolvimento temporal das fontes de poluição nos últimos anos (MEYBECK & HELMER, 1989).....	35

### TABELAS

Tabela 1- Composição média do lixo urbano brasileiro (Conselho de Desenvolvimento Industrial In: PRADO FILHO, 1991).....	24
Tabela 2- Composição do lixo domiciliar para algumas cidades brasileiras (em porcentagem) (PRADO FILHO, 1991).....	24
Tabela 3- Teores médios de metais pesados no lixo, segundo ROUSSEAU <i>et al.</i> , 1989.....	25

Tabela 4-	Formas de disposição do lixo urbano no Brasil.....	31
Tabela 5-	Resultados das análises químicas totais de sedimentos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	54
Tabela 6-	Resultados das análises químicas parciais de sedimentos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	55
Tabela 7-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	55
Tabela 8-	Resultados das análises químicas totais de sedimentos de Águas Lindas. segunda etapa de campo, junho de 1994.....	56
Tabela 9-	Resultados das análises químicas parciais de sedimentos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	56
Tabela 10-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	56
Tabela 11-	Valores médios das concentrações de metais em vários ambientes, segundo alguns autores.....	58
Tabela 12-	Resultados das análises químicas totais de sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	60
Tabela 13-	Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	61
Tabela 14-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	62
Tabela 15-	Resultados das análises químicas totais de sedimentos do depósito de lixo do Auré. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	63

Tabela 16-	Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	63
Tabela 17-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	65
Tabela 18-	Resultados das análises químicas totais de sedimentos do rio Aurá. Primeira etapa de campo, outubro de 1993.....	66
Tabela 19-	Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do rio Aurá. Primeira etapa de campo, outubro de 1993.....	66
Tabela 20-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos do rio Aurá. Primeira etapa de campo, outubro de 1993.....	67
Tabela 21-	Resultados das análises químicas totais de sedimentos do rio Aurá. Segunda etapa de campo, abril de 1994.....	68
Tabela 22-	Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do rio Aurá. Segunda etapa de campo, abril de 1994.....	68
Tabela 23-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos do rio Aurá. Segunda etapa de campo, abril de 1994.....	69
Tabela 24-	Resultados das análises químicas total e parcial de solos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	70
Tabela 25-	Resultados das análises químicas total e parcial de solos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	71
Tabela 26-	Resultados das análises químicas totais de solos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	72

Tabela 27-	Resultados das análises químicas parciais de solos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	72
Tabela 28-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos solos do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.....	73
Tabela 29-	Resultados das análises químicas totais de solos do depósito de lixo do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	73
Tabela 30-	Resultados das análises químicas parciais de solos do depósito de lixo do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	74
Tabela 31-	Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos solos do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.....	74
Tabela 32-	Resultados das análises bacteriológicas em águas de poços e drenagens às proximidades dos depósitos de Águas Lindas e do Aurá.....	76

## RESUMO

As áreas estudadas localizam-se no município de Ananindeua, às proximidades do depósito de lixo de Águas Lindas, atualmente desativado, situado a aproximadamente 50 m da BR-316, km 5; e do depósito de lixo do Aurá situado na localidade de Santana do Aurá, à 4 km da rodovia BR-316, onde o lixo recolhido da cidade de Belém é despejado.

A atual preocupação ambiental em torno do destino do lixo no meio urbano é devido suas características de inesgotabilidade, comprometimento de grandes áreas e heterogeneidade, com a possibilidade de conter substâncias inertes a altamente tóxicas como os metais pesados, que se destacam nesse estudo, por causa do seu largo e variado uso em diferentes indústrias e dadas suas características de não degradabilidade no ambiente, efeito acumulativo e toxidez.

Para avaliação da concentração de alguns metais pesados nas áreas próximas aos depósitos de lixo, foram realizadas duas campanhas de campo, coletando-se solos, sedimentos e água, num total de 58 amostras. Foi feita abertura total e parcial para os elementos cobre, chumbo, zinco, cádmio, níquel, cromo, ferro, manganês, além da quantificação do carbono orgânico e do mercúrio total, sendo as análises efetuadas através de espectrofotometria de absorção atômica, colorimetria e volumetria.

Os valores mínimos, máximos e médios identificados no tratamento estatístico foram utilizados como parâmetros para avaliação da poluição, através da comparação de valores propostos por outro autores, para solos e sedimentos para áreas poluídas e não poluídas.

Nos sedimentos analisados em Águas Lindas, os maiores valores foram obtidos no período de pouca chuva. A lixeira de Águas Lindas mesmo estando desativada, ainda apresenta, nas suas proximidades, altos teores de cádmio total (45 ppm) e parcial (10,5 ppm), cromo total (491 ppm) e parcial (44,5 ppm), além de mercúrio (565 ppb).

Algumas amostras de sedimentos coletadas às proximidades do depósito de lixo do Aurá apresentaram os maiores teores no período menos chuvoso, com valores altos para o chumbo total (67 ppm) e zinco total (138 ppm); além disso todas as amostras apresentaram valores elevados para os metais cádmio e cromo, com teores médios de 2 ppm e 239 ppm, respectivamente.

Na primeira etapa de campo no rio Aurá, 50% das amostras apresentam valores acima dos aceitáveis em sedimentos não poluídos, para os metais cobre, zinco, cromo, além de todas as amostras apresentam valores altos para o cádmio. Na segunda etapa destaca-se o mercúrio com até 540 ppb e o cádmio total (12 ppm) e parcial (1,3 ppm), sendo todas as amostras consideradas contaminadas por este metal.

Nos solos de Águas Lindas encontram-se teores totais altos para cobre (27 ppm) e cádmio (0,7 ppm). Nos solos do Aurá todas as amostras foram consideradas contaminadas em relação ao cádmio com teores médios de 2,4 ppm. Cerca de 75% amostras apresentaram valores elevados para o cromo, com média de 133 ppm.

As águas analisadas apresentaram grande quantidade de coliformes fecais e totais e algumas atestaram também a presença de salmonella.

Os resultados encontrados neste trabalho permitem comprovar a poluição dessas áreas por alguns metais pesados estudados, principalmente cádmio e mercúrio, indicando a necessidade de maior atenção às áreas de implantação desses depósitos, sobretudo quanto a disposição inadequada do lixo sem nenhum tratamento.

## ABSTRACT

The studied areas are located in the municipal district of Ananindeua in the vicinities of the waste deposit of Águas Lindas, at this moment out of function, and of the waste deposit of Aurá, that is actually receiving the garbage of the city of Belém.

The real concern with the destiny of the municipal garbage is due to its big production, the consequent jeopardizing of great areas, principally because its heterogeneity and content of toxic chemical species like those containing heavy metals.

For the assessment of the heavy metals concentrations around the waste deposits, there were done two field campaigns and the collecting of 58 soil, sediment and water samples. The metals Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Cr, Fe and Mn were determined after partial and total sample digestion, additionally total mercury and organic carbon. The following methods were used: atomic absorption spectrophotometry, colorimetry and volumetry.

The minimal, maximal and mean values for the determined variables and their comparison with literature datas for soils and sediments of polluted and non-polluted areas were used for the evaluation of the degree of pollution of the studied area.

In the sediments from Águas Lindas, the higher values of contaminants were found during the drier season. Notwithstanding the disactivation of this waste deposit, values for total (45 ppm) and partial (10,5 ppm) cadmium, total (491 ppm) and partial (44,5 ppm) chromium and mercury (565 ppb) are high.

Some samples collected in the proximities of the waste deposit of Aura show the higher contents of metals for the drier season, with high values for total lead (67 ppm) and total zinc (138 ppm).



In the first field campaign in the river Aurá, 50% of the samples presented anomalous values for copper, zinc, chromium and cadmium in sediment samples. In the second campaign were emphasized mercury (540 ppm), total (12 ppm) and partial (1,3 ppm) cadmium beyond all polluted samples.

In the soils of Águas Lindas are the higher values for total copper (27ppm) and cadmium (0,7 ppm), while in Aurá all samples were polluted by cadmium, with a meanvalue of 2,4 ppm, and about 75 % of the samples show high values for chromium, with 133 ppm the mean.

The results of this work confirm the pollution of the surroundings of the studied waste deposits, principally by cadmium and mercury, what claims for a greater attention to the selection of suitable areas for this type of plant and to the fulfilment and conservation of minimal technical parameters.

## 1- INTRODUÇÃO

O problema de geração e acúmulo de lixo no meio urbano vem crescendo a cada ano, em resposta ao crescimento e distribuição demográficos desordenados, ao desenvolvimento industrial e econômico, que conduzem ao consumismo, desperdício da população e falta de instrumentos de gestão ambiental pelos órgãos públicos, a quem cabe a responsabilidade de coletar, transportar e dar destino final aos resíduos gerados pela atividade humana.

Existe atualmente uma grande preocupação em torno do destino do lixo, em virtude da sua característica de inesgotabilidade, comprometimento de grandes áreas e pela sua complexidade estrutural, devido a grande heterogeneidade de materiais, desde substâncias inertes a altamente tóxicas, como por exemplo os metais pesados. A heterogeneidade é uma das características principais dos resíduos sólidos urbanos, que apresentam uma composição qualitativa e quantitativa muito variada. Estas variações ocorrem geralmente em função do nível de vida e educação da população, do clima, dos modos de consumo, das mudanças tecnológicas, etc.

O grande prejuízo ambiental que os metais pesados presentes no lixo representam é que eles não são degradáveis no ambiente, tem efeito acumulativo na biosfera marinha, particularmente nos peixes. Sua natureza tóxica representa um potencial risco à saúde pública. Em níveis de traços, alguns destes metais são micronutrientes essenciais para organismos vivos, mas em concentrações maiores eles podem ser inibidores ou tóxicos para os mesmos organismos (GROSSI, 1989).

Diariamente grande quantidade de lixo é produzido no meio urbano, necessitando de um destino final adequado. Segundo OLIVEIRA (1984), a quantidade média de lixo produzido por habitantes nas cidades brasileiras é de 0,5-2,5 kg.dia.habitante, o que nos leva a inferir que no Brasil a produção média mínima chega a aproximadamente 180 kg.hab.ano. A cidade de São

Paulo, por exemplo, produz cerca de 12 mil t.dia, compreendendo lixo domiciliar, varrição, feiras, mercados, comércio, diversos, com exceção dos resíduos industriais. Segundo dados da Secretaria Municipal de Saneamento, no ano de 1995, a cidade de Belém produzia diariamente cerca de 655 t de lixo domiciliar e 1050 t de outros lixos, incluindo o hospitalar, feiras, varrição, capina, valas e entulhos. Se levarmos em consideração o crescimento desordenado da população, certamente estes números tendem a aumentar a cada ano.

Apesar do nosso grau de desenvolvimento técnico-científico, os problemas sanitários urbanos, mais especificamente, o saneamento do lixo não tem acompanhado esse ritmo, como também foram os que menor progresso obtiveram (OTERO, 1966). Via de regra, expressivas quantidades de lixo vêm sendo armazenadas em áreas não apropriadas ou simplesmente despejadas em lugares abertos, sem nenhuma preocupação com a higiene ambiental. Como consequência, tem-se a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, do solo, do ar, a degradação da paisagem, além da proliferação e disseminação de agentes patogênicos e de vetores de doenças como ratos, baratas, moscas e mosquitos. Outro aspecto a salientar desta problemática urbana é o surgimento de “vilas” e favelas em torno dos lixões, que com o passar do tempo tendem a ser urbanizados, onde pessoas, sem as mínimas condições de saúde, vivem da coleta de materiais reutilizáveis ou de algum valor econômico (PRADO FILHO, 1991).

O objetivo geral deste trabalho é o de avaliar a concentração de alguns metais pesados em áreas próximas aos depósitos de lixo de Santana do Aurá e Águas Lindas, situados no município de Ananindeua, na grande Belém. Serão discutidos os resultados obtidos em solos e sedimentos para os elementos cobre, chumbo, zinco, cádmio, mercúrio, níquel, cromo, ferro e manganês e, para verificar uma possível correlação destes elementos com a matéria orgânica, foi determinado o valor da concentração de carbono orgânico.

Visando identificar contrastes, foi estabelecida comparação com os resultados obtidos nas duas fases de campo e também com valores limites propostos em outros estudos, a fim de se conhecer o nível de contaminação da área estudada.

Este trabalho pretende também mostrar o quanto as formas inadequadas e irracionais de disposição de lixo podem afetar o homem e o meio ambiente e a importância de que maiores esforços sejam empreendidos no sentido de se fazer com que a prática de se dispor de lixo a céu aberto seja substituída por métodos mais adequados ao nosso grau de desenvolvimento.

## **2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO**

A cidade de Belém está inserida na micro-região Guajarina, no estado do Pará, com uma área territorial de 736 km<sup>2</sup>, sendo localizada na folha SA-22-X-D / Belém, com as coordenadas 01°25'10" S (latitude) e 48°27'00" W Grw (longitude). Limita-se pela baía de Marajó até o extremo oriental da ilha de Mosqueiro; ao sul, pelo rio Guamá, até a confluência com o rio Moju; a oeste pelas baías de Guajará, Santo Antônio e Marajó.

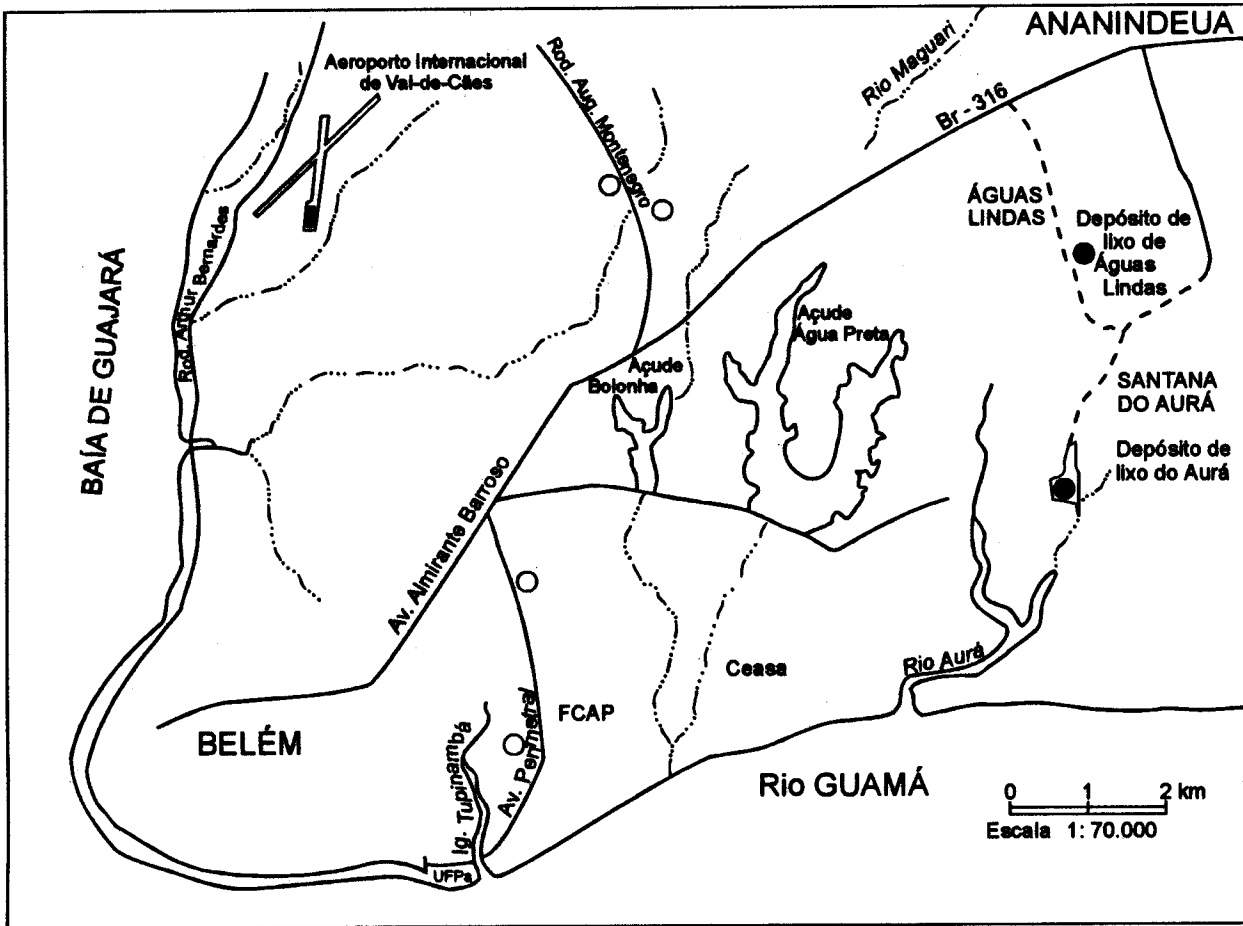
A grande Belém abrange os municípios de Belém, que tem como principais distritos Icoaraci e Mosqueiro; Ananindeua e parte de Benevides. O município de Ananindeua é contíguo ao de Belém e possui área aproximada de 485 km<sup>2</sup>.

Foram estudadas duas áreas no município de Ananindeua: a do depósito de lixo desativado na localidade de Águas Lindas (Anexos A e B) e a de Santana do Aurá, onde o lixo recolhido na cidade de Belém é despejado (Anexo C).

A área do lixão de Águas Lindas começa a cerca de 50 metros da BR-316, km 5, pelo lado direito, em uma entrada ao lado do Seminário Pio XII, até às proximidades do clube das Águas Lindas (Figura 1). O acesso é feito de carro até o local e a pé pelo seu interior (Anexo D).

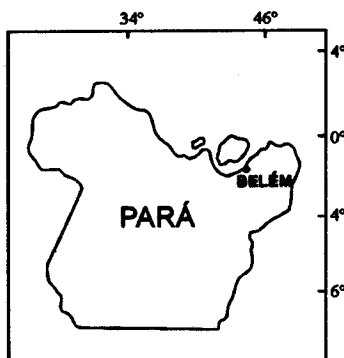
40° 30' 30"

48° 30' 40"



01°

Fonte: Modificado de FARIAS et. al. (1992).



LEGENDA






-  DRENAGEM
-  DEPÓSITO DE LIXO
-  AVENIDAS
-  ÁREAS ESTUDADAS
-  AÇUDES

Figura 1 - Mapa de localização das áreas estudadas.

A área do “Complexo de Destino Final dos Resíduos Sólidos” (Lixão) da região metropolitana de Belém situa-se na localidade de Santana do Aurá, ocupando uma área de 2 km<sup>2</sup>. Encontra-se a 4 km da rodovia BR-316 e 13 km do município de Belém. Seu acesso é possível pela rodovia BR-316, km 5, e estradas secundárias (Figura 1 e Anexo E).

Por via fluvial, através dos rios Guamá e Aurá, e subindo-se um pequeno igarapé pode-se alcançar o lixão do Aurá, não passando pelo controle do portão principal do “Complexo de Destino Final de Resíduos Sólidos”.

### **3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL**

#### **3.1. GEOMORFOLOGIA**

Segundo FARIAS *et al.*, (1992), a caracterização morfológica de Belém é dividida em três unidades:

##### **1- Terrenos Sedimentares do Quaternário / Pleistoceno (?)**

Tais feições são concordantes às maiores cotas topográficas como os bairros do Marco, Pedreira, Terra Firme e Tapanã. Corresponde a superfícies pediplanas aplainadas, mostrando, em certos locais, ondulações de vertentes suaves e topos arredondados, que quando observados em cortes transversais, constata-se um suporte deste relevo por níveis de concreções ou carapaças ferruginizadas de areia ou argila pertencentes supostamente, a base dos sedimentos Pós-Barreiras (Pleistoceno ?).

Patamares mais elevados nesta unidade correspondem aos tabuleiros, enquanto que os mais baixos são designados de terraços baixos. Estes inserem-se na unidade regional dos baixos platôs no Planalto da Amazônia (VIEIRA & SANTOS, 1987) e a unidade de Terrenos Sedimentares do Terciário (CODEM, 1975).

##### **2- Terrenos Sedimentares do Quaternário / Holoceno.**

Correspondem às áreas de baixadas da região metropolitana de Belém, como áreas adjacentes à baía do Guajará e o rio Guamá, incluindo partes de alguns bairros como Jurunas, Guamá, Condor, Comércio, Batista Campos, Sacramento e Telégrafo.

São compostos por sedimentos argilosos, inconsolidados. regionalmente assemelham-se a Planície Amazônica de VIEIRA & SANTOS (1987) e a unidade de Terrenos Sedimentares do Quaternário da CODEM (1975).

### 3- Zona Rebaixada e Terraços Fluviais Inundáveis

Na região metropolitana de Belém, estes sedimentos estão presentes nas zonas de baixadas, nas quais ocorrem periódicas inundações durante a época chuvosa ou de maré lançante. Seu relevo é marcado por cotas topográficas baixas, em torno de 4m ou mesmo negativas, eventualmente, parte de suas áreas são afetadas na preamar quando o afluxo das marés vem de encontro às águas dos igarapés, dificultando o escoamento natural destes (FURTADO, 1979). O fluxo das marés atua como um elemento de represamento dos cursos d'água, provocando inundações nos terrenos de planície, agindo como elemento ativo de sedimentação, devido estas penetrarem pelos vales dos igarapés, atingindo áreas já bem centrais do espaço urbanizado.

A morfologia da área em estudo é caracterizada por sua pobreza topográfica.

### 3.2. GEOLOGIA

A área estudada está situada em um província geológica de cobertura Cenozóica, cujos terrenos são constituídos de rochas sedimentares que podem atingir até 4 km de espessura, pertencentes à bacia sedimentar do Amazonas; sobrejacendo a um substrato granito-gnaíssico. São terrenos geologicamente novos e pela sua origem, situação e constituição, apresentam as mesmas características geomorfológicas e litogenéticas desta imensa bacia, salvo algumas ligeiras modificações locais.

Segundo FARIAS *et al.* (1992) as observações geológicas de superfície identificaram que os terrenos de Belém e seus arredores são formados em quase sua totalidade por sedimentos arenosos da unidade Pós-Barreiras.

Encontram-se ainda sedimentos continentais da Formação Barreiras e sedimentos atuais e subatuais, caracterizados como sedimentos Holocênicos. A estes sedimentos de origem



continental, segue-se a Formação Pirabas, encontrada em subsuperfície, caracterizada pela ocorrência de depósitos marinhos.

A Formação Barreiras é representada por sedimentos continentais (Mioceno/Plioceno), apresentando uma excepcional variedade de tipos litológicos, que variam de argilito a conglomerado. As camadas ora exibem estratificações perfeitas, laminadas, ora são maciças. Localmente observa-se conteúdo fossilífero vegetal.

De maneira geral, entretanto, predominam arenitos finos, e siltitos bem estratificados nas cores amarelo, vermelho, branco e roxo (ISSLER *et al.* 1974). Algumas exposições desta unidade encontram-se em Santana do Aurá, Tapanã, Quarenta Horas e Pedreira.

O Pós-Barreiras (Pleistoceno) são sedimentos inconsolidados arenosos, pouca argila, granulometria fina a média e coloração alaranjada, suavemente amarelados ou brancos; com seixos milimétricos de quartzo dispostos caoticamente. É encontrado nas localidades do Tapanã, Utinga, Quarenta Horas, Pedreira, Santana do Aurá, Terra Firme, Bengui e Satélite.

A cobertura sedimentar Quaternária (Holoceno) se distribui por toda área, ocupando cotas baixas, situando-se ao longo de igarapés e vales de rios às margens da Baía de Guajará. É representado por depósitos aluvionares, constituídos de areia, silte e argila, com matéria orgânica e localmente laminado.

Localmente, na área de Santana do Aurá, a geologia foi descrita com base em amostras de calhas, dos poços canalizados (BASTOS & ALVES, 1991). É formada por sedimentos argilosos a siltosos, de coloração variegada, gradando para uma areia média, de coloração creme, intercaladas com concreções de argila (limonítica), níveis de areia fina vermelha e siltes variegados. Acima desta sequência encontra-se intercalações de silte argiloso, amarelado; silte arenosos vermelhos,

argila siltosa cinza escuro com matéria orgânica e níveis de areia grossa com seixos creme e pedregulhos vermelhos.

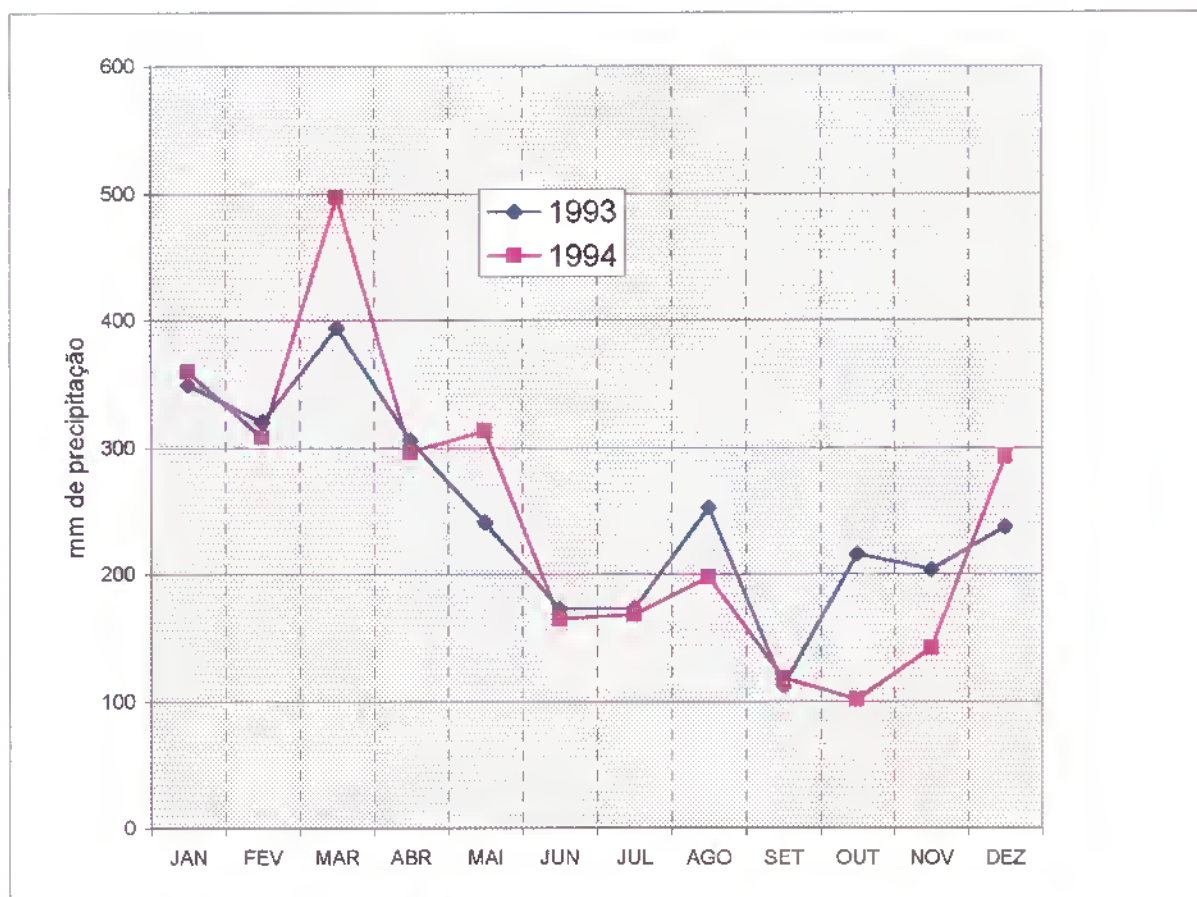
### 3.3. CLIMA

A área estudada apresenta particularidades climáticas na Amazônia, devido sua proximidade do oceano Atlântico, baixa altitude, relevo plano e densa cobertura vegetal (PENTEADO, 1968).

O clima é quente e úmido e, devido sua baixa latitude, os raios solares temem a verticalidade em todas as épocas do ano, com um total médio anual de 2389,4 horas de brilho solar (SANTOS, 1991), resultando em um ambiente térmico elevado, com médias anuais geralmente próximas ou pouco acima de 26°C, registrando-se a mínima de 22,8°C e a máxima em 31°C, com uma amplitude térmica média de 8,2°C. (DINIZ, 1986; VIEIRA & SANTOS, 1987).

A umidade relativa do ar anual com média de 85%, favorece a formação de chuvas de convecção, cuja precipitação se evidencia após a insolação máxima diurna, ou seja, durante a tarde ou princípio da noite.

A coluna pluviométrica alcança cotas elevadas, atingindo um total médio anual de 2500-3000 mm, com cerca de 180 dias de chuva (DINIZ, 1986), logo possui estações reguladas pela pluviosidade e não pela temperatura; apresentando, neste sentido, duas estações definidas - estação chuvosa e estação seca - segundo a maior ou menor frequência de chuvas. De maneira geral, a época mais chuvosa (inverno) ocorre normalmente a partir de dezembro e tem duração de cinco ou seis meses, sendo março o mês mais chuvoso. Na época menos chuvosa (verão), isto é de julho a novembro, predominam as chuvas de caráter convectivo, geralmente de grande intensidade e curta duração (Figura 2).



Fonte: Serviço Regional de Proteção ao Vôo-Belém

**Figura 2.** Variações médias mensais da precipitação pluviométrica da cidade de Belém, nos anos de 1993 e 1995

Os ventos são fracos a moderados, predominam na região os do quadrante leste de origem Atlântica (MOREIRA, 1966), cuja velocidade média apresenta pequena variação que vai de 1,3 a 2,0 m/s, sendo os maiores valores observados no período da tarde (SANTOS, 1991).

Segundo a classificação de Köppen, o clima de Belém enquadra-se na grande família de climas do tipo Af (DINIZ, 1986; PENTEADO, 1986; VIEIRA & SANTOS, 1987; SANTOS, 1991) onde:

A = clima tropical chuvoso, onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C .

F = chuvas abundantes durante todo o ano, com totais pluviométricas mensais iguais ou superiores a 60 mm, condicionando o tipo de vegetação conhecida como floresta tropical.

I = o clima não conhece variação estacional sensível, dado a baixa oscilação anual de temperatura.

#### 3.4. SOLO

Os principais solos que ocorrem na área de estudo são os Latossolos Amarelo, o qual é talvez a maior unidade genética em ocorrência, seguido do Concrecionário Laterítico, Glei pouco Húmico, Podzol Hidromórfico e Areias Quartzosas. (BRASIL/DNPM, 1974; VIEIRA & SANTOS, 1987; VIEIRA *et al.*, 1971).

Latossolo Amarelo é uma classe de solo formada predominantemente a partir dos sedimentos da Formação Barreiras na região, em relevo plano e ondulado. São solos profundos e envelhecidos, ácidos e fortemente ácidos ( $\text{pH} \cong 4,1-5,3$ ) e de boa drenagem. São encontrados predominantemente na cidade de Ananindeua (FARIAS *et al.*, 1992).

Os solos Concrecionários Lateríticos são solos de profundidade média, bastante velhos e intemperizados. Apresentam-se frequentemente pesados texturalmente, ácidos ( $\text{pH} \cong 4,0-5,3$ ), são constituídos por uma mistura de partícula mineralógicas finas e concreções de um arenito

ferruginosos de vários diâmetros. São compostos por mistura de óxido de ferro e alumínio hidratados e minerais altamente resistentes aos processos intempéricos. Ocorrem em relevo suave ondulado a forte ondulado. Segundo FARIAS et al. (1992) são encontrados sobretudo na capital paraense.

Os solos do tipo Glay Pouco Húmico, compreendem solos originados de sedimentos recentes do Quaternário, são pouco profundos e desenvolvido, apresentando elevados teores de matéria orgânica. São geralmente mal drenados, muito fortemente ácidos ( $\text{pH} \cong 3,5-5,7$ ). Suas características são determinadas pela ação do clima e da vegetação e cujo desenvolvimento é grandemente influenciado pela ação da água no solo, do relevo e da natureza do material paletal. Na região de Belém, os Glay Pouco Húmico estão geralmente associados aos rios de água barrenta. Ocorrem nas planícies aluviais e de inundação. Encontra-se em áreas de baixadas e próximo aos rios.

Os solos Podzólicos Hidromórficos são solos caracterizados por possuir textura arenosa em todo perfil, com horizontes bem diferenciados, normalmente profundos; possuem acidez elevada, baixa saturação de bases e alta saturação de alumínio. O pH é ácido a fortemente ácido, variando em torno de 4,1-5,0. São desenvolvidos sobre sedimentos fluviais e marinhos predominantemente do Quaternário, em relevo plano e sob cobertura vegetal de campina. São solos de baixa fertilidade natural.

As Areias Quartzosas são solos que apresentam perfil pouco evoluído, textura arenosa, fortemente drenados, bastante permeáveis em todo o perfil e com conteúdo de argila que não ultrapassa 15%. Tratam-se de solos originados de sedimentos arenosos do Quaternário, que encontram-se associados às proximidades de Belém aos Latossolos Amarelos.

Existem ainda, principalmente no perímetro urbano, as áreas aterradas, as quais são áreas já recuperadas, onde a condição de hidromorfismo foi contornada pela deposição de aterro.

### 3.5. VEGETAÇÃO

O mapeamento da vegetação da área metropolitana de Belém e Ananindeua revela áreas ainda cobertas por vegetação primitiva e de áreas que sofreram influência antrópica.

Esta cobertura vegetal pode ser representada por dois tipos bem diferenciados de floresta: as de Terra Firme, subdivididas em Floresta Densa de Terra Firme, Floresta Aberta de Terra Firme e Capoeira de Terra Firme e as de Várzea classificadas como Floresta de Várzea, Floresta de Igapó Original e Capoeira de Várzea. A diferenciação fitofisionômica está em função do solo, da topografia e das águas (MOREIRA, 1966). Atualmente, em virtude da influência antrópica, a sua fitofisionomia encontra-se bastante alterada, com áreas de floresta remanescente, intercaladas com capoeira e áreas de pequeno cultivo ao longo das rodovias e hidrovias, próximo a povoados.

Devido a interferência dos solos e dos processos modificadores principais (inundação e desmatamento), a floresta primitiva foi sendo alterada na sua cobertura original, existindo atualmente áreas desflorestadas ou alteradas diretamente pela ação antrópica, em maior escala do que as áreas de floresta primitiva.

Observa-se também uma estreita faixa marginal aos rios, formada pelos manguesais, constituindo-se numa formação edáfica da vegetação, influenciada pela salinidade das águas do oceano que no verão chegam a alcançar esta área (TANCREDI *et al*, 1980).

A Floresta Densa de Terra Firme é a floresta primitiva remanescente que não sofreu influência do homem, está praticamente extinta na região. Está assentada sobre Latossolo Amarelo de relevo plano e bem drenado.

A Floresta Aberta de Terra Firme caracteriza-se como sendo a floresta primitiva após a exploração de suas espécies de valor econômico e as que estão em área cujo solo não possui características físicas e químicas que propicie o desenvolvimento de vegetação exuberante. Encontra-se sobre Latossolo Amarelo, Podzólico Hidromórfico e os Concrecionários Lateríticos. Ocupam de um modo geral os terraços e tabuleiros ao longo da rodovia BR-316, Belém-Mosqueiro e da Rodovia Augusto Montenegro.

A Capoeira de Terra Firme são áreas onde houve regeneração natural da vegetação, devido a derrubada da mata por agentes naturais ou para o cultivo nômade de culturas de subsistência e, posteriormente, abandonadas. Ocorrem nos mesmo tipos de solos das Florestas de Terra Firme.

A Floresta de Várzea é uma área sob influências das marés. São encontradas principalmente nas ilhas formadas pela rede de drenagem, e em áreas próximas às margens do rio Guamá, Maguari, Benfica, Aurá e outros menores. Encontra-se sobre solos Gleizados e apresentam espécies de valor econômico, predominando as palmáceas.

A Floresta de Igapó é uma forma edáfica de vegetação e ocorre em áreas de mais baixo nível topográfico da região. É constituída por espécies que possuem raízes aéreas adaptadas ao seu desenvolvimento em solos permanentemente alagados.

A Capoeira de Várzea assemelha-se a de Terra Firme e é a regeneração de áreas naturais pela derrubada total ou parcial das matas primitivas. Ocorrem ao longo dos rios e igarapés, próximo a povoações. Estão assentados sobre solos Hidromórficos Gleizados.

A grande importância da vegetação está relacionada a sua função como agente controlador do clima e bioclima, como um fator de equilíbrio do ecossistema (ALBUQUERQUE *et al*, 1979).

### 3.6. HIDROGRAFIA

Devido sua relação mais direta e imediata com a cidade de Belém, os elementos hídricos que mais se destacam são a baía de Guajará e o rio Guamá, além de inúmeros igarapés que cortam a cidade (PENTEADO, 1968; Figura 3).

A baía de Guajará situa-se a oeste da cidade de Belém, é a rigor um subestuário, a qual recebe águas dos rios Guamá e Moju (MOREIRA, 1966). Possui forma estreita e alongada, encontrando-se comprimida entre o continente e a ilha das Onças, de Arapiranga e de Cotijuba, dentre outras. Possui comunicação direta com a baía de Marajó e, devido sua proximidade do oceano Atlântico, está sujeita a influências das marés oceânicas. Possui águas barrentas, fortemente amareladas e salobras (PENTEADO, 1968).

O rio Guamá banha a cidade de Belém a sul. De acordo com SIOLI (1951), enquadra-se na classificação de rios de águas claras; devido sua pouca transparência e grande quantidade de material em suspensão. O rio Guamá apresenta grande interesse não só no aspecto hidrográfico, mas também no abastecimento de água de Belém (cerca de 86% do abastecimento de água distribuída em Belém (USINA, 1992), através do bombeamento de água para os mananciais de superfície (Lagos Bolonha e Água Preta), pertencentes ao sistema hídrico do Utinga, em época de estiagem.

O uso da água superficial, como Belém, além dos problemas de abastecimento, enfrenta problemas também de contaminação, tanto biológica (detritos orgânicos, bactérias, coliformes, microorganismos), como química (rejeitos industriais, metais, etc.), eutrofização e assoreamento dos mananciais, causando a diminuição da capacidade de reservação destes mananciais (TAVARES, 1992).



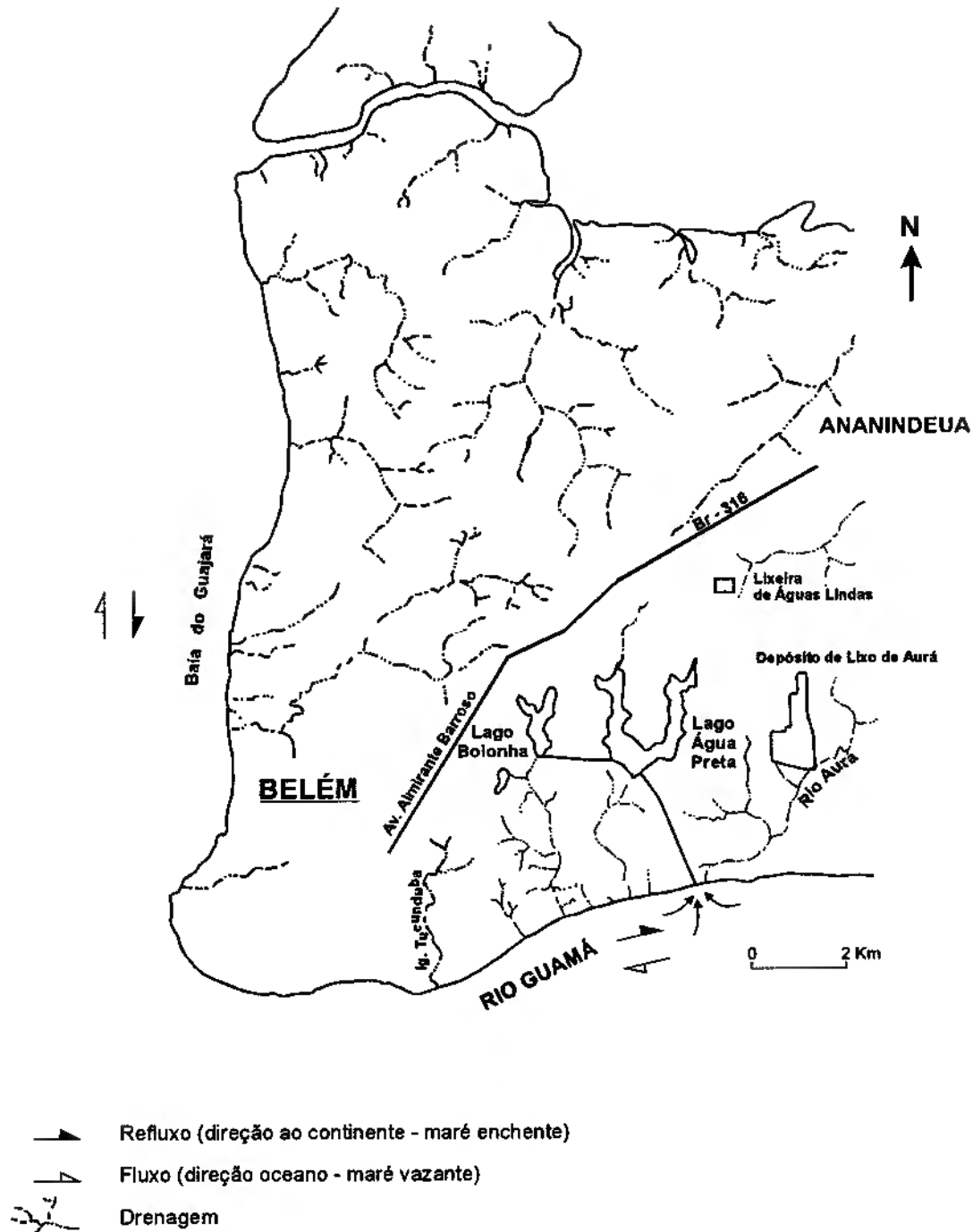


Figura 3 - Caracterização hidrológica da cidade de Belém (Maltez, 1987)

Atualmente, os igarapés possuem uma função secundária na região, todavia tem destacada importância na topografia, na formação e evolução dos vales, que modelam os diferentes níveis de relevo existentes na cidade. Estes igarapés encontram-se em parte aterrados ou canalizados, como o igarapé das Armas, servindo também como elementos limitadores de seu atual espaço, como, por exemplo, o igarapé do Una e do Tucunduba, que juntamente com o Val-de-Cães, são também os mais importantes da cidade .

A rede hidrográfica da área em estudo é representada principalmente pelo rio Aurá, principal tributário do rio Guamá. O Complexo de Destino Final de Resíduos Sólidos localiza-se dentro do contexto do sistema hídrico do Utinga, que compreende um conjunto de bacias superficiais e subterrâneas, em áreas da microbacia do Aurá, na extremidade sudeste da área, formada por drenagens de pequeno porte e de pouca extensão, tais como, os igarapés Santo Antônio, Pescada, Juvêncio, Juruca e Santana, com nascentes no próprio local. Os lagos Bolonha e Água Preta encontram-se a oeste da área do complexo, situados a uma distância de 1,4 km do local (SANTOS, 1991).

Já na área do antigo lixão de Águas Lindas observa-se o Igarapé das Águas Lindas, cuja nascente é no clube de mesmo nome às proximidades da área onde ocorreu a deposição do lixo (Anexo A).

Em todas as áreas estudadas encontram-se grandes ocorrências do uso da água subterrânea. Os moradores locais a utilizam através de poços rasos, retirando água manualmente ou através de bombas em poços profundos.

Os níveis estáticos de água subterrâneas nos locais de topografia mais baixas, encontram-se muito próximos à superfície, cerca de 50 cm, variando conforme a estação climática do ano, já que este nível sofre influência direta da água pluviométrica (BASTOS & ALVES, 1991).

## **4. REVISÃO DA LITERATURA**

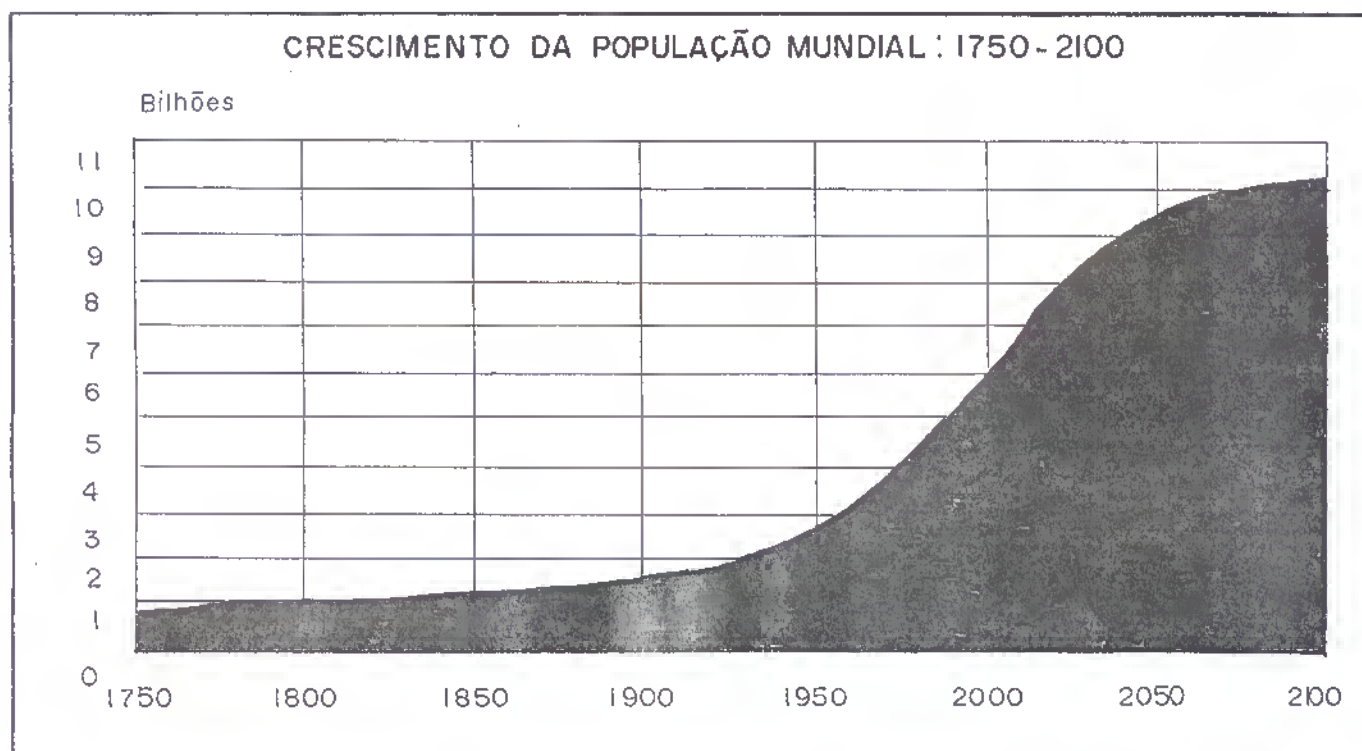
### **4.1- LIXO URBANO**

Lixo é todo resíduo sólido, oriundo da atividade diária do homem em sociedade. Os principais fatores que regem sua origem e produção são, basicamente, o aumento populacional e a intensidade de industrialização. Como o crescimento desordenado da população em ritmo acelerado implica na expansão automática da indústria, através de maior produção de alimentos e bens de consumo, pode-se concluir que a geração de lixo é um processo contínuo (Figura 4). O tratamento inadequado desta massa pode contribuir significativamente para a degradação da biosfera, em detrimento da qualidade de vida na Terra (LIMA, 1991).

#### **4.1.1- Composição do lixo:**

##### **a) Composição física**

O volume de lixo produzido diariamente varia muito durante o ano e em vários locais em uma mesma cidade em função do número de habitantes, condições climáticas e estação do ano, características urbanas, hábitos e padrão de vida da população, nível educacional, período econômico e eficiência do serviço de coleta. Em termos qualitativos, o lixo é proveniente de diversas fontes como restos de alimentos, ciscos (que incluem papéis, couros, panos e cacos), varredura de ruas, excremento e cadáveres de animais, cinzas, etc. A Tabela 1 mostra a composição média do lixo urbano brasileiro e, na Tabela 2 pode-se visualizar a composição percentual média nos diversos componentes do lixo domiciliar de algumas capitais brasileiras.



Fonte: JAMES, B. (1992).

Figura 4: Crescimento da população mundial desde 1750 e a população prevista para o ano 2000.

Tabela 1 - Composição média do lixo urbano brasileiro.

Tipo de material	Porcentagem
Papel e papelão	25,0
Osso	0,5
Plástico	3,0
Vidro	3,0
Madeira	2,0
Metais e latas	4,0
Matéria orgânica putrecível	47,5
Trapo, couro	2,5
Materiais não identificados	12,5

Fonte: Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982) in : PRADO FILHO (1991).

Tabela 2 - Composição do lixo domiciliar para algumas cidades brasileiras (em porcentagem).

Tipo de material	Porto Alegre (1981)	São Paulo (1978)	Brasília (1977)	Rio de Janeiro (1965)
Papel e papelão	14	29,6	27,9	20,1
Latas e metais	5,0	6,0	4,7	3,5
Vidros	2,2	5,0	3,5	1,6
Plásticos	0,7	9,0	6,9	-
Panos e trapos	1,0	1,5	2,8	2,8
Matéria Orgânica	72,5	37,8	28,1	70,0
Outros (madeira, couro, borracha, etc)	4,6	11,1	26,1	12,0

Fonte: PRADO FILHO, 1991.

### b) Composição química

Os compostos químicos das mais variadas naturezas têm a possibilidade de estarem presentes no lixo, por isso os metais pesados merecem destaque especial neste estudo, dado seu largo e variado uso nas diferentes indústrias, como matéria-prima ou na forma de catalizadores. De ambas as formas sofrem frequentes perdas para a atmosfera ou são lançados aos efluentes, causando comumente danos à saúde humana.

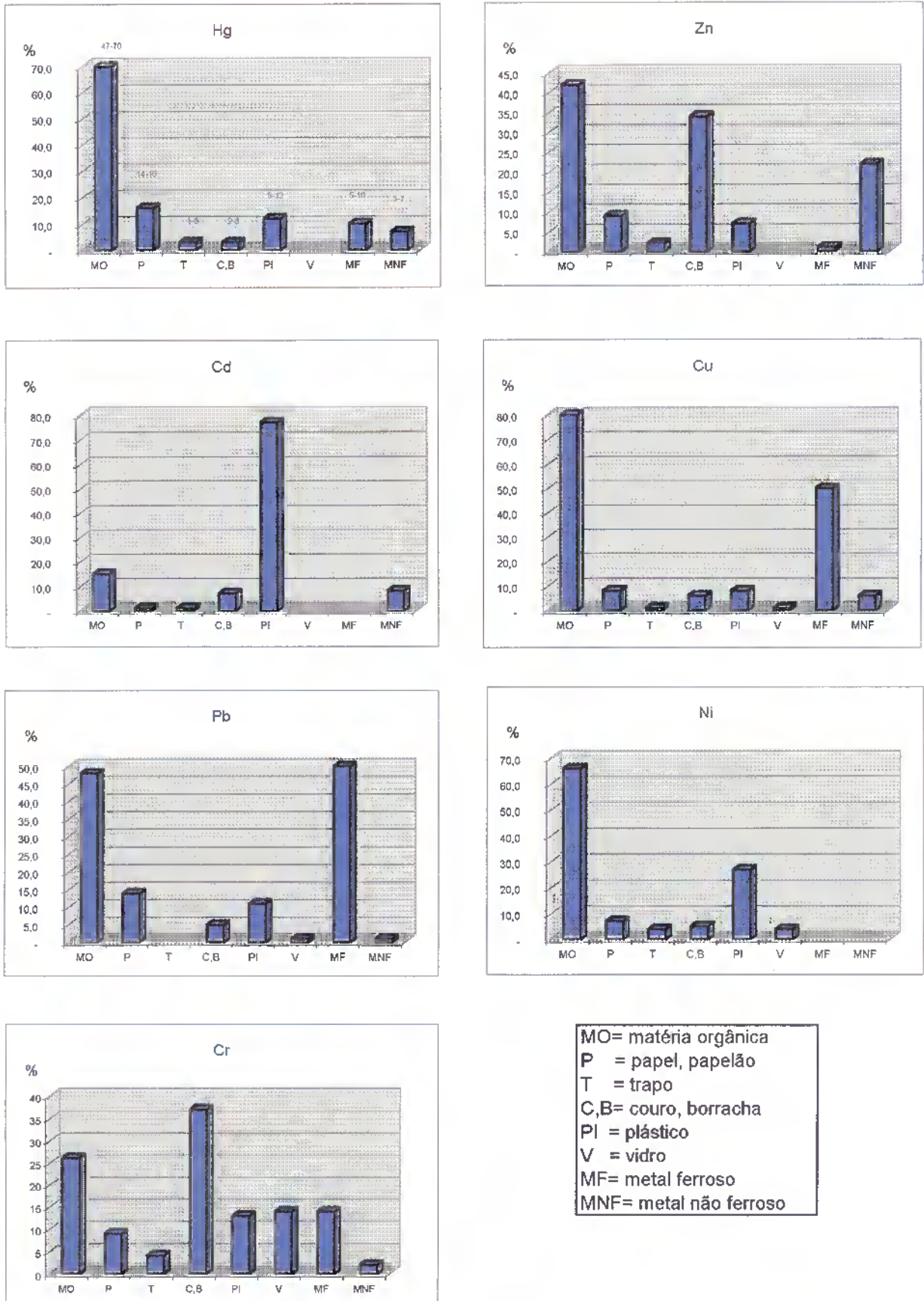
A distribuição e as concentrações de metais presentes no lixo foram estimados através dos teores destes elementos nos diversos componentes do lixo europeu e da composição média dos resíduos urbanos no Brasil, considerando-se que os processos de fabricação dos diferentes materiais que compõem o lixo são análogos e que a variação nos teores depende basicamente da composição do lixo (ROUSSEAU *et al.*, 1989; Tabela 3).

Tabela 3 - Teores médios de metais pesados no lixo, segundo ROUSSEAU *et al.* (1989).

		Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Lixo brasileiro	ppm bruto	0,2	3,0	167-282	263-369	156	12	68
	ppm seco	0,5	7,2	372-627	585-820	346	27	150
lixo francês	ppm bruto	3,4	5,3	268-320	921	149	14	50-70
	ppm seco	4,8	7,6	382-456	1316	232	20	61-95

Os principais componentes encontrados no lixo brasileiro que são fontes de metais pesados são: plásticos, pilhas, metais ferrosos, não ferrosos, papel, madeira, borracha, couro, vidro, trapos e finos (fração inferior a 20 mm; Figura 5). Os finos são uma fonte importante de metais pesados no lixo e são os principais responsáveis pela concentração de metais pesados nos compostos, devido sua propriedade de aderir a matéria orgânica durante a manipulação do lixo.

Por causa desta contaminação pelos finos, a matéria orgânica aparece como principal fonte de metais pesados no lixo com 54-66% de níquel, 47-70% de mercúrio, 21-70% de cobre, 19-48% de chumbo, 26-42% de zinco; os plásticos aparecem como principal fonte de cádmio (37-77%); o chumbo (29-50%) e o cobre (14-50%) se manifestam em quantidades importantes nos metais não ferrosos; o couro contém 35% de cromo; a borracha contém entre 32-37% de zinco, o papel é uma fonte importante de chumbo (10-14%) e as pilhas são uma importante fonte de mercúrio e cádmio (ROUSSEAU *et al.*, 1989)



**Figura 5.** Distribuição das percentagens de matéria-prima nos diferentes componentes do lixo (ROUSSEAUX *et al.*, 1989)

#### 4.1.2- Classificação do lixo

Considerando-se que o lixo possui uma complexa composição, onde atuam diversos elementos de diferentes fontes, classifica-se o lixo quanto a sua natureza e estado físico em sólido, líquido, gasoso e pastoso e, segundo o critério de origem e produção em:

- residencial, domiciliar ou doméstico, constituído de sobras de alimentos, invólucros, papéis, plásticos, vidros, trapos, etc.;
- comercial, oriundo de estabelecimentos comerciais como lojas, restaurantes, bancos, hotéis, etc. Seus componentes mais comuns são papéis, papelão, embalagens de madeira, sobras de alimentos, resíduo de lavagens, etc.;
- industrial, resulta da atividade industrial, estando neste grupo o lixo proveniente das construções. Subdividem-se em (1) resíduos perigosos, que requerem cuidados especiais quanto a coleta, acondicionamento, transporte e destino final, pois apresentam substancial periculosidade e se caracterizam pela letalidade, não degradabilidade, e efeitos acumulativos diversos, (2) resíduos biodegradáveis e/ou combustíveis e (3) inertes e incombustíveis;
- hospitalar, dividido em dois tipos, segundo a forma de geração: (1) resíduos comuns, que compreende restos de alimentos, papéis, invólucros, etc. e (2) resíduos especiais (lixo séptico) oriundos das salas de cirurgias, enfermarias, bancos de sangue, etc.;
- especial, trata-se de resíduos em regime de produção transiente como veículos abandonados, podas de árvores, descargas clandestinas, animais mortos, etc.;
- outros, provenientes do sistema de varreduras, limpeza de galerias, bocas de lobo e os não incluídos nos itens anteriores.



#### 4.1.3- Poluição pelo lixo

Os resíduos sólidos podem ter vários destinos em relação ao ambiente. Sua disposição inadequada, como em aterro a céu aberto (lixões), despejo em águas ou mangues, assim como sua queima, proporcionam diferentes vias de disposição de agentes patogênicos e/ou tóxicos e a eventual contaminação ambiental com reflexos à saúde pública.

O lixo, por conter substâncias de alto teor energético e oferecer disponibilidade simultânea de água, alimento e abrigo, pode constituir ambiente ecológico favorável aos organismos vivos. Sendo constituído de grande parcela de resíduos de natureza biológica, como fezes humanas e de outros animais, contém agentes de infecções, eventualmente transmitidos ao homem e a outros animais, que são os vetores biológicos.

Pode-se classificar em dois tipos os seres que habitam o lixo: (1) os macrovetores, como ratos, moscas, baratas, aves, suínos e o próprio homem (catador de lixo) e (2) os microvetores, que são os vermes, bactérias, fungos, protozoários e vírus. Estes vetores, quando em contato com o homem, são responsáveis por doenças respiratórias, epidérmicas, intestinais e outras enfermidades lesivas e até letais como a cólera, o tifo, a leptospirose e a poliomielite (LIMA, 1991).

As poluições física, química e biológica são os principais danos causados pela disposição inadequada do lixo nos cursos d'água, como forma de destino final. Em geral, como perturbação física pode ocorrer o aumento da turbidez, formação de bancos de lodo ou sedimentos inertes, variação do gradiente de temperatura, etc.. Estas perturbações podem ocasionar a quebra do ciclo vital de espécies do meio aquático, tornando a água biologicamente estéril.

Algumas das principais formas de poluição química são: a mudança de coloração das águas, a formação de correntes ácidas, águas duras, águas tóxicas, bem como o envenenamento de peixes, aves e outros animais, inclusive o homem.

A poluição biológica das águas se caracteriza pela elevada quantidade de coliformes e pela presença de resíduos que podem produzir transformações consideráveis que influenciam diretamente a qualidade de vida dos seres aquáticos ou daqueles que tiram deles seu sustento. A atividade enzimática de degradação do material orgânico biodegradável leva à formação de um líquido de cor negra, conhecido como sumeiro ou chorume que, ao infiltrar-se no solo é percolado pelas águas da chuva, podendo atingir o lençol freático (SANTOS, 1991). A descarga do chorume nas águas provoca a diminuição do nível de oxigênio ( $O_2$ ), devido a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Quando o oxigênio desaparece ou é reduzido a níveis baixos, os organismos aeróbicos são quase que totalmente exterminados, cedendo lugar aos anaeróbicos, responsáveis pelo despreendimento de gases como o metano ( $CH_4$ ), amônia ( $NH_3$ ) e sulfídrico ( $H_2S$ ), que além de tóxico é responsável pelo mal cheiro característico dessas águas (GROSSI, 1989). A análise de um chorume em São Paulo, no aterro sanitário da cidade, evidenciou a presença de cloretos, sulfatos e de Cu, Pb, Fe, Zn, Mn, Cd, Cr e coliformes.

A afinidade dos metais pesados por substâncias orgânicas e seus produtos de decomposição é de grande importância para o comportamento dos metais no meio ambiente. Segundo SINGER (1977), a matéria orgânica dissolvida pode complexar e aumentar a solubilidade dos metais, alterar a solubilidade e a distribuição entre formas oxidadas e reduzidas, diminuir a toxicidade e disponibilidade para a vida aquática, influenciar a adsorção pelos materiais em suspensão e afetar a estabilidade do colóide que contém o metal.

Em meio aquoso os metais podem permanecer solubilizados, precipitados ou ficar na forma coloidal. Robertson *et al apud* FENZL (1988) evidenciam que a distribuição das espécies de um metal específico é determinado por reações de competição, incluindo complexos com ligantes solúveis orgânicos e inorgânicos, mudanças no estado de oxidação, precipitação ou dissolução na fase sólida e processos de troca iônica e, sofrem influência das variações de pH, temperatura, teor de matéria orgânica dissolvida, sólidos em suspensão ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , etc), concentração iônica total,  $\text{O}_2$  dissolvido.

Segundo FÖRSTNER & WITTMANN (1983), em sistemas aquáticos verifica-se, a grosso modo, que quanto menor o pH e a concentração de sólidos em suspensão e quanto maior a quantidade de matéria orgânica dissolvida maior será a porcentagem solúvel do metal. As fontes de atração entre íons com a matéria orgânica solúvel (coloidal ou partícula) são fracas o que facilita a substituição dos íons. De acordo com KRAUSKOPF (1972), a adsorção de cátions por substâncias orgânicas se deve sobretudo a carga geral negativa dos colóides.

A grande parte dos metais pesados transportados em sistemas hídricos naturais é rapidamente adsorvida em partículas. Entretanto, os metais pesados imobilizados em sedimentos de fundo não permanecem necessariamente nestas condições. É possível que eles sejam liberados em consequência de mudanças químicas no meio aquoso. Esta reativação dos poluentes pode causar impactos ambientais completamente imprevistos (FENZL, 1988).

Os estudos em solos realizados por FENZL (1988) demonstraram que o solo, apesar de ser o menor ecossistema do ponto de vista quantitativo, exerce uma função fundamental nos processos de acumulação e distribuição dos metais e outros poluentes.

O comportamento dos poluentes nos solos e em relação às plantas depende de uma série de fatores ligados às características físico-químicas e biogeoquímicas do próprio solo (FENZL,

1988). O pH determina em grande parte a biodisponibilidade de muitos metais; a transmissibilidade e a umidade do solo influem sobre a acumulação de íons metálicos e a acumulação de matéria orgânica, que define a capacidade de troca iônica e a disponibilidade de ligantes; a atividade microbiológica e a bioquímica determinam, por seu lado, a biodisponibilidade dos metais, através de reações de metilação, complexação e adsorção; a toxidez dos metais e as reações sinérgicas e antagonísticas.

#### 4.1.4. Disposição e tratamento do lixo

No Brasil a disposição do lixo urbano atende a uma distribuição muito variada quanto às formas de eliminação, devido a fatores como diferenças de cultura da população e do nível de desenvolvimento sócio-econômico dos municípios e regiões. A Tabela 4 mostra que mais da metade do lixo urbano produzido no Brasil é despejado sem nenhuma preocupação com a qualidade ambiental.

Tabela 4 - Formas de disposição do lixo urbano no Brasil.

Tipo de disposição	Porcentagem	Tipo de disposição	Porcentagem
Disposição a céu aberto	45,78	Despejo em águas ou mangues	5,27
Aterro controlado	22,89	Estação de compostagem	4,67
Aterro sanitário	20,19	Incineração	1,2

Fonte: Conselho de Desenvolvimento Industrial *apud* PRADO FILHO (1991).

O aterro sanitário é uma forma de disposição do lixo no solo, livre de incômodos, com o resíduo sendo depositado em camadas, compactado e recoberto com material inerte que, fundamentado em critérios de engenharias e normas operacionais específicas, garantem a

pode converter um terreno inútil ou sem valor em uma área valorizada, com várias aplicações. Difere da prática condenada do aterro a céu aberto, conhecida como lixão (PRADO FILHO, 1991).

As operações básicas do aterro sanitário visam controlar vetores de doenças, odores provenientes da fermentação de resíduos orgânicos e evitar a poluição das águas pelo chorume (SISTEMA, 1984). Segundo Schneider *apud* ROHDE (1989), os aspectos mais importantes no controle da poluição e contaminação, passível de ser provocada pelos resíduos, são as implicações hidrológicas e hidrogeológicas da disposição no solo. TRINDADE & FIGUEREDO (1982) consideram o solo favorável quando apresenta características antidrenantes e encontra-se distante dos cursos d'água ou mananciais de abastecimento.

Os fatores limitantes à sua utilização são, basicamente, a disponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos que não comprometam a segurança e o conforto da população, a disponibilidade de material de cobertura diária, condições climáticas de operar durante todo o ano e a escassez de recursos humanos habilitados em gerenciamento de aterros (LIMA, 1991).

Os aterros podem ser diferenciados entre si, segundo a forma de disposição final em:

- a) aterro comum, caracterizado pela simples descarga de lixo sem qualquer tratamento, também denominado lixão, lixeira, vazadouro, etc. Este método de disposição é o mais prejudicial ao homem e ao ambiente, todavia ainda é o mais utilizado no Brasil e nos países em desenvolvimento;
- b) aterro controlado é uma variável da prática anterior, em que o lixo recebe uma cobertura diária de material inerte. Esta cobertura, entretanto, é realizada de forma aleatória, não resolvendo satisfatoriamente os problemas de poluição gerados pelo lixo, uma vez que os mecanismos de formação de líquidos e gases não são levados a termo.

c) aterro sanitário, já definido anteriormente.

A grande quantidade de matéria orgânica biodegradável presente no lixo, cerca de 2/3 desses resíduos, sugere seu aproveitamento como corretivo orgânico do solo. A compostagem consiste na estabilização da matéria orgânica presente no lixo por ação biológica dos microorganismos presentes no próprio resíduo.

## 4.2- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS METAIS PESADOS ESTUDADOS

Os metais são amplamente encontrados na natureza, sendo que nos meios aquáticos normalmente estão em quantidades muito pequenas de traços. A sua toxicidade depende principalmente da frequência, disponibilidade e solubilidade. Alguns metais podem ser classificados na categoria dos muito tóxicos e acessíveis como o mercúrio, zinco, cádmio, chumbo, cobalto, níquel, entre outros ( Stoker *apud* FIGUEIREDO, 1990).

As inter-relações entre os elementos traços, no que tange a sua toxicidade, também são pouco compreendidas. Algumas enfermidades podem resultar de dois ou mais metais agindo em conjunto. Em outros casos, excesso ou deficiência de um elemento traço pode agir indiretamente induzindo a deficiência ou a toxicidade de outro elemento traço. Por exemplo, o cádmio compete com o ferro e o zinco pela absorção intestinal, de tal modo que um pequeno envenenamento pelo cádmio pode ser a causa de uma deficiência enigmática de ferro ou zinco.

Pesquisas e dados recolhidos nos últimos anos documentaram bastante bem as fontes e o desenvolvimento temporal dos processos de poluição (Figura 6). Porém, no caso dos metais pesados, estes dados ainda não permitem conclusões sobre os perigos atuais e futuros que estes elementos representam para a produção de alimentos e qualidade das águas consumidas ( FORSTNER & WITTMANN, 1983). Os metais pesados tendem a suplantam os pesticidas como problema ambiental número um em muitos países desenvolvidos e a sua poluição ainda não apresenta tendência a diminuição.

### 4.2.1- Cobre

É um metal de cor avermelhada, dúctil e maleável, encontra-se na natureza principalmente em jazimento de sulfetos polimetálicos como a calcopirita, crupita, malaprita,

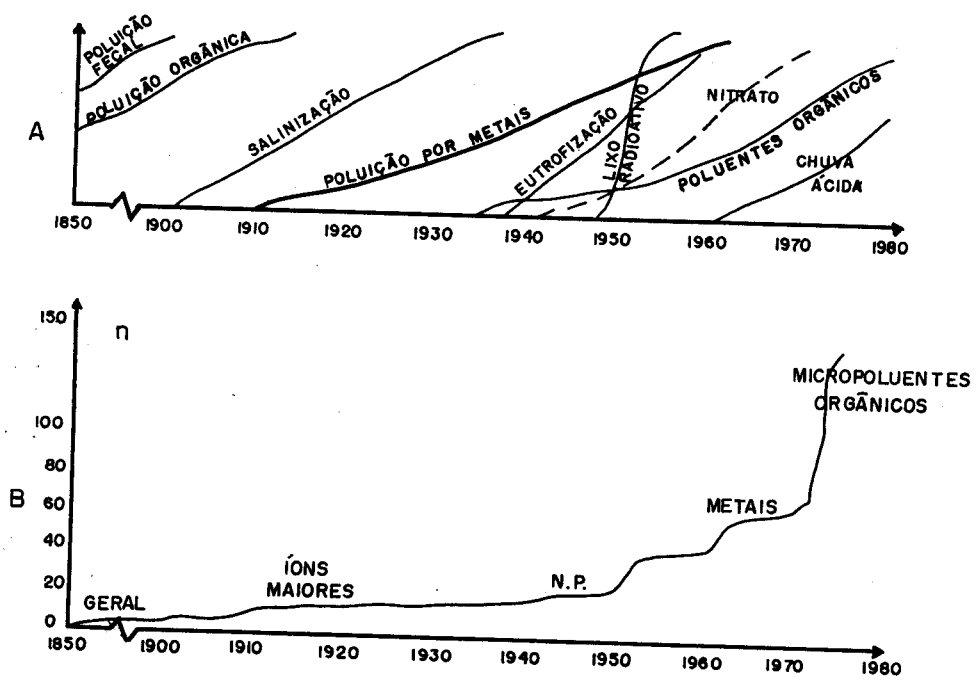


Figura 6 : Desenvolvimento temporal das fontes de poluição nos últimos anos, no oeste europeu e nos EUA (MEYBECK & HELMER, 1989).



calcocita, bornita azurita e cobre nativo. Os complexos de cobre são conhecidos em três estados de oxidação:  $\text{Cu}^{1+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{3+}$  (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

Suas propriedades de maleabilidade, ductibilidade, condutividade, resistência a corrosão, qualidade das ligas e boa aparência tornam seu uso bastante requisitado na indústria elétrica, na fabricação de condutores e cabos elétricos, construção, solda e na indústria automobilística. Seus usos também incluem arame, circuitos impressos, medalhas, painéis, caldeiras, tubos, registros (válvulas e torneiras), hélices para navios, sino-carrilhão, maçanetas, latões, parafusos, chapas, tubos e arruelas (DUARTE, 1977).

Em ambientes aquáticos o cobre pode existir na forma particulada, coloidal e solúvel. A fase dissolvida pode conter tanto o íon livre como o cobre complexado com ligantes orgânicos e inorgânicos. As espécies de cobre ocorrente em águas naturais é determinada por características físico-químicas, hidroquímicas e o estado biológico das águas (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

Sobre seu possível efeito tóxico no homem, alguns estudiosos constataram que para produzir intoxicações, seriam necessárias concentrações de 20 ppm de cobre ou no mínimo 100 miligramas por dia na água. Entretanto, vários pesquisadores concluíram ser impalatável, dado ao gosto que produz, uma água que tenha cobre na concentração de 5 ppm. A OMS estabeleceu como aceitável, na água para consumo humano, o limite de 1 ppm (DUARTE, 1977).

No homem, o cobre é um potente veneno para as hemáceas, danificando suas membranas celulares e inibindo uma variedade de enzimas. O envenenamento por ingestão de sais de cobre, por exemplo, o  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  provoca náuseas, vômitos, taquicardia e sede muito forte (LOURIA, 1984). Os peixes e as algas são muito sensíveis ao cobre, apresentando com facilidade o mecanismo da bioconcentração.

#### 4.2.2- Chumbo

O chumbo é um metal cinzento-azulado, brilhante, dúctil, maleável e trabalhável à frio. É um dos metais mais primitivos usados pelo homem e seu uso tem persistido através dos séculos. É estável nos estados de oxidação  $Pb^0$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Pb^{4+}$ .

Raramente ocorre em seu estado natural, mas sim em combinação com outros elementos, formando numerosos sulfetos, sulfossais, fosfatos, arseniados e silicatos. Seus mais importantes minérios são a galena ( $PbS$ ), a cerusita ( $PbCO_3$ ), a anglesita ( $PbSO_4$ ) e a piromorfita ( $Pb_3Cl(PO_4)_3$ ).

Atualmente o chumbo é um dos metais de maior uso industrial. É empregado principalmente em baterias de automóveis, como aditivo antidetonante, em tintas de impressão, embalagens, fabricação de munição para armas, solda, na indústrias metalúrgicas, indústria de vidro, vitrificação de peças cerâmicas, entre outros.

A contaminação de chumbo no meio ambiente é principalmente de origem antropogênica e em menor escala de origem natural. A produção de minerais metálicos não ferrosos é uma importante fonte antropogênica deste metal e as principais fontes das emissões naturais são as partículas finas transportadas pelo vento (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984). Sua tendência é seguir um crescimento lento, já registrado nos anos anteriores, pela diversidade de usos e crescimento demográfico, aumentando a demanda de derivados deste metal.

O chumbo é liberado com facilidade dos minerais durante o intemperismo e transportado na forma de compostos solúveis (MELLOR, 1967). Uma vez que chega ao solo, permanece indefinidamente e só uma pequena parte é transportada pela chuva, por isso deve-se considerar o solo um dos principais depósitos deste contaminante, apresentando concentrações que variam de 2

a 2000 ppm. Segundo a OMS, em águas naturais é recomendável não mais que 0,1 ppm (ALBERT, 1988).

Segundo Catalan *apud* FIGUEREDO (1990), os sais de chumbo são muito tóxicos e afetam principalmente o sistema hematológico, o sistema nervoso central e o renal. Saturnismo é o nome dado a intoxicação crônica causada pelo chumbo. O plumbismo é uma doença causada por envenenamento agudo pelo chumbo, difícil de diagnosticar, provoca danos no cérebro e sérios problemas comportamentais. Uma das consequências mais comuns do envenenamento a longo prazo por chumbo é a infecção nos rins, conhecida como nefrite.

A toxidez dos compostos de chumbo é devida a um complexo estado de solubilidade em várias estruturas do organismo, células e organelas. É um veneno com efeitos marcadamente não específicos, justamente porque afeta no homem órgãos diferentes, motivo porque seus efeitos podem até não ser relacionados a ele. Células de muitos tecidos o absorvem: células vermelhas do sangue, rins, ossos, cabelos, nervos, fígado e vasos sanguíneos (DUARTE, 1977).

#### 4.2.3- Zinco

Seu maior uso é na galvanização de ferro e produtos de aço, seguido das ligas a base de zinco utilizadas na indústria automobilística, no fabrico de chapas, placas de revestimento e peças. Mais da metade do óxido de zinco produzido é empregado como catalizador na vulcanização da borracha e em tintas (pigmentos brancos), papéis de fotocópia e produtos agrícolas.

Das emissões antropogênicas de zinco a nível mundial, a combustão da madeira contribui com uma parcela expressiva (23,9%) em relação ao total, mostrando ser uma fonte importante deste metal, juntamente com a incineração do lixo (11,8%) e a produção de ferro e aço (11,1%) (ALBERT, 1988).

Grandes quantidades de zinco são descartadas no rios, através de resíduos químicos provenientes de algumas fibras sintéticas. Na angra (bight) de Nova York, em locais livres de despejos de esgoto, a concentração de zinco é de 16 a 20 ppm, enquanto em zonas de despejo chega a 254 ppm. Embora níveis de zinco dissolvidos em águas doces geralmente variem de 0,5 a 15 ppm, muitos resíduos elevados tem sido registrados em áreas industriais. Níveis totais de zinco em sedimentos quase sempre excedem 1000 ppm (peso seco), em áreas vicinais de mineração de metais. Em áreas não contaminadas possuem concentração < 50 ppm (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

O zinco é essencial para o homem e é constituinte de várias enzimas, por outro lado, distúrbios gastrointestinais podem ocorrer se altas concentrações de sais solúveis de zinco forem ingeridos (Gesamp *apud* RIBEIRO, 1979).

#### 4.2.4- Cádmio

O cádmio em ambientes naturais possui estado de oxidação  $Cd^{2+}$ . É comumente encontrado associado na forma de carbonatos e sulfetos (BARROS, 1992). O metabolismo do cádmio é semelhante ao do zinco, chegando mesmo a competir com este em muitas reações enzimáticas vitais. Está presente como um constituinte menor e inevitável em quase todos os compostos de zinco, os quais contém em geral 0,1 a 0,3% de cádmio, quando que relacionado com chumbo e o cobre pode aparecer em concentrações maiores (ALBERT, 1988).

O cádmio é relativamente raro e sua abundância nas rochas pode ser comparada à do mercúrio. Talvez devido a sua instabilidade nos composto orgânicos, o cádmio somente é encontrado na natureza em sua forma inorgânica (HEM, 1985).

O cádmio provém do intemperismo e erosão das rochas, entretanto, este meio natural é insignificante se comparado com ao que resulta da atividade do homem. O seu aumento no ambiente tem ocorrido como resultado do seu uso industrial, através da produção de metais como cobre, zinco e chumbo que contribuem para a poluição.

O metal é um componente de ligas, usada na manufatura de condutores elétricos, galvanoplastia (como impureza de zinco), na vitrificação de peças cerâmica, vidros, pigmentos vermelho-amarelo, como estabilizadores em plásticos, baterias, semicondutores, na indústria de fotografias, de borracha, próteses dentárias, proteção anticorrosiva, porcas e parafusos (LOURIA, 1984 ; PERUZZO & CANTO, 1993).

Em ambientes aquáticos marinhos é encontrado principalmente nos sedimentos de fundo e nas partículas em suspensão. Em águas não poluídas sua concentração é usualmente menor que 1 ppb. A precipitação remove efetivamente o cádmio da atmosfera, por isso, as concentrações nas águas de chuvas podem exceder 50 ppb.

Os sais de cádmio apresentam uma solubilidade muito variável em água, já que o sulfato e o nitrato são relativamente solúveis, enquanto que os óxidos, hidróxidos e carbonatos são praticamente insolúveis em águas (ALBERT, 1988). Os resíduos de cádmio em sedimentos de águas naturais é altamente variável, desde  $< 0,1$  ppm (peso seco), até  $> 3000$  ppm.

A concentração normal de cádmio nos solos é usualmente bem abaixo de 1 ppm, mantendo-se entre 0,01 e 0,5 ppm. As principais variações de seu conteúdo no solo devem-se a composição da rocha mãe e ao uso de fertilizantes e agrotóxicos e à contaminação atmosférica. O cádmio, assim como o chumbo, transfere-se de um lugar para o outro através de processos físicos como o vento e a erosão e através de processos biológicos (ALBERT, 1988).

Resumidamente, pode-se dizer que as concentrações de cádmio no ambiente são muito baixas, variando de 1 ppm em águas naturais a 0,5 ppm em solos e sedimentos. As correspondentes concentrações de zinco geralmente são de uma ordem de magnitude de 1 a 3 vezes maior (ALLAWAY *et al.*, 1974).

Em zonas não poluídas a concentração média de cádmio no ar é de aproximadamente 0,001 ug/m<sup>3</sup>, ocasionando uma aspiração diária de no máximo 0,02 ug/pessoa. A OMS e a EPA (Environment Protection Agency) recomendam o limite de 10 ppb nas águas para consumo humano. Para uma margem de segurança, a OMS também recomenda que a concentração de cádmio nas águas seja de até 5 ppb. Segundo OTTAWAY (1982), o cádmio é carcinogênico em doses superiores a 0,01 ppm. Estudos de THURSTON (1979) estabeleceram que para a preservação da vida aquática deveria ser observado um valor máximo de 0,4 ppb, enquanto REEDER *et al.* (1979) estabeleceram um valor de 0,2 ppb.

O cádmio forma complexos moderadamente estáveis, com uma variedade de compostos orgânicos, preferindo como doadores átomos de S, Se e N. Interage fortemente com grupos sulfidrilas. A matéria orgânica encontrada nas águas naturais também contém átomos doadores para a formação de complexos com o cádmio.

Segundo FIGUEREDO (1990), no homem o cádmio é absorvido e concentra-se principalmente nos rins e no fígado. É irritante e nefrológico, podendo provocar intoxicação aguda e subaguda ou crônica. Efeitos genéticos carcinogênicos e teratogênicos também foram observados nos experimentos com animais.

O cádmio é um tóxico acumulativo extremamente perigoso. Em mamíferos, peixes e provavelmente outros animais, ocorre um envenenamento crônico e progressivo, porque quase não há excreção do metal. Devido a sua ~~acumulação~~ acumulação no organismo ter uma longa meia vida (10-30

anos) a ingestão de pequenas quantidades de peixes contaminados, por longo período pode levar à intoxicação por cádmio (LOURIA, 1984).

O zinco é um nutriente essencial, mas o cádmio não tem uma função biológica reconhecida. Cádmio e zinco competem com certos ligantes biológicos “in vivo” (MOORE & RAMAMORTHY, 1984 ). Para que se possa avaliar seus riscos à saúde humana é necessário conhecer o metabolismo de sua absorção, distribuição e eliminação no organismo humano, bem como sua presença no meio ambiente. Os metais chegam ao organismo através da inalação, ingestão ou resorção cutânea (BATTALHA & PARLATORE, 1977).

#### 4.2.5-Mercúrio

O mercúrio é o único metal puro que se apresenta em estado líquido à temperatura normal. Na hidrosfera, solos, sedimentos e na crosta o mercúrio pode ocorrer de diversas formas químicas, tais como  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ,  $\text{Hg}_3$ . A ação das bactérias cataliza algumas reações do mercúrio, sobretudo as de formação do metilmercúrio que é a forma mais tóxica (Kaiser & Tolg, Purves *apud* RAMOS & COSTA, 1990). Como o mercúrio pode existir no ambiente sob inúmeras formas físicas e químicas, que controlam seu comportamento, a conversão entre as diferentes formas tem sua distribuição ambiental bastante complexa (LACERDA, 1990).

É um metal muito volátil que pode existir em 3 estados de oxidação: elementar ( $\text{Hg}^0$ ), íon mercurioso ( $\text{Hg}_2^{2+}$ ) e íon mercúrio ( $\text{Hg}^{2+}$ ). O mercúrio é oxidado a mercúrio (II) sob condições naturais e metilado por bactérias anaeróbicas e também no fígado e intestino dos peixes (Graig *apud* SILVA *et al*, 1989).

O mercúrio é um bom solvente para alguns metais e forma facilmente amálgama à temperatura ordinária com ouro, prata, cádmio, estanho, chumbo, zinco e sódio (MELLOR, 1967).

A estimativa anual de mercúrio que entra no sistema de uma maneira global é da ordem de 44230 t, da qual 80% é de fonte natural e 20% de fonte antropogênica (BEZERRA, 1990).

Segundo DUARTE (1977), as fontes naturais podem ser terrenas e extraterrenas. Entre as fontes artificiais estão incluídas mais de 80 tipos de indústrias, que utilizam o mercúrio em pelo menos 300 formas diferentes. Além da combustão de carvão fóssil e defensivos agrícolas, outras fontes são as indústrias de cosméticos, produtos cirúrgicos, medicamentos e fermentação da cerveja (BARROS, 1988). O mercúrio é usado também em barômetros, termômetros, iluminação, luz terapêutica, baterias, odontologia, desinfetante, fabricação de álcali-cloro, na fabricação de fungicidas, pesticidas, inseticidas, lâmpadas, luz neon, papéis, tintas, corantes, equipamentos elétricos e jóias.

Segundo o Departamento de Saúde, Educação e Bem-estar Americano, o dano causado pelo mercúrio é permanente e não existe tratamento algum, a não ser a prevenção (DUARTE, 1977). BARROS (1988) diz que no meio ambiente e no homem os efeitos são irreversíveis quando ultrapassam os limites de tolerância.

Dependendo da sua forma físico-química, o mercúrio apresenta diferentes processos cinéticos e efeitos tóxicos. O mercúrio elementar é absorvido por inalação de seus vapores (Galvão *et al apud* SILVA *et al*, 1989). Os organomercúrios e o metilmercúrio encontram-se bioconcentrados nos peixes em áreas contaminadas. São tóxicos para o homem, pois cerca de 80% é absorvido no aparelho digestivo, acumulando-se gradativamente (SILVA *et al*, 1989). A



toxidez seletiva do mercúrio é devida também a sua seletiva distribuição no organismo (DUARTE, 1977).

Segundo RAMOS (1992), diversos autores consideram como valores de *background* de mercúrio total, em sedimentos de drenagem concentrações até 0,5 ppm, dependendo da situação geográfica e geológica. A OMS considera concentrações baixas valores de 50 a 500 ppb (ALMEIDA, 1992). PRATER & ANDERSON (1977) classificam os ambientes em não poluídos quando os teores são menores que 1,0 ppm e altamente poluídos quando são maiores que 1,0 ppm. Lindsay apud SOUZA (1995) cita para solos concentrações mais frequentes de 0,01 e 0,3 ppm. TSALEV e ZAPRINOV (1984) consideram como solos não contaminados valores menores que 0,1 ppm. Jnasson & Boyle apud VEIGA *et al.* (1991) encontraram no horizonte A dos solos teores entre 0,2 e 1,86 ppm.

A toxicidade do mercúrio depende da forma pela qual ele é introduzido no organismo. O mercúrio possui uma forte afinidade pelos grupamentos sulfidrilas, amina, fosforil e carboxila e inativa uma ampla variedade de enzimas. Segundo LOURIA (1984), pode ser dividido em: a) mercúrio metálico Com fraca exposição as manifestações são sutis e o diagnóstico difícil, podendo ocorrer calafrios, febre tosse, dor torácica, hemoptise, insônia, nervosismo, dificuldade de decisão, deficiências de memória, cefaléias, fadiga, perda de vigor sexual e depressão, são manifestações precoces erroneamente associadas a causas psicogênicas; quando inalado é absorvidos pelos alvéolos e o tecido alvo é o cérebro; b) mercúrio inorgânico, considerado tóxico, causando principalmente manifestações renais; c) organomercuriais com metabolismo rápido a mercúrio inorgânico, que incluem os sais de fenil e monometil, causando sintomas renais; d) compostos alqui-mercúrico, causando danos renais e cerebrais.

#### 4.2.6- Níquel

O níquel é um metal branco prateado, duro, resistente e pouco sensível à corrosão, que se funde a 1450 °C. Encontra-se em estados de oxidação entre 1<sup>-</sup> a 4<sup>+</sup>, sendo 2<sup>+</sup> seu estado mais comum.

Provêm de sulfetos minerais como a pentlandita, misturada com a calcopirita e a pirrotita e de minérios silicatados como a garnierita. As propriedades físicas do níquel como resistência à corrosão, alta resistência e durabilidade sobre uma ampla série de temperatura e eletricidade e a habilidade de se ligar a outros metais na formação de ligas são as principais vantagens em quase todos os usos deste metal.

Mais de 75% do níquel produzido é consumido na produção de ligas metálicas, compoindo mais de 3000 diferentes tipos de ligas. É usado em manufatura de vagões, indústria química, incluindo a manufatura de fertilizantes e maquinaria para processamento de alimentos, refinaria de petróleo, arquitetura, maquinaria pesada, componentes magnéticos e equipamentos elétricos. É também usado em fitas magnéticas, corantes e tintas, plásticos acrílicos, moedas, latão para leite, talheres, ouro branco, cadinhos, baterias recarregáveis e catalizadores para polimeração.

As emissões globais de níquel antropogênico estão principalmente relacionadas com a produção primária de metais não ferrosos a saber: cobre, chumbo, zinco e níquel, além da produção secundária de metais, produção Fe-aço, aplicação industrial, combustão do carvão, óleo, gasolina, madeira, incineração do lixo e a produção de fertilizantes com fósforo.

De todos os compostos de níquel, o mais tóxico é o níquel carbonílico, criado pela sua reação com o monóxido de carbono. O níquel elementar é altamente ativo na superfície e assim adere às partículas do ar, podendo constituir uma maior fonte de níquel para a população urbana.

É um potente carcinogênico no trato respiratório (pulmonar, nasal e laringe). Seu efeito adverso mais frequente no homem é a dermatite. O  $\text{Ni}^{2+}$  forma complexos estáveis com ligantes orgânicos e inorgânicos.

Concentrações de níquel em águas costeiras não contaminadas são da ordem de aproximadamente 1.8 ppb. A entrada antropogênica pode aumentar este nível para 2,5 - 15 ppb (Snodgrass *apud* MANCE, 1990).

#### 4.2.7- Cromo

O cromo metálico possui algumas características semelhantes a do alumínio à temperatura ambiente, ambos resistem à ação da atmosfera, pois forma-se em sua superfície fina camada aderente protetora de óxido.

São encontrados compostos de cromo com todos os números de oxidação entre 2<sup>+</sup> e 6<sup>+</sup>, sendo que os mais comuns são 2<sup>+</sup>, 3<sup>+</sup> e 6<sup>+</sup>. No estado de oxidação 3<sup>+</sup>, o cromo forma complexos relativamente inertes que podem ser isolados completamente. É oxidado rapidamente por uma grande quantidade de  $\text{MnO}_2$  e lentamente pelo oxigênio em condições aproximadas com as das águas naturais. O  $\text{Cr}^{6+}$  é facilmente reduzido pelo  $\text{Fe}^{2+}$ , sulfetos dissolvidos e certos compostos orgânicos.

Os principais usos industriais do cromo são metalúrgicos, refratários e químicos. A liga Fe/Cr é utilizada diretamente como aditivo ao aço para produzir o aço inoxidável, que tem pelo menos 10% de cromo. Esses, além da resistência a corrosão, são muitos duros. O cromo metálico puro é utilizado principalmente em ligas não ferrosas. O fato de se oxidar superficialmente faz com que ele seja usado para proteger outros metais mais reativos. Outros usos incluem ferramentas, facas, catalizador na preparação do metanol, tintas para camuflagem, laser; fita cassete e de vídeo,

indústria de metais e galvanização, na fabricação de corantes, esmaltes, tintas e como agentes curtidores na indústria do couro (PERUZZO & CANTO, 1993).

Segundo FIGUEREDO (1990), o cromo não existe naturalmente nas águas naturais, a não ser que seja proveniente de poluição de natureza antrópica. A principal emissão do cromo em águas superficiais é oriunda de processos de galvanização, onde as emissões não controladas poluem as águas com  $\text{Cr}^{6+}$ . Fontes de poluição como o  $\text{Cr}^{3+}$  são provenientes de produtos têxteis contendo corantes contaminados e águas residuárias do curtimento do couro (Jaworski *apud* MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

Estudos da especiação do cromo em águas residuárias municipais realizados por Jon & Young *apud* MOORE & RAMAMOORTHY (1984) mostraram que 67 a 98% deste metal encontra-se principalmente no estado particulado.

O  $\text{Cr}^{6+}$  é mais tóxico que o  $\text{Cr}^{3+}$  devido sua maior assimilação pelo organismo. Quando ingerido pode provocar câncer no pulmão (Catalan *apud* FIGUEREDO, 1990). A concentração máxima permitida pela OMS em águas é de 0,05 ppm.

Há substanciais evidências epidemiológicas que a exposição ao cromato esteja associada a uma incidência aumentada dos casos de câncer pulmonar. Pessoas expostas ao cromo podem apresentar disfunção do túbulo renal proximal e podem sofrer perfurações do sépto nasal (LOURIA, 1984).

#### 4.2.8- Ferro e Manganês

O ferro é um elemento metálico de cor cinzento-azulada. Os principais minérios de ferro são a hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), limonita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) e a siderita ( $\text{FeCO}_3$ ).

É um elemento abundante e largamente espalhado em rochas e solos. Em sedimentos o ferro ocorre na forma ferrosa em minerais tais como os polissulfetos (pirita e marcassita),

carbonato siderítico e na magnetita, a qual também encontra-se em rochas ígneas e metamórficas (HEM, 1985).

Como acontece com o alumínio e o cromo, o ferro fica passivo em contato com  $\text{HNO}_3$  concentrado, mas a camada superficial de óxido que se forma em sua superfície pode ser facilmente removida com  $\text{HCl}$ . Exposto à atmosfera e à água o ferro sofre um processo de corrosão.

A velocidade de corrosão só é apreciável na presença de um eletrólito, que efetua o transporte de elétrons. A beira-mar, existe em suspensão na atmosfera partículas de sais; em áreas urbanas geralmente é o  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ , cuja origem remonta ao  $\text{SO}_2$  liberado na atmosfera por veículos e/ou instalações industriais (MANCINI, 1990).

O ferro é amplamente usado em veículos, pontes, estruturas, aço, máquinas, ímãs, latas, ferramentas, parafusos; catalizador para fabricação de amônia, etc. (PERUZZO & CANTO, 1993).

O manganês é abundante na crosta terrestre e, em geral, associado ao minério de ferro. É essencial à vida animal e vegetal e entra na constituição de certas enzimas.

Com a água e com ácidos diluídos não oxidantes, libera  $\text{H}_2$ , formando-se  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}_{(\text{aq})}$ . Em temperaturas altas reage vigorosamente com muitos não metais, entre os quais  $\text{O}_2$  (KRAUSKOPF, 1972).

O maior uso deste metal é na fabricação do aço, com a finalidade de remover traços de  $\text{O}_2$  e  $\text{S}$  que formando com ele  $\text{MnO}$  e  $\text{MnS}$  são separados na escória. O manganês contribui para aumentar a dureza do aço (BARROS, 1992).

O manganês é usado em aço, trilho, ferramenta, eixo de roda, cofre, arado, acumulador, vidro, pigmento preto, etc. (PERUZZO & CANTO, 1993).

Nos seres humanos, o manganês encontra-se concentrado principalmente nos gânglios basais e no cerebelo. Algumas manifestações da intoxicação por manganês incluem comportamento compulsivo, risos explosivos e involuntários, cefaléia, fraqueza muscular, tremores, demência, distúrbios da fala, irritabilidade e defeito na memória.

As características do ferro e do manganês são muito semelhantes. Em solução com baixo potencial de oxi-redução e baixo pH, ambos são estáveis sob a forma de íons bivalentes (KRAUSKOPF, 1972). Eles formam carbonatos, sulfetos e silicatos que são facilmente oxidados nas condições de superfície, formando óxidos muito insolúveis de valência superior.

Os íons ferro e manganês introduzem-se no sistema aquático a partir da água superficial e subterrânea. Em águas subterrâneas geralmente ocorrem em estado de oxidação reduzida na forma de Mn (II) e ferro (II), porém na presença do oxigênio dissolvido em águas superficiais, pH neutro ou levemente alcalinos, são oxidados para as formas solúveis  $Fe_2O_3 \cdot (H_2O)_x$  e  $MnO_x$  (FORSTNER & WITTMAN, 1983).

Oxi-hidróxidos de ferro e manganês tem alta capacidade de adsorção por metais pesados, principalmente a valores de pH altos. A liberação do ferro e do manganês ocorre principalmente sob condições anaeróbicas na zona de contato sedimento-água, porém pode ocorrer limitadamente sob condições aeróbicas, por agentes orgânicos complexantes e pelas atividades metabólicas dos organismos, principalmente bactérias (FORSTNER & WITTMAN, 1983).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. MATERIAL**

Foram coletadas 65 amostras, sendo 33 de sedimentos, 14 de solos e 18 de água. Os sedimentos foram coletados em pequenas drenagens receptoras do chorume, dentro da área do depósito de lixo do Aurá, no rio Aurá e no igarapé das Águas Lindas. As amostras de solo foram coletadas em função da localização, acesso e representatividade. As amostras de água foram coletadas nas drenagens, poços rasos e artesianos, para posterior análise bacteriológica no Instituto Evandro Chagas.

As amostras de solo foram identificadas pelas letras SO (SOLO), as de sedimento pela letra S (SEDIMENTO) e as de água pela letra A (ÁGUA), seguindo-se a numeração de 1 a 65. A localização dos pontos de amostragem e descrição das amostras foram feitas em tabelas e representadas em mapas de amostragem (Anexo F).

### **5.2. MÉTODOS**

A metodologia de estudo foi subdividida em: procedimento de campo, procedimento de laboratório e tratamento dos dados.

#### **5.2.1. Procedimentos de campo**

Duas campanhas de amostragem foram realizadas em cada área estudada, uma em período de pouca chuva (agosto e outubro de 1993) e outra em período mais chuvoso (abril e junho de 1994). As áreas de Santana do Aurá e de Águas Lindas foram escolhidas porque são áreas de depósito de lixo e, por isso, facilmente vulneráveis à contaminação por metais pesados e o rio Aurá, devido a sua proximidade em relação ao depósito de lixo do Aurá e pela sua importância no contexto hidrológico da região.

### 5.2.1.1. Amostragem

Os deslocamentos para amostragem em terra foram realizados de carro e a pé, sendo as áreas de fácil acesso. Nos rios e igarapés, a coleta foi feita em barco de alumínio motorizado. Na primeira campanha fez-se o reconhecimento da área e a escolha dos locais mais representativos, coleta e identificação das amostras, com descrições dos locais amostrados, croqui de localização e localização em mapas. Na segunda campanha foram repetidos os procedimentos da anterior.

As amostras de sedimento de fundo das drenagens foram coletadas com auxílio de um amostrador de garra (marca Van Essen Delf) em locais de maiores profundidades ou com uma pequena pá e logo acondicionados em sacos de plástico.

As amostras de solo foram coletadas na superfície (0-10 cm), com a mão ou com auxílio de uma pequena pá e acondicionadas em sacos de plástico.

Para o exame bacteriológico foram usados balde, corda e garrafas de polietileno de 5 litros, previamente esterilizadas. A coleta foi feita em poços, mergulhando-se o balde a uma profundidade de aproximadamente 0,5m abaixo do nível da água, tendo-se o cuidado de não encostá-lo junto as paredes do poço e, imediatamente, colocadas em garrafas, logo fechadas, para posterior análise pelos técnicos do Instituto Evandro Chagas.

## 5.2.2. Procedimento de laboratório

### 5.2.2.1. Preparação das amostras

As amostras de solo e de sedimento de fundo foram secas à temperatura ambiente (25°C) e peneiradas em malha de 80 mesh. A umidade (H<sub>2</sub>O) foi determinada pelo método gravimétrico indireto, colocando-se as amostras já peneiradas em estufa a 110°C, por 2 horas e calculando-se a diferença de massa. Para a análise de mercúrio, a determinação da umidade foi obtida em uma alíquota separadamente, para que não ocorresse perda por volatilização.



A abertura das amostras para análise de metais totais foi feita com digestão ácida com HF + HClO<sub>4</sub> 10:1 e diluição com HCl 1:1, na relação 1g : 50 ml. Para metais extraíveis foi feita lixiviação com HCl 0,5 N e agitação durante 16 horas, na relação 2 g : 20 ml, e posterior filtração lenta.

A digestão química das amostras para análise de mercúrio total foi realizada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> e V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

#### 5.2.2.2. Análise química das amostras

O ferro foi analisado pelo método da ortofenantrolina, onde o cátion férrico é dissolvido, reduzido a ferroso com hidroxilamina em meio ácido e, em seguida, tratado com 1-10-fenantrolina, em pH = 3,2-3,3. A reação produz um complexo de coloração vermelho-alaranjada, cuja leitura da intensidade de cor é lida em espectrofotômetro com  $\lambda = 510$  nm.

A determinação do mercúrio se deu por espectrofotometria de absorção atômica, através da técnica do vapor frio, proposta por Knechtel & Frase *apud* COSTA & COQUEIRO (1988), com leitura feita no monitor de mercúrio (Milton Roy), no laboratório da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM).

Os metais cobre, chumbo, zinco, cádmio, níquel, cromo e manganês foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica em chama de emissão, no Laboratório de Absorção Atômica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará.

O carbono orgânico foi analisado pelo método WALKLEY-BLACK, modificado por GAUDETTE *et al.* (1974), através da complexação da amostra por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e NaI, neutralizada pela solução de sulfato ferroso de amônia.

Os exames bacteriológicos foram realizados nos laboratórios do Instituto Evandro Chagas, Belém, através da técnica dos tubos múltiplos, sendo analisados os coliformes totais, coliformes fecais e salmonellas.

### **5.2.3. Tratamento dos dados**

Os dados obtidos neste trabalho foram divididos em cinco grupos de amostras, que representam os sedimentos de Águas Lindas, de Santana do Aurá, do rio Aurá e os solos dos depósitos de Águas Lindas e de Santana do Aurá, subdivididos em primeira e segunda etapa de campo.

## 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1- GRUPO 1 - SEDIMENTOS DE ÁGUAS LINDAS

Na primeira fase de campo, em agosto de 1993, período de pouca chuva na região, foram coletadas 3 amostras para análise total e parcial, sendo a amostra S-16 coletada a 30 m a jusante da barragem do igarapé das Águas Lindas, a amostra S-20 coletada em uma vala na beira da estrada, ao lado do lixão das Águas Lindas e a amostra S-22, coletada na nascente do clube das Águas Lindas (Anexos F e G).

É importante ressaltar que mesmo estando desativada a alguns anos, a lixeira de Águas Lindas, ainda contribui com teores significativos de alguns metais pesados, como o cádmio, na amostra S-16, com valores totais de até 45 ppm e parciais de até 10,5 ppm e mercúrio total com 565 ppb, o zinco total, na amostra S-20, com 318 ppm e parcial com 153 ppm, o cromo com concentração total de até 491 ppm e parcial de 44,5 ppm e mercúrio total com 348 ppb. A amostra S-22 apresentou as mais baixas concentrações, para todos os elementos estudados, se comparadas com as demais amostras desta etapa, indicando uma área pouco afetada por metais pesados, mais preservada, provavelmente devido o local que foi coletada, isto é, fora da área de influencia do lixão (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Resultados das análises químicas totais de sedimentos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Pb</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
S-16	n.a.	n.a.	10,5	45	565	40	n.a.	10	111	n.a.
S-20	43	19	318	5	348	60	491	10,2	104	4,3
S-22	n.d.	n.d.	36	3	101	20	12	0,3	18,5	n.a.

Tabela 6: Resultado das análises químicas parciais de sedimentos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Pb</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
S-16	n.a.	n.a.	6	10,5	n.a.	n.a.	0,5	42
S-20	10	11,5	153	0,7	6	44,5	0,5	76
S-22	n.d.	n.d.	16	0,7	4	5	0,03	5

n.a. - não analisado

n.d. - não detectado

Altas percentagens do metal total foram encontrados na extração parcial, dentre eles, 60% de chumbo (S-20), acima de 40% de zinco (S-16 e S-20) e aproximadamente 73% de manganês (S-20), indicando o transporte hidromórfico e a contribuição antropogênica nesta área ( Tabela 7).

Tabela 7: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
S-16	-	-	59	23	-	-	4.9	37.5
S-20	23.7	60	48	14	10	9	5	73
S-22	-	-	43	24	20	40	10	27

As amostras da segunda campanha de campo, em junho de 1994, foram coletadas no final do período chuvoso. Foram analisadas 3 amostras, onde a S-62, foi coletada na fonte do clube das Águas Lindas e S-63 e S-64 ambas coletadas no igarapé das Águas Lindas (Anexos H e I).

Observa-se que ocorre um enriquecimento dos teores dos metais de montante (S-63) à jusante (S-64). O cádmio, nas amostras S-62 e S-64, apresentou uma concentração total de 3,8 ppm e o mercúrio total, na amostra S-64, de 406 ppb. Semelhante à amostra S-22 da primeira etapa, a amostra S-62 apresentou os mais baixos teores, para todos os elementos, em relação às

demais amostras desta etapa, pois foi coletada aproximadamente no mesmo local que da etapa anterior (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8: Resultados das análises químicas totais de sedimentos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
S-62	7,5	9	3,8	n.a.	16,5	2,2	0,1	19,5	0,3
S-63	9	25	n.a.	n.a.	8,3	24	0,9	39	0,3
S-64	12	46	3,8	406	29	76	1,6	98	4,6

Tabela 9: Resultados das análises químicas parciais de sedimentos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
S-62	1	2,5	0,2	5	n.a.	0,01	n.a.
S-63	7	9	n.a.	6	1,3	0,1	2
S-64	3,7	18,5	0,2	7	3,9	0,6	94

n.a. - não analisado

A Tabela 10 mostra que as percentagens do metal que encontra-se disponível para o ambiente é variável, com algumas contribuições significativas como 83% de cobre e 70% de níquel (S-63), 40% de zinco e 96% de manganês (S-64).

Tabela 10: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total de sedimentos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
S-62	14	27	5	30	-	11	-
S-63	83	37	-	70	5.5	7	5
S-64	31	40.5	5	23	5	36	96.5

Comparando-se os resultados das duas campanhas nestes sedimentos, observamos que os maiores valores, de um modo geral, foram obtidos na primeira campanha de campo, em época menos chuvosa, havendo maior concentração dos metais, já que não sofrem diluição com a água da chuva.

Utilizando-se alguns valores da concentração total, encontrados no presente trabalho, para uma comparação com os resultados obtidos por TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), como *background* para folhelhos e argilas, vimos que na primeira etapa de campo os valores totais encontrados para zinco (318 ppm), cádmio (45 ppm), mercúrio (565 e 348 ppb), cromo (491 ppm) e ferro (10,2 %) e, na segunda etapa de campo, o valor de cádmio total (3,8 ppm) e mercúrio (406 ppb), encontram-se superiores aos valores médios aceitáveis para áreas não poluídas (Tabela 11). Se considerarmos os valores médios do *background* de arenitos destes mesmos autores, visto que a granulometria destas amostras tende a ser mais arenosa, estes valores podem ser considerados muito altos.

Tabela 11- Valores médios da concentração de metais em vários ambientes, segundo alguns autores.

	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Pb</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>Referências</i>
Folhelhos e argilas (backg.)	45	20	95	0.2	0.2	68	83	4.72	600	TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) *
Arenitos (backg.)	1-10	7	30	0,01-0,1	0,03	2	35	0,98	10-100	TUREKIAN & WEDEPOHL (1961)
Folhelhos	50	20	-	0.3	0.3	80	100	6.7	1100	KRAUSKOPF (1980)
Arroio Pavuna	68-2190	57-679	849-1775	0,12-23	-	12-356	3,4-69	-	100-533	FERNANDES <i>et al</i> (1987)
Rio Guandu e S. Francisco	26-166	51-320	153-921	-	-	-	-	-	-	LACERDA (1983) **
Lagoa dos Patos	29	-	120	-	-	68	54	104	32	BAISH <i>et al</i> (1989)
Ig. Tucunduba			49-670			10-90	5-9800	9300	25-1000	MAZZEO (1991).
Rio Reno	42,8-208	35-118	153-921	-	-	-	-	-	-	CALMANO (1983) **
Dilton Brook River	14-2299	8-1433	22-1870	-	-	16-88	-	-	-	CHESTER <i>et al</i> (1985) **
Chorume-usina de incineração de Ponte Pequena-SP	0.754	3.96	106	0.155	-	-	15.8	700	54.8	GROSSI (1989)
Solos (backg.)	25.8	29.2	59.8	0.62	98 ppb	33.7	84	3.2	760	URE & BERROW (1982)*
Solos	20	15-25	50-100	-	-	25	100-300	-	500-1000	AUBERT & PINTA (1977)
Solos não contaminados	50	50	-	1	-	50	100	-	-	FORSTNER & WITTMANN (1983)
Solos contaminados	500	600	-	20	-	500	800	-	-	FORSTNER & WITTMANN (1983)

\* SOLOMONS & FORSTNER (1984), \*\* FERNANDES *et al* (1987).

Comparando-se estes resultados com os resultados obtidos por outros autores, observamos que a área da lixeira de Águas Lindas apresenta alguns teores tão altos quanto o de áreas notadamente poluídas. A concentração de 45 ppm de cádmio, encontrada na amostra S-16, é superior aos valores encontrados no Arroio Pavuna (cádmio entre 0,12 e 23 ppm) (Tabela 11). A amostra S-20, que apresenta concentração de 491 ppm de cromo, pode também ser comparada ao rio Weschnitz (Alemanha), poluído com cerca de 493 ppm de cromo (FORSTNER & WITTMANN, 1983).

Como aparentemente não há outra fonte que possa contribuir com metais às proximidades, supõe-se que o suprimento de metais pesados seja oriundo do antigo depósito de lixo, provavelmente através de soluções de lixiviação, notadamente por influência das chuvas na região, que percolam os solos e fluem para valas ou cursos d'água.

## 6.2 - GRUPO 2 - SEDIMENTOS DO DEPÓSITO DE LIXO DO AURÁ

Na primeira etapa de campo em agosto de 1993, foram coletadas 8 amostras. As amostras S-1, S-2, S-3 e S-6 foram coletadas em pontos de amostragem próximos, no filtro biológico, que consiste em uma drenagem receptora de chorume, contendo cascalho e material areno-argiloso, em seu leito (Anexo J). As amostras S-9, S-10 e S-11 também pertencem a pontos de amostragem próximos, em outra drenagem receptora de chorume, afastada cerca de 50 metros da primeira, formada por sedimentos arenosos e com pouca argila (Anexo K). A amostra S-31 é de uma drenagem receptora de água de processamento do lixo hospitalar, (incineração e lavagem dos gases), coletada em uma vala, atrás do escritório administrativo do depósito de lixo (Anexo L).



Apenas 7 amostras foram consideradas no tratamento estatístico, pois a amostra S-31 provém de um ponto muito diferenciado das demais.

Os elementos que apresentaram as maiores variações nas concentrações para a abertura total foram o cobre, com valor mínimo de 4 ppm (S-2), máximo de 54 ppm (S-11), média de 20,5 ppm e desvio padrão de 20; o manganês, com valor mínimo de 42 ppm (S-11), máximo de 559 ppm (S-1), média de 140 ppm e desvio padrão de 187 e o cromo com valor mínimo de 70 ppm (S-9), máximo de 935 ppm (S-1), média de 239 ppm e desvio padrão de 322. Os demais elementos não apresentaram uma grande variação de teores, em relação ao valor médio obtido, assim como para a abertura parcial, caracterizando uma dispersão regular (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12: Resultados das análises químicas totais dos sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Pb</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
S-01	43	67	138	2	136	30	935	4	559	0,12
S-02	4	n.a.	52	0,7	135	20	175	1,3	115	0,10
S-03	5,5	n.a.	79,5	3	67	15	164	1,3	57	0,77
S-06	17	n.a.	114	2	101	10	82	1,2	54	0,28
S-11	54	n.a.	66	2	135	10	105	1,8	42	0,33
S-10	10	n.a.	60	1,5	130	10	140	1,6	112	0,13
S-09	10	n.a.	48,5	2	101	10	70	1,2	42	0,05
S-31	208,5	514	462	33	34500	186	1145	3	248,40	0,9
Média	20,5	-	80	2	115	15	239	1,8	139,9	0,25
Desvio Padrão	20	-	34	0,7	26	8	322,5	1,01	187,26	0,25

Tabela 13: Resultados das análises químicas parciais dos sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Pb</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
S-01	3,5	n.a.	20	0,4	2	5	0,05	9,5
S-02	3,5	n.a.	18	0,6	2	5	0,12	8,5
S-03	5	n.a.	16	0,9	1,5	7	0,08	9
S-06	0,6	n.a.	19,5	0,7	2	4,5	0,08	9
S-11	3	n.a.	24	0,4	1	5	0,1	6
S-10	5	n.a.	20	0,6	1	2,5	0,06	12
S-09	1,5	n.a.	18	0,4	5	5	0,08	13
S-31	8	59	259	15	81	68	0,39	98
Média	3	-	19	0,6	2	5	0,08	9,5
Desvio Padrão	1,57	-	2,4	0,2	1,4	1,4	0,02	2,44

n.a. - não analisado

Considerando os valores de TUREKIAN & WEDEPOHL (1961; Tabela 11), como valores aceitáveis para sedimentos de áreas não poluídas, observa-se que a amostra S-1, com concentrações totais de 67 ppm de chumbo e 138 ppm de zinco apresenta concentrações superiores aos adotados. Todas as amostras deste grupo, que apresentaram concentrações totais de cádmio com teores médios de 2 ppm e cromo com teores médios de 239 ppm, encontram-se acima do valor considerado aceitável de 0,2 ppm para cádmio e 83 ppm para cromo.

Devido a granulometria desses sedimentos ser predominantemente arenosa, foi feita também uma comparação com os valores médios obtidos para arenitos, pelos mesmos autores (Tabela 11), onde todas as médias obtidas para os diferentes elementos encontram-se altas.

Na amostra S-31, observam-se os maiores valores para a área, com valores anômalos para todos os elementos, exceto para o ferro e o manganês. Os altíssimos valores encontrados para Cu (208,5 ppm), Pb (514 ppm), Zn (462 ppm), Cd (33 ppm), Hg (34,5 ppm), Ni (186 ppm) e Cr (1145 ppm), provavelmente são explicados dada a origem deste lixo ser hospitalar. Esta concentração de mercúrio pode ser comparada às áreas garimpeiras poluídas. Após a incineração, o

mercúrio, bem como os demais metais, deveria ser inibido na sua dispersão, entretanto, observa-se que, estes metais estão retornando ao ambiente através de uma pequena drenagem situada atrás desta usina. Estes valores são muito altos e podem ser comparados com os de áreas altamente poluídas (Tabela 11), merecendo especial atenção, principalmente devido ao efeito acumulativo destes metais no ambiente e sua toxicidade.

As amostras S-01 e S-11, mesmo tendo composição arenosa, como as demais coletadas em pontos próximos, apresentam alguns teores que se destacam em relação aos outros (Tabela 12). Estes teores mais elevados podem ser explicados pela localização destas amostras em relação às drenagens, ou seja, estão no final das drenagens receptoras de chorume, próximo à vegetação, onde a água se acumula e, finalmente percola (Anexo K).

A Tabela 14 mostra uma distribuição irregular dos teores dos metais na fração móvel em relação ao total, apresentando alguns valores bastante significativos como 91% (S-3) e 85% (S-2) de cobre, 56% (S-31) de zinco, 86% (S-2) de cádmio e 49,5% (S-9) de níquel.

Tabela 14: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total dos sedimentos do depósito de lixo do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
S-1	8	14	18	7	0.5	1	2
S-2	85	34	86	10	3	9	7
S-3	91	20	31	10	4	6	15
S-6	3.6	17	44	20	5.5	7	16.5
S-11	6	36	18	10	4	6	14
S-10	45	33	40	10	2	4	11
S-9	13	37.5	18	49.5	7	7	31
S-31	4	56	46	43	6	22	39.5
Média	32	31	37.6	20	4	9	17

A segunda etapa de campo foi realizada em junho de 1994, no final do período chuvoso, quando o depósito de lixo encontrava-se bastante modificado, com muita lama, dificultando o acesso e o trabalho de coleta. Procurou-se coletar as amostras em locais próximos às coletas anteriores, logo as amostras S-55 e S-56 são de uma drenagem receptora de chorume, aproximadamente no mesmo local do filtro biológico da primeira etapa. Entretanto, deve-se notar que o local foi retrabalhado, foi aberta uma nova drenagem para o chorume, um pouco mais deslocada em relação a anterior. A localização esquemática dos locais amostrados pode ser vista no Anexo J.

Comparando-se os valores encontrados com aqueles propostos como *background* para folhelhos e argilas por TUREKIAN & WEDEPOHL (1961; Tabela 11), pode-se ver que o cádmio, analisado tanto por abertura total, como por abertura parcial, encontra-se em concentrações de contaminação em todas as amostras (Tabelas 15 e 16).

Tabela 15: Resultados das análises químicas totais de sedimentos do depósito de lixo do Aura. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
S-55	2,2	27,5	1,3	210	21	55	2,2	90,5	0,1
S-56	6,5	32	1	196	29	50	1,3	96	0,3

Tabela 16: Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do depósito de lixo do Aura. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
S-55	0,4	3	1	6	6	0,03	7
S-56	1,1	12	0,8	2,5	5,4	0,1	47

Semelhante à primeira etapa, a maioria dos elementos, encontram-se em concentrações superiores aos valores de *background* para arenitos de TUREKIAN & WEDEPOHL (1961).

Comparando-se os resultados obtidos nas duas campanhas de campo, observa-se que, de um modo geral, o grupo de amostras da primeira etapa de campo apresentou os teores mais elevados. Entretanto, esta comparação, para ser mais conclusiva, deveria contar com uma maior quantidade de amostras na segunda etapa.

Observa-se também um aumento na concentração de mercúrio nas amostras da segunda campanha. Isto pode ter ocorrido, devido ao fato de que na primeira campanha, o lixo hospitalar estava sendo processado na usina de incineração e na segunda campanha de campo estava sendo despejado no depósito. Os outros elementos analisados podem estar baixos devido o pouco tempo de uso desta drenagem e por ser um período chuvoso.

Os resultados químicos encontrados mostram uma variação de valores tanto para as amostras coletadas em pontos de amostragem próximos entre si, assim como para as coletas realizadas em diferentes etapas. Devido a este comportamento irregular, observamos que apesar de existir contaminação em alguns pontos estudados, estas concentrações podem variar dependendo de alguns fatores como, a granulometria das amostras, o local e época da coleta e o tempo de utilização das drenagens como via dos efluentes dos lixões.

Os valores parciais encontrados apresentam-se baixos, em relação aos teores totais. A contribuição percentual destes teores em relação aos totais pode ser vista na Tabela 17. O cádmio é o elemento que apresenta uma contribuição mais significativa, com cerca de 72%.

Tabela 17: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total de sedimentos do depósito de lixo do Aura. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
S-55	20	10.5	72.5	28	10	1.4	7
S-56	17	38	72	8.5	11	5	49

### 6.3 - GRUPO 3 - SEDIMENTOS DO RIO AURÁ

Na primeira etapa de campo, em outubro de 1993, foram coletadas 4 amostras. A amostra S-35 de composição argilo-arenosa foi coletada no rio Aurá, bem acima da confluência do igarapé ao lado do depósito de lixo (Anexo M). As demais amostras, S-36 arenosa grosseira, S-37 arenosa média a grossa e S-38 argilosa foram recolhidas no igarapé referido, com uma distância aproximada de 50 m entre elas (Anexos F, J e N).

Observa-se que as amostras S-35 e S-38 apresentam as concentrações mais elevadas para a maioria dos elementos, tanto as concentrações totais como as parciais, provavelmente devido a granulometria argilosa dessas amostras e às maiores concentrações de carbono orgânico, que se mostra eficiente na fixação e concentração de metais pesados. Apesar da amostra S-35 encontrar-se acima do local de influência do depósito, os teores altos encontrados podem também ser resultado do fluxo e refluxo das marés e, no caso da amostra S-38, coletada no afluente do Aurá, devido a coletada ter sido feita próximo ao local de descarga de chorume.

As amostras S-36 e S-37 com granulometria que varia de areia grossa a média apresentem os menores teores, mesmo pertencendo a pontos de amostragem no mesmo igarapé (Tabelas 18 e 19).

Tabela 18: Resultados das análises químicas totais de sedimentos do rio Aurá. Primeira etapa de campo, outubro de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
S-35	37	182	2,2	80,5	397	5,1	126	2,24
S-36	55	52	1,5	25	35	2,0	31	0,23
S-37	13	66	2,2	20	12	1,1	23	0,2
S-38	156	159	4,5	50	210	3,9	151	1,1
Média	65	115	2,6	44	164	3,0	83	0,9
Desvio Padrão	63	65	1,3	28	179	1,8	65	1

Tabela 19: Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do rio Aurá. Primeira etapa de campo, outubro de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
S-35	15	53	0,4	14	21	0,5	75
S-36	5,5	23	0,6	2	n.a.	0,24	5
S-37	7	20	0,4	3	5	0,26	8,5
S-38	18	58	0,4	4	21	0,48	141
Média	11	39	0,45	6	16	0,4	57,5
Desvio Padrão	6,3	20	0,1	5,6	9,5	0,14	64,5

n.a. - não analisado

As concentrações de cobre, zinco e cromo totais apresentam-se, na metade das amostras, acima dos valores considerados normais para áreas não poluídas de TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), baseado no *background* de folhelhos. O valor médio encontrado nestas amostras para o cobre foi de 65 ppm, para zinco de 115 ppm e para o cromo de 164 ppm. Baseado nos teores médios adotados por TUREKIAN & WEDEPOHL (*op cit*), o cádmio apresenta-se alto em todas as amostras, com teores médios totais de 2,6 ppm e parciais de 0,45 ppm (Tabelas 18 e 19).

De acordo com a Tabela 20, as concentrações parciais disponíveis para o meio ambiente encontram-se baixa (menos de 50%) em relação aos teores totais. A distribuição dos metais mostram um comportamento irregular, não obedecendo nenhum padrão.

Tabela 20: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total de sedimentos do rio Aurá. Primeira etapa de campo, outubro de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
S-35	41	29	18	17.5	5	10	59
S-36	10	44.5	40	8	-	12	17
S-37	51.5	31	18	15	40	24	37
S-38	12	36.5	9	8	10	12	93

Na segunda etapa de campo, realizada em abril de 1994, foram coletadas 12 amostras, desde o ponto de encontro do afluente do rio Aurá (Anexo O), com o depósito de lixo (Anexo N), até o rio Guamá, em frente ao Chale de Ferro da UFPA. Nesta etapa observa-se que a maioria dos elementos apresenta uma certa proximidade dos valores médios obtidos.

O cobre foi o elemento com maior dispersão dentro do mesmo grupo de amostras, tanto para o caso da análise total quanto o da parcial. Em cerca de 30% das amostras o cobre total encontram-se acima do valor de 45 ppm, dado por TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), sendo a concentração total média de 40 ppm e o desvio padrão de 49,5, com valor mínimo de 7 ppm para a amostra S-52 e máximo de 185 ppm para a amostra S-45, situada à aproximadamente 500 m da saída do depósito (Tabelas 21 e 22).

Se considerarmos 0,2 ppm o *background* do cádmio, baseado nos valores de TUREKIAN & WEDEPOHL (op cit) (Tabela 11), todos os resultados de aberturas totais e parciais das amostras são considerados altos, com valores médios de 12 ppm e 1,3 ppm, respectivamente. Os demais elementos estão dentro dos níveis aceitáveis como normais para a área.



Tabela 21: Resultados das análises químicas totais de sedimentos do rio Aurá. Segunda etapa de campo, abril de 1994..

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Pb</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
S-42	13	13	32,5	11	n.a.	43	35	1,8	63	n.a.
S-43	17,5	7	67,5	9	427	59	66	2,4	275,5	3,3
S-44	9,5	7	82	12	n.a.	34	82	2,5	534	0,2
S-45	185	6,5	44,4	7	n.a.	n.a.	35,5	1,4	254	0,8
S-46	24	7	58	14	135	43	45	1,7	401	1,6
S-47	64	7	80	14,5	540	48	66	2,4	468,5	2
S-48	52	7	86	11	259	33	76	2,5	507	2
S-49	20	7	87	14	209	43	71	2,3	936	2,8
S-50	55	6,5	92	12	316	34	66	1,5	611	1,6
S-51	12	6	81,5	13	357	44	71	2,1	342	3,1
S-52	7	7	72	13	234	69	55,5	2,2	442,5	1,6
S-53	25	8	63,5	12	187	39	40,5	1,8	362,5	1,1
Média	40	7,3	70,5	12	296	44	59	2	433	1,8
Desvio Padrão	49,5	1,9	18,4	2	128	11	16,3	0,4	215	0,9

Tabela 22: Resultados das análises químicas parciais de sedimentos do rio Aurá. Segunda etapa de campo, abril de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
S-42	2	6	1,3	9	0,4	0,1	n.a
S-43	7,5	25	1,3	13	5	0,8	238
S-44	4,5	33	1,3	8	6	0,8	524
S-45	3,5	13,5	1,1	n.a.	6	0,5	179,5
S-46	9	23	1,5	8,5	5	0,6	296
S-47	19	30,5	1,6	10	6	0,7	434
S-48	14	34	1	6,7	7,5	0,7	409
S-49	10	30	1	8,7	6	0,7	836
S-50	10	30	1,3	8	6	0,7	554
S-51	5	33	1,5	7	7	0,7	227
S-52	3	27,5	1,4	14	7	0,6	420,5
S-53	8,5	25	1,2	8	7,5	0,7	301
Média	8	26	1,3	9	6	0,6	401,6
Desvio Padrão	5	8,5	0,2	2,5	2	0,2	188,6

n.a. - não analisado

Em 80% das amostras foram determinados valores anômalos para mercúrio (se considerarmos 100 ppb como limiar da área). A amostra S-43 com 427 ppb, composta por areia grossa e a amostra S-47, com 540 ppb de mercúrio, composta predominantemente por material argiloso, são as que apresentaram as maiores concentrações. Comparando-se estes valores com aqueles citados por PFEIFFER *et al* (1989) para rios amazônicos contaminados por mercúrio (0,21- 19,8 ppm), observamos que a área estudada pode ser considerada contaminada, merecendo atenção neste sentido.

Os valores obtidos pelas análises parciais encontram-se baixos em relação aos das análises totais, com exceção das concentrações de manganês, que refletem uma grande contribuição antropogênica e perfazem 80% das concentrações totais (Tabela 23).

Tabela 23: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total de sedimentos do rio Aurá. Segunda etapa de campo, abril de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
S-42	15	19	12	20	1.2	5.6	-
S-43	44	37	14	23	8	32	86.5
S-44	48	39	11	23	7.5	32.5	98
S-45	2	30	15.5	-	17	34.5	71
S-46	37	40	11	20	11	33	74
S-47	30	38	11	20	10	28	93
S-48	27	39	9	20	10	28	81
S-49	51	34	7.5	19	8	29	89
S-50	18	32.5	10.5	23	9	46	91
S-51	42.5	41	11	15	10	33.5	66
S-52	48	38	11	20	12	28	95
S-53	34	39	10.5	20	18.5	37	83

Comparando-se as duas etapas de campo, observamos que os valores de cádmio e manganês totais estão maiores na segunda campanha.

Observa-se que a maioria dos metais analisados apresentam teores próximos aos encontrados em drenagens reconhecidamente poluídas por metais pesados como por exemplo, o Arroio Pavuna, o rio Reno, a Lagoa dos Patos e o igarapé Tucunduba (Tabela 11).

#### 6.4 - GRUPO 4 - SOLOS DE ÁGUAS LINDAS

Foi coletada apenas uma amostra em cada etapa de campo. A amostra SO-18 foi coletada em local alto, na encosta do monte de lixo, próximo a mata, ao lado do igarapé das Águas Lindas, em agosto de 1993 e a amostra SO-65 foi coletada aproximadamente no mesmo local que a anterior, em junho de 1994 (Anexos F e G). Os valores encontrados para os elementos cobre, cádmio e zinco totais apresentaram-se mais altos na primeira campanha. Se as concentrações propostas por Ure & Berrow *apud* SOLOMONS & FORSTNER (1984; Tabela 11) para o cobre (26 ppm), o cádmio (0,6 ppm) e o mercúrio (98 ppb) forem consideradas como média para solos não contaminados, verifica-se que na amostra SO-18, o cobre com concentração total de 27 ppm, o cádmio com 0,7 ppm e o mercúrio total com 137 ppb, apresentam valores superiores aos estabelecidos (Tabela 24). Os demais elementos, entretanto, encontram-se em baixas concentrações em relação aos valores considerados pelos referidos autores, assim como para os resultados obtidos na segunda etapa, na amostra SO-65 (Tabela 25). Devido a baixa quantidade de amostras não é possível fazer uma comparação mais conclusiva.

Tabela 24: Resultados das análises químicas totais e parciais de solos de Águas Lindas. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> ( <i>ppm</i> )	<i>Zn</i> ( <i>ppm</i> )	<i>Cd</i> ( <i>ppm</i> )	<i>Hg</i> ( <i>ppb</i> )	<i>Cr</i> ( <i>ppm</i> )	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> ( <i>ppm</i> )	<i>C. Org.</i> (%)
SO-18 (total)	27	58	0,7	137	23,5	0,5	18,5	0,8
SO-18 (parcial)	5,1	16	0,4	n.a.	5	0,1	2,2	n.a.

Tabela 25: Resultados das análises químicas totais e parciais de solos de Águas Lindas. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
SO-65 (total)	6,5	25	0,5	n.a.	33	0,7	43	1,6
SO-65(parcial)	3	12	0,4	n.a.	2	0,1	7	n.a.

n.a. - não analisado

#### 6.5- GRUPO 5 - SOLOS DO DEPÓSITO DE LIXO DO AURÁ

Foram coletadas 8 amostras na primeira etapa de campo em agosto de 1993, sendo as amostras SO-4, SO-6 e SO-7 coletadas em pontos próximos entre si, em um pequeno barranco aberto para o filtro biológico. A SO-8 e SO-12 foram coletadas próximo a mata que circunda o lixo e as amostras SO-13, SO-14 e SO-15 são de pequenos barrancos que circundam o depósito (Anexos F e G).

Considerando os valores de 0,6 ppm para cádmio, 84 ppm para cromo e 60 ppm para o zinco, citados por Ure & Berrow *apud* SOLOMONS & FORSTNER (1984; Tabela 11), como valores médios para solos não contaminados, observa-se que todas as amostras da Tabela 26, analisadas para cádmio total apresentam concentrações acima deste valor limite, com média de 2,5 ppm e desvio padrão de 1,05. As amostras SO-13 e SO-15 apresentaram as maiores concentrações, ambas com 4 ppm de cádmio. Para o cromo, o valor médio encontrado foi de 133 ppm, com desvio padrão de 84, onde cerca de 3/4 das amostras encontram-se acima do valor considerado. A concentração mais alta encontrada foi de 208,5 ppm, na amostra SO-5. O zinco total com concentração média de 91 ppm e desvio padrão de 42,5, apresenta 75% das amostras acima do valor citado pelos autores, para áreas não contaminadas, sendo a maior concentração (170,5 ppm) encontrada também na amostra SO-5.

Tabela 26: Resultados das análises químicas totais de solos do depósito do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
SO-04	12	118	1	102	25	70	1,7	24	1,5
SO-05	22	91	3	138	20	280,5	4,6	39	0,7
SO-07	4	114	2,2	140	15	93,5	1,4	39	1
SO-08	20	37	1,5	67	15	12	0,4	13	0,8
SO-12	24	54	3	222	20	93,5	1,7	66	3
SO-13	5	72	4	171	25	187	3,1	60	1
SO-14	10	73	1,5	169	30	140	5,9	30,5	0,5
SO-15	20	170,5	4	171	10	187	2,4	75	1,1
Média	15	91	2,4	147	20	133	2,6	43	1,3
Desvio Padrão	7,8	42,5	1,1	47,5	6,5	84	1,8	22	0,8

Os teores parciais são relativamente baixos em relação aos totais, salvo algumas exceções (Tabela 27). A Tabela 28 apresenta alguns valores parciais bastante significativos, em relação aos totais, principalmente no caso do cobre.

Tabela 27: Resultado das análises químicas parciais de solos do depósito do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
SO-04	9	24	0,9	2	5	0,1	5
SO-05	5	19	0,6	1	9,5	0,2	3
SO-07	4	17	0,9	5	4,5	0,1	3
SO-08	5	21	0,4	5	6	0,1	4
SO-12	6	43	0,6	2	7,0	0,3	12
SO-13	4,5	19	0,3	7	9,4	0,3	8,5
SO-14	4	16	n.a.	2	n.d.	0,1	3
SO-15	6	22	0,6	2,4	4,7	0,2	8,5
Média	5	22,5	0,61	3	6,5	0,17	6
Desvio Padrão	1,5	8,5	0,23	2	2,18	0,08	14,1

n.a. = não analisado

Tabela 28: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total de solos do depósito do Aurá. Primeira etapa de campo, agosto de 1993.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
SO-4	71	20	100	8	7	6	20
SO-5	23.5	14	21	5	3	4	8.5
SO-7	93	15	41	28	5	7	8
SO-8	25.5	57	27	31	49	25	32.5
SO-12	24	78	21	10	7.5	18	18
SO-13	100	26.5	8	26	5	10	14
SO-14	40	23	-	7	-	2	9
SO-15	28	13	16	24	2.5	8	11

Na segunda etapa em junho de 1994, foram coletadas 6 amostras sendo a SO-54 coletada próximo a estrada que contorna o lixo, SO-57 e SO-58 em local elevado, próximo a mata onde desaparece o chorume, a SO-59 na área formada sobre antigo local de deposição do lixo, a SO-60 foi recolhida em frente ao pequeno cemitério localizado dentro do lixão a SO-61 entre a lagoa e o cemitério (Anexo A e E). O cádmio apresenta, para a maioria das amostras totais e parciais nesta etapa, valores acima da média adotada como aceitável para solos propostos por Ure & Berrow *apud* SOLOMONS & FORSTNER (1984; Tabela 11), com concentração média total é de 1,8 ppm e parcial é de 0,7 ppm (Tabelas 29 e 30). Os demais valores encontrados para os metais encontram-se abaixo da média adotada como background.

Tabela 29: Resultado das análises químicas totais de solos do depósito do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Hg</i> (ppb)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>C. Org.</i> (%)
SO-54	5,5	28,5	2	n.a.	12,5	28,5	1,1	138	1,2
SO-57	3	18	0,2	n.a.	12,5	26	0,8	82,5	0,6
SO-58	6,5	18,5	3	n.a.	12,5	33	1,1	88	0,7
SO-59	5,5	36	2,5	203	21	42	1,2	113	1,1
SO-60	3	29	n.d.	n.a.	17	39	1	200	0,1
SO-61	4,5	33,5	2,2	n.a.	13	43,5	1,5	135	1,5
Média	5	27	2	-	15	35,5	1,1	126	0,9
Desvio Padrão	1,35	7,5	1,15	-	3,5	7,2	0,23	43	0,5

Tabela 30: Resultado das análises químicas parciais de solos do depósito do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Zn</i> (ppm)	<i>Cd</i> (ppm)	<i>Ni</i> (ppm)	<i>Cr</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)
SO-54	2,5	7	1,2	6	0,2	0,05	27,5
SO-57	0,6	6	0,2	7,5	0,3	0,05	22
SO-58	1,3	4,5	0,8	5	0,3	0,06	4
SO-59	1,3	3,5	1,0	7	0,5	0,11	6,5
SO-60	0,4	7	n.d.	7,5	0,4	0,07	5,5
SO-61	2,2	8	0,6	4	0,4	0,15	11
Média	1,4	6	0,7	6	0,4	0,08	13
Desvio Padrão	0,78	14	0,3	1,35	0,1	0,04	9,6

Comparando-se as duas etapas de campo observou-se que o grupo de amostras da segunda etapa apresentou resultados mais baixos que da primeira, apesar desta segunda coleta não corresponder exatamente aos mesmos locais que a primeira.

A Tabela 31 destaca algumas contribuições importantes na amostra SO-54 para o cobre (45,5%), níquel (46%) e cádmio (58%) e na amostra SO-57 para níquel (60%) e cádmio (95%).

Tabela 31: Percentual do metal na fração móvel em relação ao total de solos do depósito do Aurá. Segunda etapa de campo, junho de 1994.

<i>Amostra</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>
SO-54	45.5	25	58	46	1	5.5	20
SO-57	20	33	100	60	1	6.5	26
SO-58	19.5	24	24.5	40	1	5.5	4
SO-59	23.5	10	38	31.5	1	9	6
SO-60	13	24.5	-	45	1	7	3
SO-61	49	23	26	33	1	10	8

## 6.6- GRUPO 6 - ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA

Foram analisadas apenas 10 amostras de água para coliformes totais, fecais e Salmonella.

As amostras A-21, A-24, A-25, A-26 e A-39 foram coletadas em residências, às proximidades do depósito de lixo de Águas Lindas (Anexo G); as amostras A-33 e A-34 foram coletadas em residências, localizadas na estrada do Aurá, às proximidades do depósito de lixo do Aurá e a amostra A-40 foi coletada dentro do depósito de lixo do Aurá, próximo ao portão principal, caracteriza-se por ser um poço profundo, sendo sua água utilizada pelos trabalhadores do depósito através de torneiras (Anexo J). Essas residências caracterizam-se por conter poços rasos, abastecidos pelo lençol freático, abertos sem proteção e suas águas são consumidas pela população, geralmente sem nenhum tratamento prévio (Anexo P). A análise para coliformes fecais e totais revelaram que estas águas encontram-se em más condições para consumo, segundo o que prescreve a Portaria número 36 de 19/01/91 do Ministério da Saúde, e válida para todo território nacional, devido a grande quantidade de coliformes presentes (Amostras A-21, A-24, A-25, A-26, A-33, A-34 e A-39).

A pesquisa feita para Salmonella identificou na amostra A-39 a salmonella do grupo C2; no igarapé das Águas Lindas (A-17) Salmonellas do grupo E e spp. e na amostra A-24, Salmonellas do grupo E (Tabela 32). As Salmonellas são bactérias patogênicas que podem causar uma série de enfermidades no homem, dentre elas a febre tifóide e paratifóide, gastroenterites ou intoxicações alimentares, infecções piogênicas localizadas tais como abscessos, osteomielite, artrite, meningite, endocardite e outros.

A amostra A-40, apesar de ter sido coletada dentro do depósito de lixo, foi a única considerada de excelente qualidade para consumo, por apresentar-se dentro dos padrões de potabilidade.



Tabela 32: Resultados das análises bacteriológicas em águas de poço e drenagens às proximidades dos depósitos de lixo de Águas Lindas e do Aurá.

Amostras	Coliformes Totais *	Coliformes Fecais *	Salmonellas	Data de Coleta
A-17	900	300	GRUPO E e spp.	27/9/93
A-21	900	500	NEGATIVO	27/7/93
A-24	920	920	GRUPO E	27/7/93
A-25	900	14	NEGATIVO	27/7/93
A-26	900	280	NEGATIVO	27/7/93
A-30	1,6 x 10 <sup>4</sup>	1,6 X 10 <sup>4</sup>	NEGATIVO	18/10/93
A-33	900	280	NEGATIVO	18/10/93
A-34	36	25	NEGATIVO	18/10/93
A-39	1600	130	GRUPO C2	18/10/93
A-40	2	0	NEGATIVO	18/10/93

\* nmp por 100 ml

## 7- CONCLUSÕES

A lixeira de Águas Lindas, mesmo estando desativada, ainda é uma importante fonte de contribuição de metais pesados na área, apresentando algumas concentrações tão altas quanto de áreas reconhecidamente poluídas. Nos sedimentos analisados na primeira etapa de campo, os metais que mais se destacaram foram o zinco, com até 318 ppm, o cádmio, com até 45 ppm, o cromo, com até 491 ppm, o mercúrio com até 565 ppb e o ferro com até 10,2 %, determinados após abertura total. Na segunda etapa de campo, alguns valores se destacaram como o cádmio total com 3,8 ppm e o mercúrio com 406 ppb. A percentagem do metal que se encontra disponível para o meio ambiente é variável, com algumas contribuições significativas, como por exemplo: 83% de cobre, 70% de níquel, 40% de zinco e 96% de manganês. Essas altas concentrações encontradas são provenientes, provavelmente, do lixo que foi despejado em Águas Lindas, sem nenhuma preocupação com o meio ambiente, haja visto que em local livre da influência do lixão, como no interior dos limites do clube das Águas Lindas, na nascente do igarapé, as concentrações foram as menores da área.

Nos sedimentos analisados no depósito de lixo do Aurá foram encontrados alguns valores que indicam a contaminação do ambiente como, por exemplo, o chumbo com 67 ppm, o zinco com 138 ppm, bem como todas as amostras analisadas para cádmio, com valores médios de 2,0 ppm e cromo com valores médios de 239 ppm. As altas concentrações de metais encontradas na amostra de sedimento S-31, coletada na via de efluentes do incinerador de lixo hospitalar, são as maiores da área, com valores anômalos para o cobre (208,5 ppm), chumbo (514 ppm), zinco (462 ppm), cádmio (33 ppm), mercúrio (34,5 ppm), níquel (186 ppm) e cromo (1145 ppm). Estes valores merecem especial atenção, visto que não estavam recebendo nenhum tratamento.

O lixo hospitalar quando depositado no aterro junto com o lixo doméstico, apresenta, além dos problemas citados, o agravante de conter microorganismos patogênicos, inclusive materiais diversos contaminados com o vírus da AIDS (seringas, trapos, gase, preservativos, etc.).

Não se pode fazer uma correlação direta entre as duas etapas de campo, porque não foi possível se repetir a amostragem nos mesmos locais e quantidade, entretanto, de acordo com os valores médios encontrados, observou-se que a concentração dos poluentes foi geralmente mais alta no período menos chuvoso, possivelmente devido a uma menor dissolução e lixiviação causada pela diluição da água da chuva. Durante a época mais chuvosa, há de se considerar também uma sensível redução na atividade interna do depósito.

Na metade das amostras coletadas, na primeira etapa de campo, no rio Aurá e seus afluentes, as concentrações de cobre, zinco e cromo totais encontram-se acima dos valores médios para folhelhos e argilas de TUREKIAN & WEDEPOHL (1961). As amostras S-35 e S-38 apresentaram as concentrações mais elevadas para a maioria dos elementos, provavelmente devido sua granulometria argilosa e às altas concentrações de matéria orgânica, que é eficiente na adsorção de metais pesados. Já na segunda etapa de campo, as concentrações obtidas para a maioria dos elementos estudados apresentam baixa variância. Destacam-se o cádmio, por apresentar altas concentrações, tanto nos resultados obtidos por abertura total quanto por abertura parcial, com valores médios de 12 ppm e 1,3 ppm, respectivamente, e o mercúrio, com teores totais de 427 ppb e 540 ppb, muito acima do valor aceitável como normal em áreas não contaminadas, merecendo por isso especial atenção.

Nos solos do depósito de lixo do Aurá, coletados na primeira etapa de campo, todas as amostras totais analisadas para cádmio apresentaram concentrações altas, com média de 2,5 ppm,

considerando-se os valores médios obtidos para solos não contaminados de Ure & Berrow *apud* SOLOMONS & FOSTNER (1984). As amostras SO-13 e SO-15 apresentaram as maiores concentrações, ambas com 4 ppm de cádmio. Ainda nesta primeira etapa, cerca de 75% das amostras totais de cromo e zinco mostram valores altos em relação à média para solos não contaminados. O cromo apresenta valor médio de 133 ppm e o zinco de 91 ppm, sendo 208 ppm e 170 ppm as maiores concentrações obtidas, respectivamente. Os teores parciais são relativamente baixos em relação aos teores totais, entretanto, alguns valores são bastante significativos, principalmente os de cobre, com valor médio de 5 ppm. Na segunda etapa, o cádmio destaca-se por apresentar valores acima da média adotada como aceitável para solos, com concentração média total de 1,8 ppm e parcial de 0,7 ppm.

Os resultados das análises bacteriológicas das águas de poço revelaram a contaminação presente por coliformes fecais ( $4,9 \cdot 10^7/100$  ml) e totais ( $1,7 \cdot 10^8/100$  ml), bem como por Salmonellas. Esta contaminação pode ter ocorrido devido a localização destes aquíferos em relação aos depósitos de lixo, onde o chorume pode percolar o solo atingindo o lençol freático, a proximidade dos poços em relação às fossas biológicas e, principalmente, por contaminação superficial devido a falta de proteção contra poeiras e animais domésticos que circulam em sua volta.

Os resultados apresentados neste trabalho permitem comprovar a poluição das áreas próximas a depósitos de lixo por alguns dos metais pesados estudados, apontando para a utilidade de um estudo técnico mais detalhado quanto às áreas de implantação dos aterros sanitários, que precisam manter-se como tal, ao longo de sua vida útil. É importante salientar que a toxicologia de determinados metais depende principalmente da sua espécie, encontrada no corpo do receptor,

logo, é necessário ser feito um estudo da especiação química dos metais presentes, inclusive quanto aos efeitos sinérgicos potenciais.

Estes resultados servem como ponto de partida para estudos de monitoramento sistemático, dos níveis de metais pesados presentes em áreas próximas à depósitos de lixo e alertar para o risco que estes podem causar à saúde ambiental e qualidade de vida das comunidades que residem ou trabalham no sistema de coleta, transporte e destinação final dos resíduos gerados pela sociedade.

## 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente os problemas causados pelo acúmulo de lixo no meio urbano começam a ser visto com mais seriedade, entretanto a sociedade em geral ainda não se encontra esclarecida para os efeitos prejudiciais que a má disposição do lixo pode causar ao meio ambiente e a si própria. Segundo PRADO FILHO (1991), a dificuldade de se resolver o problema através de medidas alternativas é que a população está voltada aos esquemas clássicos de coleta, não abrindo espaço a novas alternativas.

A educação ambiental, através dos meios de comunicação e das escolas, é uma das primeiras medidas necessárias para a conscientização da população em relação aos problemas ambientais determinados pelo lixo. Como o lixo domiciliar apresenta uma grande quantidade de restos de alimentos, uma sensível redução desta parcela no lixo poderia ser conseguida através da aplicação de cursos ou pequenas cartilhas ensinando sobre o reaproveitamento de sobras de alimentos e melhores formas de acondicionar frutas, verduras, carnes, etc.

A coleta seletiva pela população do seu próprio lixo reduziria a quantidade de alguns metais no lixo, tendo em vista, por exemplo, a importante contribuição das pilhas na carga de metais pesados no lixo doméstico. Outras medidas possíveis seriam a organização de um sistema de troca das embalagens sem retorno, principalmente as de plástico e metal por outras de vidro, com recolhimento no próprio local de compra, a produção de artigos mais duráveis e a redução de embalagens no empacotamento.

Segundo PERUZZO & CANTO (1993), a reciclagem do vidro, metais e outros materiais não somente limita o problema dos depósitos, mas também conserva a matéria-prima, reduz o consumo de energia e poderia reduzir os custos com limpeza pública, através da venda do material

para reaproveitamento nas indústrias. A reciclagem dos materiais presentes no lixo aumentaria também a vida útil dos depósitos.

A heterogeneidade dos materiais encontrados no lixo resulta em uma série de contaminantes que se controlados podem gerar renda, emprego e proteger o meio ambiente dos agentes poluidores.

O papel pode ser usado na produção de papelão e papel reciclado, de forma econômica, visto que o papel para embrulho ou jornal geralmente é produto de reciclagem. O vidro pode ser reciclado na produção de mais vidro.

Os materiais plásticos representam atualmente um dos aspectos mais delicados do lixo. São compostos orgânicos que não sofrem decomposição sob a ação da luz solar, nem dos microorganismos, ou seja, não são biodegradáveis ou demoram muitos anos para degradar. Quando bem selecionados, podem ser reaproveitados ou reciclados. Quando contém PVC, o único destino apropriado são os depósitos especiais perigosos, pois sua queima produz ácido clorídrico, contribuindo para a chuva ácida.

Os têxteis podem ser redistribuídos quando ainda tem uso como roupa, podem ser transformados em trapos para limpeza ou ainda servir como matéria-prima para a produção de papel especial. Os restos vegetais podem servir para a compostagem e, quando bem selecionados podem produzir bons adubos.

Os metais são facilmente recicláveis. Muitas vezes é mais barato reaproveitar o metal que obtê-lo a partir do minério, que além disso irá esgotar algum dia.

Restos de comida, papéis, madeira, bagaço de cana, etc, podem ser aproveitados para gerar biogás ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc), através da decomposição anaeróbica, feita por

microorganismo, dentro de um biodigestor. Desta forma, boa parte do lixo urbano e até mesmo do esgoto residencial poderiam ser usados na produção de biogás. Os resíduos da decomposição pode ser triturado e usado como adubo.

Um trabalho sério e competente deve ser iniciado e depende de uma política mais efetiva de aproveitamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos produzidos em Belém. É importante ressaltar que as soluções não devem limitar-se a deslocar o problema em direção a outras formas de toxidade.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGUDO, E. G. 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água, Companhia de tecnologia de saneamento ambiental - CETESB.** São Paulo. 150p. il.
- ALBERT, L. A. 1988. **Curso básico de toxicologia ambiental.** México, Ed. Limusa. 311 p.
- ALBUQUERQUE, C. R. T. de; DIAS, S. da F.; COSTA, M. F. da. 1979. **Reconhecimento dos recursos naturais da região metropolitana de Belém.** Belém. SEPLAN/CODEM/IDESP. p. 70-75.
- ALEXANDER, D. H. & BIRCHARD, G. F. 1983. **Nrc Nuclear Waste Geochemistry.** Nureg/Cp. 0055, p.297-325.
- ALLAWAY, W. H. 1974. **Interations of trace elements.** Washington Nacional Academy of Sciences. p. 111-115. V. 2- Geochemistry and environmental.
- ALMEIDA, C. P. de 1992. A poluição dos garimpos- 4. **O LIBERAL.** Belém, 27 set. 1992. Caderno 2, p.4.
- AUBERT, H. & PINTA, M. 1977. **Trace elements in soils.** New York, Elsevier scientific publishing company. 395p.
- BAISH, P. R. M.; JOUNNEAU, J. M.; ASMUS, H. E. 1989. Chemical composition of sediments from the Patos Lagoon, Brasil. In: CONG. BRAS. DE GEOQ., 2, Rio de Janeiro, 1989. **Anais.** Rio de Janeiro, SBGq. p. 11 - 20.
- BARROS, C. 1988. O perigo do garimpo. **Brasil Mineral** (55): 46-48.
- BARROS, H. L. C. 1992. **Química Inorgânica: uma introdução.** Ouro Preto, UFOP, p. 450-463.

- BASTOS, R. G. P. & ALVES, J. G. das V. 1991. **Mapeamento, por métodos geofísicos, das camadas permeáveis na área do Complexo de Destino Final dos Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de Belém.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 66p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia)- Curso de Geologia, UFPA, 1991.
- BATTALHA, B. L.& PARLATORE, A. C. 1977. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais.** São Paulo, CETESB.
- BEZERRA, J. F. M. 1990. Estimativas de cargas de mercúrio liberadas para o meio ambiente por atividades industriais- caracterização de fontes. In: SEMINÁRIO NACIONAL, Brasília, 1989. **Riscos e conseqüências do uso do mercúrio.** Rio de Janeiro, FINEP/CNPq. p. 91-109. Fotocópia.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1974. **Projeto RADAM. Folha SA.22.** Belém; Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro.
- BRASIL.SUDAM. 1984. **Atlas climatológico da Amazônia.** 125p. (PHCA, 39).
- CASTANHEDE, A. L. G. & FERREIRA, J.A.. 1989. Codisposição de resíduos perigosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., Belém, 1989. **Anais.** Belém, ABES. v. 2, p. 557-589.

- CASTILHOS Jr., A. B. de & NAVARRO, A. 1989. Concepção de um modelo sintético de resíduos sólidos urbanos: estudos em laboratórios do processo de inertagem da fração orgânica pela adição de cal viva ( CaO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., Belém, 1989. *Anais*. Belém, ABES. v. 2, p.509-521.
- CODEM. 1975. **Plano do desenvolvimento da grande Belém: Metodologia, estudos básicos, prognósticos, desenvolvimento e sistemas.** Belém, Companhia de desenvolvimento da área metropolitana de Belém. Tomos 1e 2.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO BÁSICO. CETESB. 1978. **Análise físico-química de águas.** L 1.012, São Paulo. Normalização técnica NT- 07
- COSAMPA garante a água que fornece. **O LIBERAL**, Belém, 29 de nov. de 1992. p. 22.
- COSTA, M. Q. & COQUEIRO, P. E. V.. 1988. Avaliação de um método de decomposição química para a determinação do mercúrio por absorção atômica sem chama. I - Amostras de sedimentos. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 6., Manaus, 1988. *Anais*. Manaus, CRQ. p. 109- 114.
- DINIZ, T. D. de A.S. 1986. **Característica climática da Amazônia oriental. Pesquisa sobre utilização e conservação do solo da Amazônia oriental; Relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU/GTZ.** p.3-13. (Belém documentos, 40).
- DUARTE, R. DE G. 1977. Coleta e Tratamento de resíduos líquidos de pequenas comunidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 9., Belo Horizonte,1977. *Anais*. Belo Horizonte, SBES. p 72-77.

- FARIAS, E. dos S.; NASCIMENTO, F. S. do; FERREIRA, M. A. A. 1992. **Mapeamento da área Belém- Outeiro**, estágio de campo III. Relatório final. Belém, UFPA.
- FENZL, N. 1988. Poluentes em solos. **Pará desenvolvimento**, IDESP, 23: 60-62.
- FERNANDES, H. M.; AZEVEDO, H. L. P. de; BARCELLOS NETO, C. de C. 1987. Investigação da poluição do Arroio Pavuna, Rio de Janeiro, por metais pesados, através do uso de sedimento como parâmetro geoquímico. In: CONG. BRAS. DE GEOQ., 1., Porto Alegre, 1987. **Anais**. Porto Alegre, SBGq. V. 2, p. 171-181.
- FIGUEREDO, E. M. de. 1990. Concentrções anômalas de metais pesados nas águas de alguns poços de Natal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. **Anais**. CDM. v. 2, p. 807-815.
- FORSTNER, W. & WITTMANN, G. T. W. 1983. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin, Springer - Verlag. 486 p.
- FURTADO, A. M. N., 1979. **Reconhecimento dos recursos naturais da região metropolitana de Belém**. Belém, SEPLAM/CEDEM/IDESP. p. 70-75.
- GAUDETTE, M. E.; FLIGHT, W. R.; TONER, L.; FOLGER, D. W. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. **Journal of sedimentary petrology**, 44 (1): 249-253.
- GROSSI, M. G. de L. 1989. **Avaliação do nível de concentração de alguns metais pesados em resíduos ou produtos resultantes da disposição ou tratamento de resíduo sólido municipal**. São Paulo, Universidade de São Paulo. Instituto de química. 123p. Tese (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, USP, 1989.

- HEM, J. D. 1985. **Study and interpretation of chemical characteristics of natural water**. U. S. Geology Survey Watersupply, paper 2254, V. S. Government Printing Office, Washington.
- ISSLER, R. S.; ANDRADE, A. R. F. de; MONTALVÃO, R. M. G. de; GUIMARÃES, G.; SILVA, G. G. da; LIMA, M. I. C. de. 1974. Geologia. In: BRASIL. Projeto RADAM. Folha SA. 22 Belém. Rio de Janeiro. p. irreg. (Levantamento de Recursos Naturais, 5).
- JAMES, B. 1992. **Lixo e reciclagem**. São Paulo. Scipione, 47p.
- KNECHTEL, J. R. & FRASER, J. L. 1979. Wet digestion method for the determination of mercury. Biological and environment samples. *Anal. Chem.* 51 (2):315-317.
- KRAUSKOPF, K.B. 1972. **Introdução à geoquímica**. São Paulo, USP:v. 1. 294p.
- KRAUSKOPF, K.B. 1980. **Introduction to Geochemistry**. New York, St. Louis, San Francisco. McGraw - Hill, 358 p.
- LACERDA, L. D. de 1990. Distribuição e comportamento do mercúrio no ambiente amazônico. In: SEMINÁRIO NACIONAL, Brasília, 1989. **Riscos e consequências do uso do mercúrio**. Rio de Janeiro, FINEP/ CNPQ. p. 70-79. Fotocópia.
- LIMA, L. M. Q. 1991. **Tratamento de lixo**. 2 ed. rev. São Paulo, HEMUS. 239 p.
- LOURIA, D. B. 1984. Envenenamento por metais traços. In: WINGAARDEN J. B., M.D. 1984. **Tratado de Medicina Interna**. 16ª ed. Ed. Interamericana. p. 2251- 2260.
- MALTEZ, H. T. 1987. Usina de lixo em Belém, mais um componente de degradação das águas. **O LIBERAL**, Belém, 4 de out. de 1987.
- MANCE, G. 1990. **Pollution threat of heavy metals in aquatic environments**. New York. Elsevier applied science. 372 p.

- MAZZEO, T. E. 1991. **Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém (PA) quanto à distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 141 p. Tese (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFPA, 1991.
- MELLOR, J. W. 1967. **Química Inorgânica Moderna.** Porto Alegre, Globo. 528 p.
- MEYBECK, M. & HELMER, R. 1989. The quality of rivers. From pristine stage to global pollution. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeocology ( global planetary change section).** 75: 283-309.
- MOORE, J. W. & ROMAMOORTHY, S. 1984. **Heavy metal in natural waters.** New York. Springer- Verlag. 268 p.
- MOREIRA, E. 1966. **Belém e sua expressão geográfica.** Belém. Imprensa Universitária. 212p.
- OLIVEIRA, W. E. 1984. Recuperação de recursos dos resíduos sólidos. **Rev. DAE,** São Paulo, 44 (139): 292-300.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. 1984. **Guias para cualidad del agua potable.** V. 1. Washington D.C. v. 1.
- OTERO, C. R. 1966. **A problemática do lixo em diferentes aspectos.** Fortaleza, Centro de Treinamento em Desenvolvimento Econômico Regional - CETRADE. 66p. Tese (mestrado).
- OTTAWAY, J. H. 1982. **Bioquímica da poluição.** São Paulo. EPU/EDUSP, 74p.

- PARISOT, E. H.; GUIGUER Jr.; REBOUÇAS, A. C.; CABRAL Jr., D.; DUARTE, V. 1985. **Monitoramento das águas subterrâneas ao aterro sanitário de Taubaté (SP) - Primeiros resultados.** São Paulo, IG-USP. p. 32-45. (Boletim, 16).
- PENTEADO, A. R. 1968. **Geologia urbana de Belém,** Belém, Universidade Federal do Pará. v. 2 p.
- PERUZZO, T. M. & CANTO, E. L. do. 1993. **Química: na abordagem do cotidiano.** São Paulo, Ed. Moderna. v. 1. 472 p.
- PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L. D.; MALM, O.; SOUZA, C. M. M.; SILVEIRA, E. G.; BASTOS, W. R. 1989. Mercury concentrations in inland waters of Rondônia Amazon, Brazil. **Sci. Tot Enviroment**, 87 (88): 233- 240.
- PRADO FILHO, J. F. do. 1991. Lixo Urbano: formas de disposição no ambiente. **Revista de Geografia**, São Paulo, 10: 75-92.
- PRATER, B. L. & ANDERSON, M. A. 1977. **Watter pollution control Fed.**, 49: 2099- 2106.
- RAMOS, J. F. F. 1992. Garimpagem: Poluição química e física. In: OLIVEIRA, Nilson Pinto de (org.) **Meio ambiente qualidade de vida e desenvolvimento.** Belém. NUMA/ UFPA. p 59-74. (Universidade e Meio Ambiente, 2).
- RAMOS J. F. F. & COSTA M. Q. da. 1990. Distribuição do mercúrio em dois garimpos do Pará. In: SEMINÁRIO NACIONAL, Brasília, 1989. **Riscos e conseqüências do uso do mercúrio.** Rio de Janeiro, FINEP/ CNPq. p. 70- 79. Fotocópia.
- REEDER, S. W.; DEMAYO, A.; TAYLOR, M. C. 1979. **Cadmiun.** Ottawa, Environment Canada, v.1.

- RIBEIRO, R. F. 1979. **Um estudo sobre os metais pesados nos sedimentos recentes da baía de Aratu (Ba), Bahia.** 1979. Tese de mestrado. 84 p.
- ROHDE, G. M. 1989. Método para seleção de áreas para aterros sanitários, Porto Alegre, Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC). **Bol. Técnico.** (13): 22p.
- ROUSSEAU, P.; CASTILHOS Jr., A. B. de; VERMANDE, P.; NAVARRO, A. 1989. Estimativa da distribuição e dos teores dos metais pesados nas diversas frações dos resíduos urbanos no Brasil. *In:* CONG. BRAS. DE ENG. SAN. E AMB., 15., Belém, 1989. **Anais.** Belém, ABES. v.2. p. 509-522.
- SANTOS, E. C. dos. 1991. **Estudo de impacto ambiental do complexo de destino final de resíduos sólidos da região metropolitana de Belém.** Belém, FADESP/SESAN. 427 p.
- SILVA, A. R. B.; GUIMARÃES, G. de A.; COSTA, M. Q. 1989. O mercúrio nos garimpos da Amazônia e suas implicações ambientais. **Rev. de cultura do Pará,** Belém, 10(2): 25- 35.
- SINGER, P. C. 1977 Influence of dissolved organics on the distribution, transport of heavy metals in the aquatic systems. *In:* BUFFET, I. H. ed. **Fate of pollutants in teh air and water enviroment,** New York. Part I. p. 155-182.
- SIOLI, H. 1951. Estudo preliminar das relações entre a geologia e a limnologia da zona Bragantina ( Pará). **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte.**
- SISTEMA de manejo dos resíduos sólidos. 1984. *In:* LEME, F. P.. **Engenharia do Saneamento Ambiental.** 2 ed. Rio de Janeiro, Livros técnicos e Científicos. p. 247-277.
- SOLOMONS, W. & FORSTNER, S. 1984. **Metals in the hidrocycle.** New York. 349p.



- SOUZA, J. R. da T. 1995. **Avaliação da distribuição das concentrações de mercúrio total em sedimentos, rejeito, solos e solos com TPA, na bacia do rio Rato- Itaituba/Pa.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 117 p. Tese (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Geociências, UFPA, 1995.
- TANCREDI, A. C. F. N. S; REIS, C. M. dos; SERRA, C.H.; TUMA, S; LOBATO, J.R.B. 1980. **Reconhecimento dos recursos naturais da região metropolitana de Belém.** Belém, SEPLAN/CODEM/IDESP. 79p.
- TAVARES, A. de N. 1992. Situação dos lagos e sua vulnerabilidade à poluição. **O LIBERAL**, Belém, 29 de nov. de 1992. p. 22.
- THURSTON, R. V. 1979. **A review of EPA red book: quality criteria for water.** Bethesda, Water Quality Section, American Fisheries Society.
- TRINDADE, O. S. & FIGUEREDO, M. A. R. de. 1982. **Aterro Sanitário: aspectos estruturais e ambientais.** Porto Alegre, Palloti. 82 p., il.
- TSALEV, D. L. & ZAPRIANOV, Z. K. 1984. **Absorption spectrometry: occupational and environment health practice.** Florida, CRC Press. V.1: Analytical aspects and health significance.
- TUREKIAN, K. K. & WEDEPOHL, K. H. 1961. Distribution of the elements on some major units of the earth's crust. **Bull. Geol. Soc. Am.** 72: 175-192.
- USINA pode eliminar o problema do lixo. 1992. **O LIBERAL**. Belém, 01 de nov. de 1992. 1º cad. p. 2.

VEIGA, M. M.; FERNANDES, F. R. C.; FARID, L. H.; MACHADO, J. E. B.; SILVA A. D. da;  
LACERDA, L. D. de; SILVA, A. P. da; SILVA, E. C.; OLIVEIRA E. F.; SILVA G. D. da;  
PÁDUA, H. B.; PEDROSO, L. R. M.; FERREIRA, N. L. S.; OSAKI, S. K.; MARINS,  
R.V.; IMBASSAHY, J. A.; PFEIFFER, W. C.; BASTOS, W. R.; SOUZA, V. P. de. 1991.  
**Poconé: um campo de estudos do impacto ambiental do garimpo.** Rio de Janeiro,  
CETEM/CNPq. 113 p.

VIEIRA, L. S. & SANTOS, P. C. T. C. dos. 1987. **Amazônia: Seus solos e outros recursos naturais.** São Paulo. Agronômica Ceres. 416 p.

VIEIRA, L. S.; OLIVEIRA, N. V. de C.; BASTOS, P. X. 1971. **Os solos do estado do Pará.** Belém, IDESP. il. 175 p. (Cadernos Paraenses, 8).

# **ANEXOS**

**ANEXO A-** Vista parcial do lixão das Águas Lindas, onde observa-se o monte de lixo deixado após desativação do depósito, sem tratamento.



**ANEXO B-** Vista parcial do Lixão da Águas Lindas após a construção de um muro cercando o depósito.



**ANEXO C- Monte de lixo no depósito do Aurá.**



**ANEXO D-** Vista aérea do lixão, atualmente cercado e coberto por vegetação e do clube das Águas Lindas. Observa-se a urbanização em torno do depósito.



**ANEXO E-** Vista aérea do depósito de lixo do Aurá. Ao fundo observa-se o rio Guamá.





## ANEXO F - Característica dos pontos amostrados.

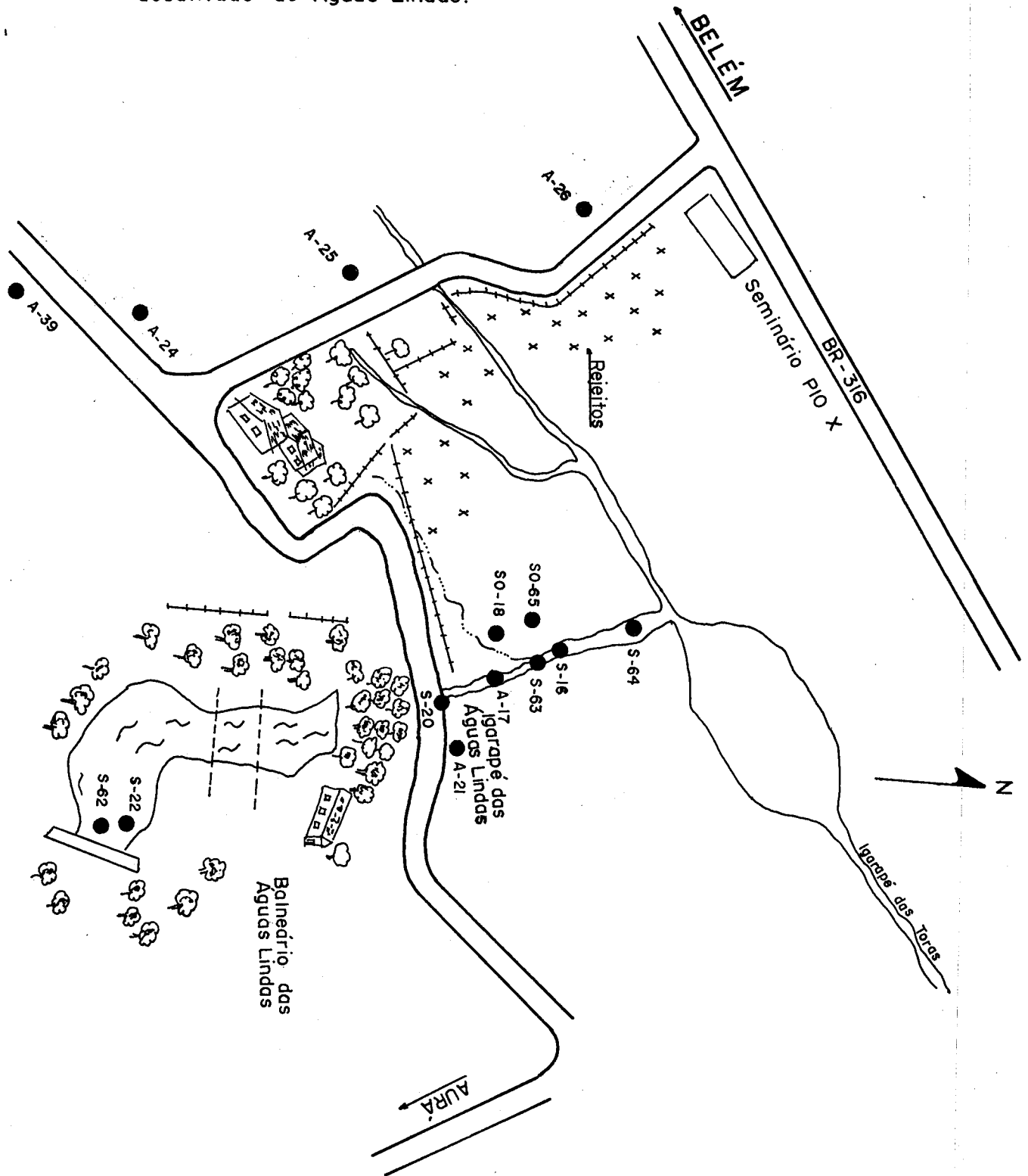
<i>Pontos</i>	<i>Localização e características</i>
S-1	Aurá- Final da drenagem preparada para filtro biológico- Arenosa
S-2	Aurá- Filtro biológico~7,5 m do anterior- Arenosa.
S-3	Aurá- Filtro biológico ~ 4m do anterior-Arenosa.
So-4	Aurá- Barranco próximo ao S-2, solo arenoso, horizonte A com vegetação.
So-5	Aurá- Barranco próximo ao S-3, arenoso, pouca vegetação.
S-6	Aurá- Início do filtro biológico, próximo ao cascalho, arenoso
So-7	Aurá- Barranco próximo ao S-6, arenoso com vegetação.
So-8	Aurá- Mata aberta que circunda o lixo, arenoso com vegetação.
S-9	Aurá- Início da drenagem de saída do chorume, areno-argiloso.
S-10	Aurá- ~3,8 m da anterior, onde desaparece o chorume, início da vegetação, arenoso.
S-11	Aurá- Mata próxima ao local anterior, areno-argiloso.
So-12	Aurá- Mata próximo ao anterior, local alto, areno-argiloso.
So-13	Aurá- Barranco entre a pedreira e o lixo, arenoso com vegetação.
So-14	Aurá- Barranco que circunda a lagoa, solo arenoso com muito óxido de ferro, areno-ferruginoso.
So-15	Aurá- Próximo a estrada que vai para o rio aurá, na curva, solo arenoso com vegetação.
S-16	Águas Lindas- Início do igarapé ao lado do lixão, areno-argiloso com muita vegetação.
A-17	Águas Lindas- Próximo ao anterior.
So-18	Águas Lindas- Área alta ao lado do igarapé, provavelmente antigo local de depósito.
A-19*	Águas Lindas- Próximo a estrada que circunda o antigo depósito.
S-20	Águas Lindas- Mesmo local que o anterior.
A-21	Águas Lindas- Rua das Águas Lindas, água de poço, residência ao lado do igarapé.
A-22*	Águas Lindas-Fonte nascente do clube,arenoso.
A-23*	Águas Lindas-Mesmo local que anterior.
A-24	Águas Lindas- Poço residencial, vila de casas, esquina da rua Maceió.
A-25	Águas Lindas-Poço residencial, Rua Maceió casa 282.
A-26	Águas Lindas-Poço residencial, Rua Maceió casa 56.
A-27*	Poço residencial-Barão do Triunfo no 42/49.
A-28*	Poço residencial-Pass. Acácia no 50A.
A-29*	Aurá-Filtrobiológico, mesmo local que S-6.
A-30	Aurá- Drenagem do chorume, mesmo local que S-9.
S-31	Aurá-Drenagem do chorume do lixo hospitalar, após incineração.
A-32*	Aurá- Mesmo local que anterior.
A-33	Estrada do Aurá- Poço residencial casa no168.
A-34	Estrada do Aurá- Sítio, poço residencial.
S-35	Rio Aurá,acima do local de influência do lixo.
S-36	Rio Aurá-Nascente próxima estrada que vai para o depósito, arenosa grosseira.
S-37	Rio Aurá~50 m da anterior, arenoso médio.
S-38	Rio Aurá- Próximo anterior, área de acesso ao depósito, argilosa.
A-39	Águas Lindas- Poço residencial,Rua Manaus casa no 45.

cont.

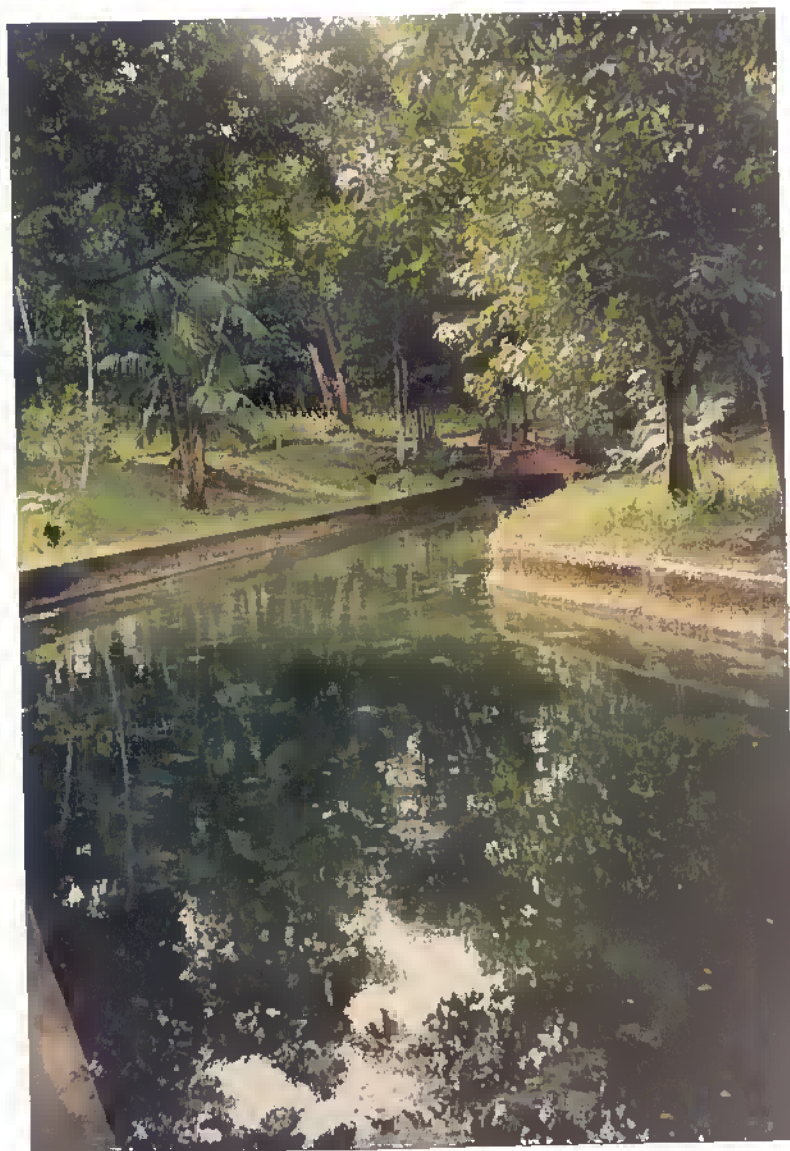
- A-40 Aurá- Poço artesiano na entrada do depósito.  
A-41\* Perimetral-Pass Acácia no 50 A, poço residencial.  
S-42 Rio Aurá- Nascente próxima entrada do depósito.  
S-43 Rio Aurá~75 m da anterior.  
S-44 Rio Aurá~70 m do anterior, areno-argiloso.  
S-45 Rio Aurá~300 m do anterior, areno- argiloso com muita vegetação.  
S-46 Rio Aurá- Mesmo local que anterior, argiloso.  
S-47 Rio Aurá- ~300 m do anterior, argilosa.  
S-48 Rio Aurá- ~500 m do anterior, argilosa.  
S-49 Saída do rio Aurá, argiloso.  
S-50 Subindo ~200 m.  
S-51 Passando a entrada do Aurá em direção ao rio Guamá.  
S-52 Encontro do rio Aurá com o Guamá.  
S-53 Rio Guamá, em frente ao Chale de Ferro da UFPa.  
S-54 Aurá- Estrada que circunda o depósito próximo a jaqueira.  
S-55 Aurá-Novos canal aberto ao lado do filtro biológico anterior.  
S-56 Aurá- Drenagem do chorume.  
S-57 Aurá- Mata que circunda o lixo ,local alto.  
So-58 Aurá- Próximo ao anterior.  
So-59 Aurá- Praça, antigo local de deposição do lixo.  
So-60 Aurá- Em frente ao cemitério, arenoso.  
So-61 Aurá- Entre a lagoa e o cemitério, arenoso fino com muita vegetação.  
S-62 Águas Lindas- Fonte nascente do clube, arenoso.  
S-63 Águas Lindas- Igarapé, ~50 m do início da estrada.  
S-64 Águas Lindas-Igarapé, próximo ao anterior.  
So-65 Águas Lindas - Solo em local alto, ao lado do igarapé.
- 

\* Não analisada

ANEXO G: Mapa esquemático de localização das amostras no depósito de lixo desativado de Águas Lindas.



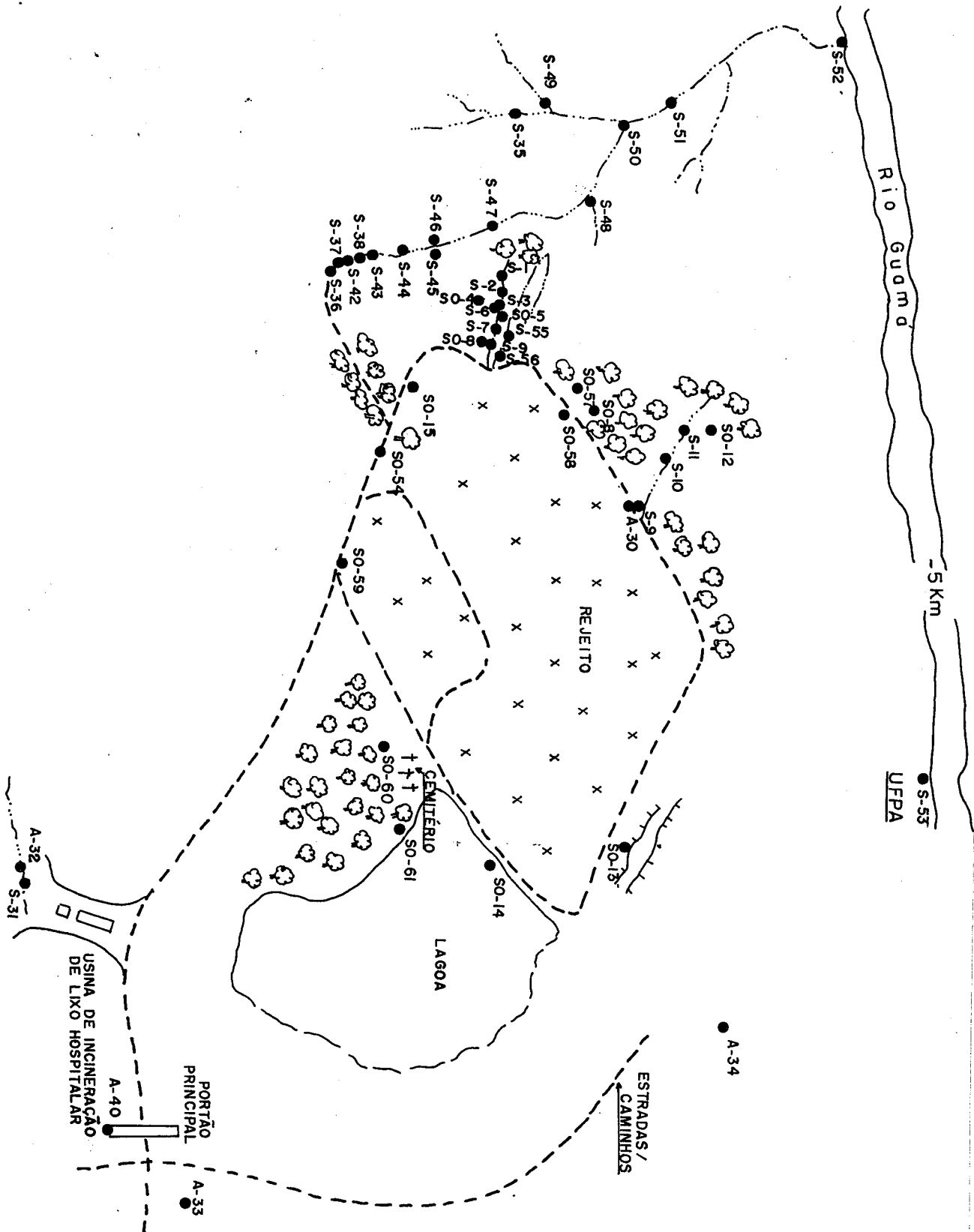
**ANEXO H-** Fonte do clube das Águas Lindas.



**ANEXO I-** Vista parcial do igarapé das Águas Lindas. O depósito de lixo localiza-se do lado direito da foto.



ANEXO J : Mapa esquemático de localização das amostras no depósito de lixo do Aurá.



**ANEXO K- Drenagem para escoamento do chorume no depósito de lixo do Aurá.**





**ANEXO L-** Vista parcial da usina de incineração no depósito de lixo do Aurá, onde deveria ser tratado o lixo hospitalar.





**ANEXO M-** Vista parcial do rio Aurá, acima do local de influência do lixão do Aurá.



**ANEXO N-** Vista parcial do igarapé Pescado, localizado ao lado do lixão do Aurá.



ANEXO O- Vista parcial do rio Aurá, durante o período mais chuvoso na região, abril de 1994.



**ANEXO P-** Poço localizado à rua Manaus nº 45, representa a maioria dos poços estudados, geralmente abertos, rasos e mal cuidados.

