

ADRIANA CONELIAN REYER

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA
DRAGAGEM DO RIO TIETÊ**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia.

**CONSULTA
FD-3808**

**São Paulo
2004**

OK

ADRIANA CONELIAN REYER

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA
DRAGAGEM DO RIO TIETÊ**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Metalúrgica de Materiais

Orientador :
Prof.Dr. Jorge Alberto Soares Tenório

**São Paulo
2004**

sysNO: 1415192

03/01/05

DEDALUS - Acervo - EP-EPBC



31200012494



Universidade de São Paulo
Biblioteca da Escola Politécnica

FD- 3808

Reyer, Adriana Conelian

Caracterização dos resíduos provenientes da dragagem do rio Tietê. São Paulo 2004.

145p.

Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

1. Resíduos 2. Dragagem 3. Tietê
4. Caracterização . I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica
. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais II.t



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Relatório de Defesa

Relatório de defesa pública de Dissertação do(a) Senhor(a) Adriana Conelian Reyer no Programa: Engenharia Metalúrgica, do(a) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Aos 13 dias do mês de outubro de 2004, realizou-se a Defesa da Dissertação do(a) Senhor(a) Adriana Conelian Reyer, apresentada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia - Área: Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Opção: Materiais, intitulada:

"Caracterização dos resíduos provenientes da dragagem do rio Tietê"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Vínculo do Docente	Sigla da Unidade	Resultado
Jorge Alberto Soares Tenorio	Presidente	EP	<i>Aprovado</i>
Denise Crocce Romano Espinosa	Titular	Docente Externo	<i>aprovado</i>
Sabetai Calderoni	Titular	Docente Externo	<i>aprovado</i>
Resultado Final: <i>Aprovado</i>			
Parecer da Comissão Julgadora			

Eu, Elisabete Aparecida F da Silva Ramos *Elisabete F. Ramos*, Técnico Acadêmico, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as), São Paulo, aos 13 dias do mês de outubro de 2004.

Denise Crocce Romano Espinosa
Denise Crocce Romano Espinosa

Sabetai Calderoni
Sabetai Calderoni

Jorge Alberto Soares Tenorio
Jorge Alberto Soares Tenorio
Orientador(a)

Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

Nos termos do artigo 110, do RG-USP, encaminhe-se o presente relatório à CPG, para homologação.

Impresso em: 06/10/2004

Un./PMT
58119

*A meus pais
A meu filho, Murilo*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge Alberto Soares Tenório, pelas diretrizes e paciência na realização deste trabalho.

Aos meus familiares, em particular à minha mãe e meu filho Murilo, os quais durante a realização deste trabalho, estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Ao Armando Giovannetti, pelo incentivo constante, pela paciência e apoio em todos os momentos e por acreditar na minha capacidade profissional.

Ao Prof. Dr. Marcelo Gonçalves, pela contribuição em minha formação profissional, pela amizade e pelo incentivo em relação ao curso de Mestrado.

À CAPES, pela bolsa de Mestrado fornecida.

Ao Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves, Maurício, Tico e Felipe, pela participação nas amostragens no aterro da Lagoa de Carapicuíba.

Ao ICTR, por ter permitido que eu apresentasse os dados obtidos, dos quais eu participei ativamente.

Ao Prof. Dr. Edson Aparecido Nour, à Profa. Dra. Maria Olímpia de Oliveira Rezende e ao Allan, pela realização das análises nos sedimentos coletados.

À Daniella Mac Dowell Leite de Castro e à Sulema, pelo fornecimento dos dados jurídicos em relação às obras de rebaixamento da calha do rio Tietê e disposição do material de dragagem do Tietê no aterro da Lagoa de Carapicuíba.

À todos os colegas da Poli Metalurgia e Materiais, que direta ou indiretamente ofereceram seus préstimos durante a realização deste trabalho.

ERRATA

Página	Onde se lê:	Lê-se:
Abstract, 7ª linha	... derived from "phase II", derived from "phase I" and "phase II", ...
02, 3º parágrafo	... rio Tietê (fase II), rio Tietê (fase I e II), ...
60, 2ª linha	... entre a foz do rio Pinheiros e a Barragem da Penha entre a Barragem Edgard de Souza e a Barragem da Penha....
70, TABELA 1	Ponto 1, A2, A3, A4, A5 e A6	Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3, Ponto 4, Ponto 5 e Ponto 6

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

1. APRESENTAÇÃO	1
2. INTRODUÇÃO	5
3. INTRODUÇÃO TEÓRICA	16
3.1 O Rio Tietê	16
3.1.1 O Alto Rio Tietê	17
3.2 A Lagoa de Carapicuíba	20
3.3 A Contaminação do Solo	25
3.3.1 Contaminação do Solo pó Metais Pesados	31
O Cromo	33
O Chumbo	42
O Cádmiio	50
O Heptacloro e o Heptacloro Epóxido	57
4. OBJETIVOS	60
5. MATERIAIS E MÉTODOS	61
5.1 ICTR	61
5.1.1 Amostragem	61
5.1.2 Caracterização do Material Coletado	71

UNICAMP	72
USP – São Carlos	76
Analytical Solutions	78
5.2 CETESB	79
5.3 Instituto Ambiental 21	81
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
6.1 ICTR	82
6.1.1 UNICAMP	89
6.1.2 USP – São Carlos	100
6.1.3 Analytical Solutions	111
6.2 CETESB	117
6.3 Instituto Ambiental 21	122
6.4 Comparação dos Resultados do ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21	124
7. CONCLUSÕES	138
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: mapa apresentando o rio Tietê e seus afluentes.	18
Figura 2: Foto de 1962 da área onde se formaria a Lagoa de Carapicuíba.	21
Figura 3: Foto de 1968 da região onde se formaria a Lagoa de Carapicuíba. Surgimento da rodovia ao lado do rio Tietê.	22
Figura 4: Visão geral da Lagoa de Carapicuíba em 1972 mostrando a região inundada.	22
Figura 5: Visão geral da região da lagoa de Carapicuíba mostrando a expansão da região inundada comparando-se com a figura anterior.	23
Figura 6: Situação da lagoa de Carapicuíba em 2001.	24
Figura 7: Visão geral da Lagoa de Carapicuíba.	62
Figura 8: Destaque do aterro da Lagoa de Carapicuíba.	62
Figura 9: Mapa com a localização dos pontos de coleta de amostras para análises.	64
Figura 10: Equipamento de sondagem rotativa utilizado nas amostragens. (a) vista frontal do equipamento de sondagem rotativa. (b) vista lateral do equipamento de sondagem rotativa.	66
Figura 11: Separação do material coletado de acordo com sua característica.	67

**Figura 12: (a) Homogenização e (b) quarteramento
das amostras representativas. 68**

**Figura 13: Amostras acondicionadas para serem enviadas
para análises. 69**

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Amostras compostas dos pontos de amostragem da lagoa de Carapicuíba.	70
TABELA 2: Características das amostras coletadas no Ponto 1.	82
TABELA 3: Características das amostras coletadas no Ponto 2.	83
TABELA 4: Características das amostras coletadas no Ponto 3.	84
TABELA 5: Características das amostras coletadas no Ponto 4.	85
TABELA 6: Características das amostras coletadas no Ponto 5.	86
TABELA 7: Características das amostras coletadas no Ponto 6.	87
TABELA 8: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto1.	90
TABELA 9 : Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 2.	90
TABELA 10:Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 3.	91
TABELA 11: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 4.	91
TABELA 12: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 5.	91
TABELA 13: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 6.	92
TABELA 14:Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 1.	93

TABELA 15: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 2.	93
TABELA 16: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 3.	93
TABELA 17: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 4.	94
TABELA 18: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 5.	94
TABELA 19: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 6.	94
TABELA 20: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 1.	96
TABELA 21: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 2.	96
TABELA 22: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 3.	96
TABELA 23: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 4.	97
TABELA 24: Análise do extrato solubilização (Unicamp) das amostras do Ponto 5.	97
TABELA 25: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 6.	97

TABELA 26: Amostras de extrato solubilizado (Unicamp) cujos resultados se encontram em desacordo com a norma NBR 10004.	98
TABELA 27: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,25-1,50).	100
TABELA 28: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,25-1,50).	101
TABELA 29: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,50-3,75).	101
TABELA 30: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,50-3,75).	101
TABELA 31: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(3,75-4,50).	102
TABELA 32: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(3,75-4,50).	102
TABELA 33: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 3(9,0-12,0).	102
TABELA 34: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 3(9,0-12,0).	103

TABELA 35: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 4(1,50-4.50).	103
TABELA 36: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 4(1,50-4.50).	103
TABELA 37: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5(0,0-1,5).	104
TABELA 38: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5(0,0-1,5).	104
TABELA 39: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (1,5-4,5).	104
TABELA 40: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (1,5-4,5).	105
TABELA 41: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (4,5-7,5).	105
TABELA 42: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (4,5-7,5).	105
TABELA 43: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).	106
TABELA 44: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).	106
TABELA 45: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (11,50-12,0).	106

TABELA 46: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos)	
da amostra Ponto 5 (11,50-12,0).	107
TABELA 47: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato	
solubilizado (USP-São Carlos) da amostra	
Ponto 1 (0,0-1,25).	108
TABELA 48: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos)	
da amostra Ponto 1 (0,0-1,25).	108
TABELA 49: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato	
solubilizado (USP-São Carlos) da amostra	
Ponto 1 (4,50-5,90).	108
TABELA 50: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos)	
da amostra Ponto 1 (4,50-5,90).	109
TABELA 51: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato	
solubilizado (USP-São Carlos) da amostra	
Ponto 4 (1,50-4,50).	109
TABELA 52: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos)	
da amostra Ponto 4 (1,50-4,50).	109
TABELA 53: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato	
solubilizado (USP-São Carlos) da amostra	
Ponto 5 (7,50-11,50).	110
TABELA 54: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos)	
da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).	110

TABELA 55: Amostra de extrato solubilizado (USP - São Carlos), cujo resultado se encontra em desacordo com a NBR 10004.	111
TABELA 56: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 1.	111
TABELA 57: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 2.	112
TABELA 58: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 3.	112
TABELA 59: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 4.	112
TABELA 60: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 5.	113
TABELA 61: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 6.	113
TABELA 62: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 1.	114
TABELA 63: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 2.	114
TABELA 64: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 3.	115
TABELA 65: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 4.	115

TABELA 66: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 5.	116
TABELA 67: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 6.	116
TABELA 68: Amostras de extrato solubilizado (Analytical Solutions) cujos resultados se encontram em desacordo com a NBR 10004.	117
TABELA 69: Amostragem Composta - Massa Bruta– Primeira Campanha – CETESB.	118
TABELA 70: Amostragem Composta -Massa Bruta – Segunda Campanha – CETESB.	119
TABELA 71: Análise do Extrato Lixiviado – Primeira e Segunda Campanha – CETESB.	120
TABELA 72: Análise do Extrato Solubilizado – Primeira e Segunda Campanha (CETESB).	121
TABELA 73: Resultados das análises do extrato lixiviado e da massa bruta (Instituto Ambiental 21).	122
TABELA 74: Resultados das análises do extrato solubilizado (Instituto Ambiental 21).	123
TABELA 75: Amostras de extrato solubilizado, analisadas pelo Instituto Ambiental 21, cujos resultados estão acima do permitido pela norma NBR 10004:87.	124

TABELA 76: Valores Orientadores para Solos no Estado de São Paulo (CETESB). 129

TABELA 77: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos no laboratório da Unicamp, cujos valores estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001). 130

TABELA 78: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos pela CETESB, na primeira campanha, cujos valores estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001). 132

TABELA 79: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos pela CETESB, na segunda campanha, cujos valores estão acima dos valores de referência e alerta, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001). 134

TABELA 80: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos pelo Instituto Ambiental 21, cujos valores estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001). 135

RESUMO

As freqüentes inundações em São Paulo são assunto certo no período de chuvas todos os anos. Para tentar amenizar as enchentes da Região Metropolitana de São Paulo, o Governo do Estado, em meados de 1998 deu início às obras de aprofundamento da calha do rio Tietê. O DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, responsável pelas obras, dividiu o empreendimento em dois trechos, denominados de "fase I" e "fase II". O material dragado do rio Tietê, proveniente do trecho da "fase II", classificado como inerte, segundo a norma NBR 10004, seria utilizado para aterrar a Lagoa de Carapicuíba. Denúncias na imprensa da ocorrência de disposição de material irregular no aterro, levantou a dúvida sobre o tipo de material que realmente estava sendo disposto na Lagoa. Assim, o presente trabalho, através do ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, caracterizou o material dragado do rio Tietê em relação às Normas NBR 10004, 10005 e 10006, concluindo que houve disposição de material classe II – não inerte na Lagoa de Carapicuíba, devido à presença dos metais pesados: cromo total, chumbo, cádmio e dos organoclorados heptacloro e heptacloro Epóxido, em concentrações acima do permitido pela norma NBR 10004. A CETESB e o Instituto Ambiental 21 também analisaram amostras do material depositado na Lagoa de Carapicuíba. A comparação dos resultados obtidos pelo ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21 constatou a deposição de material **Classe II – não inerte**, no aterro da Lagoa de Carapicuíba.

ABSTRACT

Floods are very common during the raining season in São Paulo. In order to mitigate the Tiete River overflow in the Metropolitan area of São Paulo, the State govern, during the early 1998, started the Tiete's River bottom dredging. The Department of Water and Electricity of the São Paulo State (DAEE – *Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo*), which is responsible for the work, divided the river in two segments, named "phase I" and "phase II". The dredged material from the bottom of the river, derived from "phase II", which is inert according to NBR 10004/87, would be disposed in the Carapicuíba Pond as a kind of inert material landfill. The press claimed the fact of an irregular disposition in the Carapicuíba Pond of the material dredged from the Tietê River, this fact was investigated by CETESB, Instituto Ambiental 21 and more recently by ICTR – Institute of Science and Technology on Wastes and Sustainable Development (*Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável*). Therefore, the present study aims to characterize, through the ICTR, the sediments disposed in the Carapicuíba Pond and to discuss the results obtained by ICTR, Instituto Ambiental 21 and CETESB. The materials were collected through a vertical probe placed in 5 points on the surface of the landfill and another position between the river and the deposit. The 33 samples collected were characterized according to NBR 10004/87, 10005/87, 10006 and 10007/87. The occurrence of urban wastes in the sediments was observed. Most part of the samples presented at least one parameter (Cr, Cd, Pb, heptachlor and heptachlor epoxy) above the limits to be considered an inert material according to NBR 10004/87. On the other hand, CETESB and Instituto 21 found Fe, Al and Mn, and also classified the material as class II according to NBR 10004/87.

1. APRESENTAÇÃO

O rápido crescimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e em particular, da cidade de São Paulo, não permitiu a execução de um planejamento urbano adequado. As áreas naturais de solos permeáveis e várzeas dos rios foram substituídas por vias marginais e áreas urbanas. A ocupação das áreas urbanas, muitas vezes ocorreu de forma inadequada, em áreas sujeitas à erosão, provocando deslizamentos de sedimentos em direção aos rios e canais, de modo a contribuir para o assoreamento dos mesmos. Essas áreas urbanas, localizadas geralmente na periferia da cidade, apresentam um sistema de saneamento ineficiente, e o lixo gerado nestes locais são, muitas vezes, carregados pelas águas das chuvas para os canais e rios, também contribuindo para o assoreamento dos mesmos. Desse modo, no período de chuvas fortes, presenciamos as “tradicionais” enchentes. Essas enchentes causam não somente danos materiais, como também graves danos à saúde da população, que fica exposta a doenças e à contaminação.

O Governo de São Paulo, na tentativa de amenizar tal situação, deu início às obras de aprofundamento da calha do rio Tietê, em meados de 1998.

As obras foram divididas em dois trechos, denominados de “fase I” e “fase II”, pois o departamento responsável pelo empreendimento, o DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, alegou impossibilidade de realizar um único Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA para todo o conjunto, para efeito de obtenção

de licenciamento das obras. Os trechos da fase I e fase II, compreendem as seguintes extensões:

- Trecho da fase I: com cerca de 16,5 Km de extensão, está compreendido entre a Barragem Edgard de Souza e a foz do rio Pinheiros;
- Trecho da fase II: com cerca de 18,5 Km de extensão, está compreendido entre a foz do rio Pinheiros e a barragem da Penha.

O leito do rio Tietê já se encontra ampliado e rebaixado no trecho entre a barragem Edgard de Souza e a foz do rio Pinheiros (fase I). Atualmente as obras concentram-se no trecho da fase II. Ao término das obras, o DAEE considera que todo acréscimo de vazão do rio Tietê deverá ser retido em seus afluentes, através de reservatórios de retenção devidamente posicionados na bacia.

O projeto de desassoreamento da calha do rio Tietê está sendo financiado pelo governo japonês, respondendo este por 75% das aplicações financeiras da obra, e o restante (25%) é financiado pelo governo paulista.

O material retirado do leito do rio Tietê (fase II), classificado segundo a norma NBR 10004/87 da ABNT, como classe III – inerte, seria utilizado para aterrar a Lagoa de Carapicuíba, cujo destino será decidido posteriormente. Uma hipótese é a de transformá-la num parque comunitário.

Em outubro de 2002, a Comissão Externa de Acompanhamento das Obras de Rebaixamento da Calha do rio Tietê, da Câmara Municipal de Carapicuíba, coletou algumas amostras do material proveniente das obras da

calha do rio Tietê, disposto no aterro da lagoa de Carapicuíba, e enviou para a ONG Instituto Ambiental 21, em Imaruí-SC, para serem analisadas. O material foi, então, classificado como classe II, não-inerte, devido à presença dos elementos Fe, Mn, Zn e sulfato em concentrações acima do estabelecido pela NBR 10004/87. Este fato foi denunciado na imprensa, e diante este acontecimento, a CETESB realizou duas campanhas de amostragem na Lagoa de Carapicuíba, em dezembro/2002 e março/2003, com o objetivo de caracterizar a qualidade das águas superficiais da lagoa e os sedimentos provenientes do rio Tietê, nela dispostos. O resultado das análises realizadas pela CETESB nas duas campanhas, constatou a presença de material classificado como classe II – não inerte, segundo a NBR 10004:87, na área do aterro licenciado para receber somente material inerte.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo a realização de um estudo comparativo entre os resultados das caracterizações dos sedimentos provenientes da dragagem do leito do rio Tietê, dispostos na Lagoa de Carapicuíba, realizadas através do ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, e do Instituto Ambiental 21. Ressalta-se que todos os procedimentos de amostragem constantes do relatório do ICTR foram realizados pela autora deste trabalho dentro do escopo do presente estudo, bem como a formatação dos resultados, portanto o presente estudo não se limita apenas a fazer um estudo comparativo uma vez que houve um efetivo desenvolvimento experimental em campo. Os sedimentos analisados pelos três

órgãos são provenientes das obras de dragagem do rio Tietê, que visam aprofundar a calha desse rio, na extensão da Região Metropolitana de São Paulo, compreendida entre a foz do rio Pinheiros e a Barragem da Penha, de modo a amenizar as inundações ocasionadas nos períodos de chuvas fortes.

2. INTRODUÇÃO

Em 11 de março de 1998, o DAEE subscreveu termo de compromisso apresentado à Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e de Proteção dos Recursos Naturais – CPRN, órgão da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, em razão do Processo Administrativo SMA 13.530/95, comprometendo-se a:

- (i) *Ser responsável pela qualidade do material retirado pelo rebaixamento da calha, garantindo que cada material seria disposto em áreas adequadas às suas especificações.*
- (ii) *Apresentar áreas técnica e ambientalmente viáveis para acomodar o material, sendo que estas áreas seriam autorizadas pela CETESB ou seriam áreas anteriormente licenciadas por ela para disposição de resíduo Classe II.*
- (iii) *Apresentar, para análise da CETESB, uma caracterização e classificação do material, de acordo com a Norma NBR 10004 – “Resíduos Sólidos – Classificação”.*
- (iv) *Dispor o material de acordo com o “Programa de Controle de Monitoramento das Características Físico/Químicas do Material Dragado”, realizando amostragem prévia para caracterização do material dragado antes do início da escavação de cada trecho de 1000 metros.*
- (v) *Paralisar a disposição de material sempre que as análises demonstrarem que este pode ser classificado como Classe I.*

- (vi) *Dispor material inerte na Lagoa de Carapicuíba, desde que aprovado previamente pela CETESB projeto de disposição que envolva aspectos geotécnicos, bem como proposta de gerenciamento para controle da tipologia do material.*
- (vii) *Não implantar canal de interligação entre a Lagoa de Carapicuíba e o Rio Tietê.*
- (viii) *Apresentar procedimentos de escavação, transporte, transbordo e disposição final do material, do trecho a ser escavado, especificando o que for relevante quanto a materiais inertes e não-inertes; dentre outros compromissos assumidos. O prazo do termo seria o da execução das obras, até sua conclusão, assumindo o DAEE responsabilidade no cumprimento de todas as medidas constantes, nos termos da lei.*

Em 07 de maio de 1998, a CETESB emitiu Parecer Técnico 020/98/ERTR/EETR, referente ao projeto de disposição de bota-fora de material inerte oriundo do aprofundamento da calha do Rio Tietê – Trecho I, com base no termo de compromisso assinado entre DAEE e CPRN em março do mesmo ano, destacando que *deverá ser disposto, na área de implantação de aterro de material inerte na Lagoa de Carapicuíba, resíduo Classe III, de acordo com a Norma NBR 10004, bem como indica procedimento a ser seguido para análise do material, sistema de gerenciamento do material dragado, e forma de controle de lançamento dos materiais na Lagoa.* O parecer aprovou o projeto apresentado pelo DAEE, recomendando que este apresentasse, antes do início

das obras de implantação, *resultados da classificação do material a ser dragado e redimensionamento geotécnico do aterro.*

Em 19 de março de 1999, o Parecer Técnico CPRN/DAIA 080/99, revendo o Estudo de Impacto Ambiental – EIA, e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, apresentado pelo DAEE para subsidiar processo de licenciamento ambiental para as obras de ampliação da Calha do Rio Tietê – Trecho II, apontou estudos sobre a qualidade das águas da Lagoa de Carapicuíba, realizados pelo empreendedor de acordo com o EIA, indicando níveis correspondentes às águas de Classe 3, embora as mesmas estejam classificadas como Classe 2. Conclui o parecer que, na fase de implantação do Trecho II, devem necessariamente ser atendidas, dentre outras, as seguintes exigências:

- (i) *Submeter à aprovação e supervisão da CETESB ou através de celebração de Convênio, Plano de Caracterização e Monitoramento dos Sedimentos e da Qualidade das Águas (do material a ser retirado do canal do Rio Tietê e do material de desassoreamento atualmente disposto nas margens do rio), abrangendo metodologias de coleta e análise, sendo que, em função da análise dessa caracterização, deve ser demonstrado o volume de material inerte e não-inerte a ser removido, definindo o volume de material inerte a ser disposto na Lagoa de Carapicuíba. A CETESB deve aprovar as áreas de disposição dos materiais.*

- (ii) *Executar ensaios de caracterização geológica e geotécnica do material inerte a ser disposto na Lagoa de Carapicuíba, demonstrando a possibilidade de recuperação ambiental da área.*
- (iii) *Prever procedimentos específicos derivados do monitoramento ambiental da disposição de material na Lagoa de Carapicuíba que definam ações e condutas a serem adotadas caso sejam detectadas condições críticas à biota associada durante o período de aterramento.*

Em 29 de março de 1999, o Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA, em sua 64ª Reunião Extraordinária do Plenário, deliberou favoravelmente sobre a viabilidade ambiental do empreendimento “Ampliação da Calha do Rio Tietê – Trecho II – Pinheiros-Penha”, de responsabilidade do DAEE e com base no Parecer Técnico CPRN/DAIA 080/99, acima citado.

Em 30 de março do mesmo ano, foi concedida ao DAEE Licença Prévia no. 000210, com prazo de 3 anos, para aprofundamento da Calha do Rio Tietê – Trecho II, ressaltando que a implantação do empreendimento dependia de Licença de Instalação, concedida somente depois de atendidas as exigências do Parecer Técnico CPRN/DAIA 080/99 e do CONSEMA.

Em 01 de julho de 1999, o DAEE encaminhou documentação referente ao plano de caracterização e monitoramento do material resultante da escavação para ampliação da calha do Rio Tietê – Trecho II, e da qualidade das águas da Lagoa de Carapicuíba. Tal documentação foi analisada na Informação Técnica nº 012/00/ERTR/EEAS/EQS/ERQ, de 29 de março de 2000, e previa a metodologia do plano de caracterização de materiais (mesma

utilizada no Trecho I), qual seja, amostragem antes da escavação do leito do Rio, com amostras coletadas a cada 1 km, perfazendo total de 25 pontos, sendo tomadas no mínimo duas amostras de cada, uma até 0,50 m de profundidade e outra representativa do substrato com composição até o ponto mais profundo da escavação, sendo as análises conduzidas de acordo com a Norma NBR 10004.

Em 30 de janeiro de 2001, o DAEE encaminhou "Proposta de Programa para Caracterização do Material a ser Escavado nas Obras de Ampliação da Calha do Rio Tietê – Fase II", aumentando o número de amostras para 48, sendo que um trecho só seria considerado inerte se as duas amostras (profundidade mínima e máxima amostrada) apresentarem características de resíduos inertes. A documentação foi novamente analisada pela Informação Técnica nº 021/01/ERTR/EQS/ERQ, de 22 de fevereiro de 2001, que informou que a proposta do DAEE poderia ser aceita.

O DAEE enviou à CETESB, em maio de 2001, "Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água na Lagoa de Carapicuíba" e "Relatório de Monitoramento dos Sedimentos da Lagoa de Carapicuíba", analisados em 17 de janeiro de 2002 pelo Parecer Técnico nº 01/02/ERT/ERQ, que concluiu que, segundo os dados apresentados, considerou-se que o lançamento do material escavado do Rio Tietê – Trecho I, não causou um maior grau de comprometimento na qualidade das águas da Lagoa de Carapicuíba. Concluiu-se, ainda, que existem quatro tipos de materiais na área amostrada que necessitam de diferentes destinações, quais sejam:

- (i) *Resíduos Sólidos (lixo): devem ser enviados a aterro sanitário licenciado pela CETESB.*
- (ii) ***Sedimentos oriundos da dragagem da calha – Trecho II: tem como característica principal a presença de alumínio, ferro e manganês, considerados sedimentos não-inertes, devendo ser disposto em bota-fora especial, com sistema de proteção de águas superficiais e subterrâneas.***
- (iii) *Sedimentos que contém chumbo: devem ser dispostos em aterros licenciados pela CETESB e aptos a receber resíduos de Classe II.*
- (iv) *Rochas e Solos: material inerte que poderá ser disposto na Lagoa de Carapicuíba.*

O DAEE apresentou, em 18 de janeiro de 2002, resultados das análises complementares dos sedimentos da calha do Tietê – Trecho II, com a indicação de volume do material não-inerte, indicando que os resíduos não-inertes (chumbo), lixo e entulho seriam dispostos nos aterros sanitários aprovados (Guarulhos e Bandeirantes) **e os resíduos não-inertes com alumínio, ferro ou manganês nos aterros sanitários ou bota-foras aprovados pela SMA/CETESB**, sendo que os demais materiais inertes, como solos e rochas provenientes da escavação, seriam dispostos na Lagoa de Carapicuíba, conforme acordado anteriormente, e reiterando o pedido de concessão de Licença de Instalação.

Em 21 de janeiro de 2002, a equipe técnica do DAIA, analisando a documentação entregue, recomendou a concessão da Licença de Instalação para o aprofundamento da calha do Rio Tietê – Trecho II, mediante as seguintes exigências, dentre outras:

- (i) *Cabe ao DAEE apresentar relatórios quadrimestrais sobre os volumes e trechos escavados, os locais de disposição e as formas de controle exercidas, a fim de cumprir as determinações sobre os quatro tipos de materiais a serem escavados.*
- (ii) *Informar nos relatórios quadrimestrais o andamento da implantação do aterro na Lagoa de Carapicuíba, apresentando balanço do material aterrado no período, os métodos construtivos e de controle geotécnico adotados, ilustrado com fotos e diagramas.*
- (iii) *Implementar Plano de Monitoramento da Lagoa de Carapicuíba (água e sedimentos), devidamente modificado e ampliado, conforme Informação Técnica da CETESB e encaminhando análise dos resultados para o DAIA e CETESB, bem como encaminhar relatórios ao Comitê de Bacia do Alto Tietê e aos Subcomitês Pinheiro-Pirapora e Tamanduateí-Billings.*

O Parecer Técnico CPRN/DAIA/036/2002, de 21 de janeiro de 2002, analisou a viabilidade das propostas de disposição de resíduos originários do rebaixamento da calha do Tietê – Trecho II, concluindo que resíduos sólidos e sedimentos contendo chumbo seriam encaminhados aos aterros sanitários

CDR – Pedreira e CTR – Caieiras e **material com alumínio, ferro ou manganês** também poderiam ser depositados em referidos aterros ou outro aterro adequado, ressaltando que o DAEE deveria entregar periodicamente ao DAIA ou à Unidade Regional da CETESB cópias do manifesto de carga como confirmação do recebimento do material. Foi concedida, então, nesta mesma data, Licença de Instalação nº 00224.

Em 21 de março de 2002, a CETESB emitiu Parecer Técnico 002/02/ERQ/ERTR, referente a continuidade do licenciamento do rebaixamento da calha do Tietê – Trecho II, analisando complementações solicitadas ao DAEE pela agência ambiental de Osasco – SP, quais sejam: *(i) avaliação detalhada dos efeitos da deposição dos materiais oriundos da calha do Tietê – Trecho I na Lagoa de Carapicuíba, usando critérios do plano de monitoramento apresentado pelo DAEE; (ii) informar se foi implantado plano de monitoramento das águas da Lagoa de Carapicuíba, dentre outros.*

Este Parecer Técnico concluiu que inúmeras exigências técnicas não foram contempladas, tais como:

- (i) A frequência de amostragem deverá seguir os mesmos critérios adotados para o Rio Tietê.*
- (ii) Redimensionamento do aterro na Lagoa de Carapicuíba.*
- (iii) Apresentação de sistema de controle de recebimento de resíduos nos locais de disposição para garantir que estes são originários somente do aprofundamento da calha do Tietê.*

- (iv) *Comprovação da capacidade de suporte do aterro a ser executado na Lagoa de Carapicuíba.*
- (v) *Frequência de amostragem mensal na fase de pré-operação, semanal, na etapa de implantação, quinzenal, quando não houver aterramento, e mensal na fase de pós-operação, a fim de ter significativa representatividade de resultados.*

Quanto à avaliação detalhada dos efeitos da deposição do material oriundo do Trecho I na Lagoa de Carapicuíba, a CETESB indicou que o material foi classificado como não-inerte para alumínio, ferro e manganês. Quanto ao monitoramento do sedimento presente na Lagoa de Carapicuíba, a CETESB concluiu que os valores de chumbo e cobre eram ligeiramente superiores aos valores considerados de referência para sedimentos não contaminados, sendo que os índices de alumínio, ferro e manganês ocorrem em razão da própria constituição do solo do local, não prejudicando a Lagoa.

O DAEE encaminhou, então, ao DAIA, documento informando que atenderia, em conformidade com os procedimentos éticos e legais, todas as exigências que embasaram a Licença de Instalação, destinando sedimentos com chumbo aos aterros adequados, sedimentos com alumínio, ferro ou manganês aos mesmos aterros ou outro especial, entregando os documentos exigidos ao DAIA e à CETESB.

Em outubro de 2002, a Comissão Externa de Acompanhamento das Obras de Rebaixamento da Calha do rio Tietê, da Câmara Municipal de Carapicuíba, coletou algumas amostras do material proveniente das obras da

calha do rio Tietê e enviaram para a ONG Instituto Ambiental 21, em Imaruí-SC, para serem analisadas. O material foi, então, classificado como classe II, não-inerte, devido à presença dos elementos Fe, Mn e Zn, em concentrações acima do estabelecido pela NBR 10004/87.

Em maio de 2003, a CETESB lavrou Auto de Infração administrativa, em face ao DAEE, no valor de 7.500 UFESPs (aproximadamente R\$ 86.175,00), por depositar na área de aterramento da Lagoa de Carapicuíba material não-inerte, proveniente da obra de Rebaixamento da Calha do rio Tietê – apuração efetuada após levantamento e análise do material feita pela CETESB, em dezembro de 2002 e em março de 2003, depois de ter sido denunciada a deposição de material não-inerte na lagoa, na imprensa.

O resultado das análises de laboratório realizadas pela agência ambiental nas duas campanhas, constatou a presença de material classificado como de classe II na área do aterro licenciado para receber somente material inerte.

Em 12 de junho de 2003, em resposta à solicitação feita pelo DAEE, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, com base no Parecer Técnico CPRN/DAIA/0164/2003, reconsiderou as exigências da Licença de Instalação 00224, autorizando a disposição do material não-inerte Classe II que contém alumínio, ferro e manganês (conforme Norma NBR 10004) na Lagoa de Carapicuíba, alegando que as concentrações destas substâncias no material dragado do Rio Tietê estão abaixo das concentrações encontradas em

sedimentos de ambiente não impactado, além de não apresentarem risco à saúde humana neste cenário.

3. INTRODUÇÃO TEÓRICA

3.1 O Rio Tietê

...E o Tietê deu a São Paulo quanto possuía: o ouro das areias, a força das águas, a fertilidade das terras, a madeira das matas, os mitos do sertão. Despiu-se de todo encanto e de todo mistério; despoetizou-se e empobreceu por São Paulo e pelo Brasil.

Alcântara Machado

Os rios, historicamente, na grande maioria das vezes, estiveram presentes no desenvolvimento de várias civilizações. Assim aconteceu com as civilizações que floresceram próximas aos rios Tâmis, Reno, Danúbio, Pó, Nilo, Mississipi, Eufrates, Tigre, entre outros.

O rio Tietê é um símbolo de São Paulo, sendo desde o descobrimento do Brasil, um personagem importante durante as bandeiras, as monções e nos desenvolvimentos da cafeicultura e industrialização.

Suas nascentes estão localizadas no município de Salesópolis, na localidade de Pedras Queimadas, na Serra do Mar, e em seus quase 1.100Km, atravessa o Estado de São Paulo, de leste à oeste, cruzando uma das regiões mais ricas do hemisfério sul e uma das maiores metrópoles do mundo, vindo a desaguar no rio Paraná (O Livro do Rio Tietê, 1991). Nesta travessia, ele é

fisicamente subdividido em três regiões: Alto Tietê, Médio Tietê e Baixo Tietê. São Paulo está localizada na região do Alto Tietê.

Apesar de seu grande papel no desenvolvimento de São Paulo, o Tietê é para muitos, um desconhecido, sendo lembrado apenas nos períodos de inundações e por suas águas mal-cheirosas e poluídas, fenômenos estes, influenciados pelo próprio homem. O lançamento de efluentes doméstico e industrial e de lixo no Tietê e seus afluentes é verificado diariamente, retratando o descaso do poder público.

3.1.1 O Alto Rio Tietê

O Alto Rio Tietê é formado pelo trecho que vai da sua nascente até o reservatório de Pirapora, a jusante de São Paulo, com área de drenagem de 5.755 Km², abrangendo 34 municípios da Região Metropolitana de São Paulo (FCTH, 2002).

Dentre estes municípios, destacam-se Osasco, Carapicuíba, Jandira, Itapevi, Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus, localizados mais especificamente na região que compreende a sub-bacia Pinheiros-Pirapora. A qualidade das águas nesta região, assim como na RMSP, reflete a falta de saneamento básico, comprometendo a qualidade de vida da população e da biota presente nestas águas.

A bacia do Alto Tietê encontra-se geograficamente próxima da Costa Atlântica (cerca de 80 Km de distância), sendo separada desta pela Serra do

Mar. Entretanto, o regime hidrológico de ambas é significativamente distinto. Na costa Atlântica a precipitação média anual é de 2000 mm, enquanto que na RMSP a média de precipitação anual é de 1200 mm. Os índices pluviométricos elevados da costa Atlântica, onde estão situadas as nascentes do rio Tietê, são ocasionados por efeitos orográficos da Serra do Mar. A bacia do rio Itapanhaú, uma pequena bacia da vertente Atlântica, apresenta índice pluviométrico em torno de 4000 mm/ano, muito semelhante ao das bacias tropicais da região Amazônica.

A figura 1 apresenta os principais rios do Estado de São Paulo, destacando-se o rio Tietê e seus afluentes.

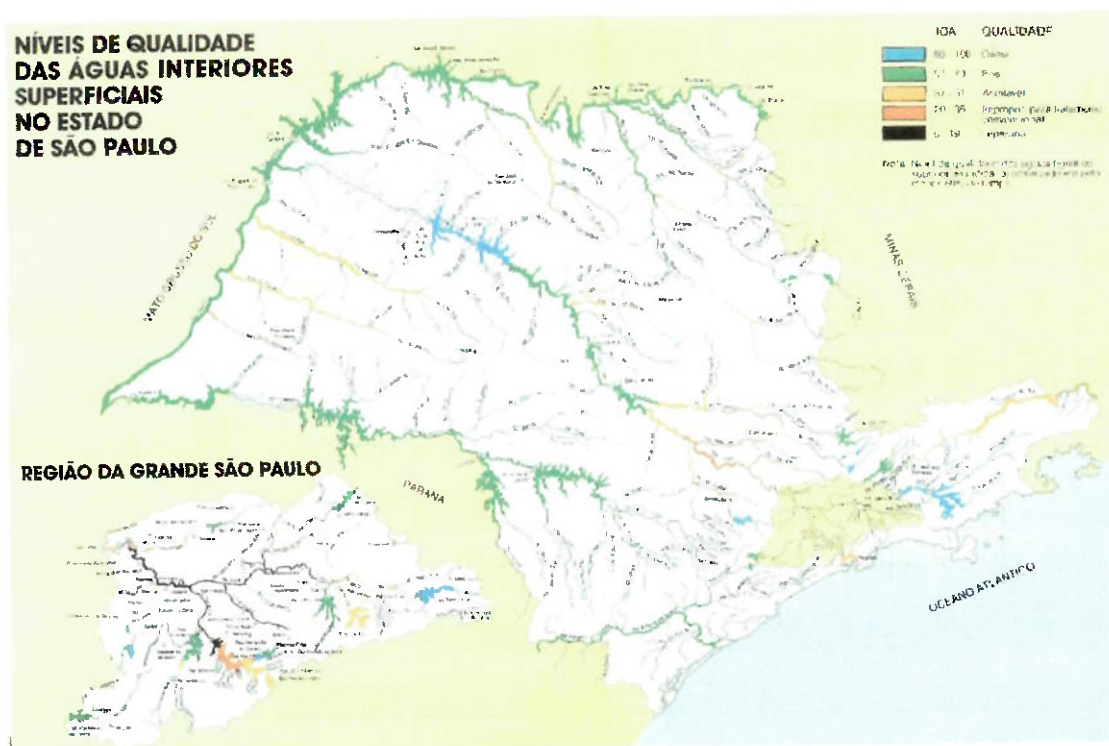


Figura 1: mapa apresentando o rio Tietê e seus afluentes.

Em termos hidráulicos, o rio Tietê é um rio de planície, com declividade média de 15cm/km. É um rio lento, meandrado de curvas fechadas, longas e extensas, entretanto, alguns dos seus afluentes, como o rio Tamanduateí, são rápidos. Tais características são importantes para explicar o comportamento do Tietê durante as chuvas. É um rio que recebe um grande volume de água, num tempo relativamente curto, e escoar suas cheias lentamente, ocupando grandes áreas de várzea. Essas características naturais foram praticamente ignoradas, nas intervenções realizadas em seu leito e áreas próximas (Barros, 2000).

O crescimento de São Paulo deu-se de forma aleatória, sem planejamento, ocupando tanto áreas íngremes, com alto potencial de erosão, como áreas de várzea, sujeitas a inundações temporárias. Este é o caso das vias "marginais", que seguem paralelamente o rio Tietê e seus principais afluentes.

Em decorrência desse crescimento descontrolado, convivemos hoje com problemas de saneamento ambiental, com destaque para a falta de água potável, a falta de coleta e tratamento de esgoto e a inexistência de um sistema de drenagem compatível com a mancha urbana existente.

3.2 A Lagoa de Carapicuíba

A Lagoa de Carapicuíba foi criada por intervenção humana, produto da mineração de areia.

O município de Carapicuíba compartilha com o município de Barueri uma área de várzea da planície onde era o antigo leito do rio Tietê, que no passado era formado por muitos meandros, sendo o limite entre esses municípios, justamente esse antigo leito. Este Porto de Areia de Carapicuíba, como é conhecido, apresenta 70% de sua área pertencente à Barueri, e o restante pertencente à Carapicuíba. No final da década de 40 do século XIX, deu início a exploração de areia em toda a região, provocando o aprofundamento e aumento da cava, transformando-a num enorme "buraco". A exploração de areia continua até os dias de hoje, na área pertencente ao município de Barueri. Na década de 1960, houve um empreendimento do Governo Estadual, para a retificação do rio Tietê, e com as explosões para o desvio e aprofundamento do terreno onde iria passar o novo curso do rio, houve o rompimento da barreira que separava o rio da cava, provocando a invasão das águas do rio Tietê para dentro da cava, encobrindo tudo o que existia embaixo, como maquinários, caminhões e casas que serviam como escritórios das mineradoras, transformando o local num grande e profundo lago.

A figura 2 apresenta uma foto aérea da área em 1962. Nota-se que o leito do rio Tietê ainda não estava retificado e a parte mais clara destaca bem as áreas onde havia a extração de areia.



Figura 2: Foto de 1962 da área onde se formaria a Lagoa de Carapicuíba.

A figura 3 mostra que em 68 o rio não havia sido retificado, nota-se também a diminuição da área verde com o avanço da atividade mineradora e o surgimento da rodovia ao lado do rio.



Figura 3: Foto de 1968 da região onde se formaria a Lagoa de Carapicuíba. Surgimento da rodovia ao lado do rio Tietê.

As figuras 4 e 5 mostram a formação da Lagoa na antiga cava de mineração ao lado do rio já retificado e a sua posterior expansão



Figura 4: Visão geral da Lagoa de Carapicuíba em 1972 mostrando a região inundada.

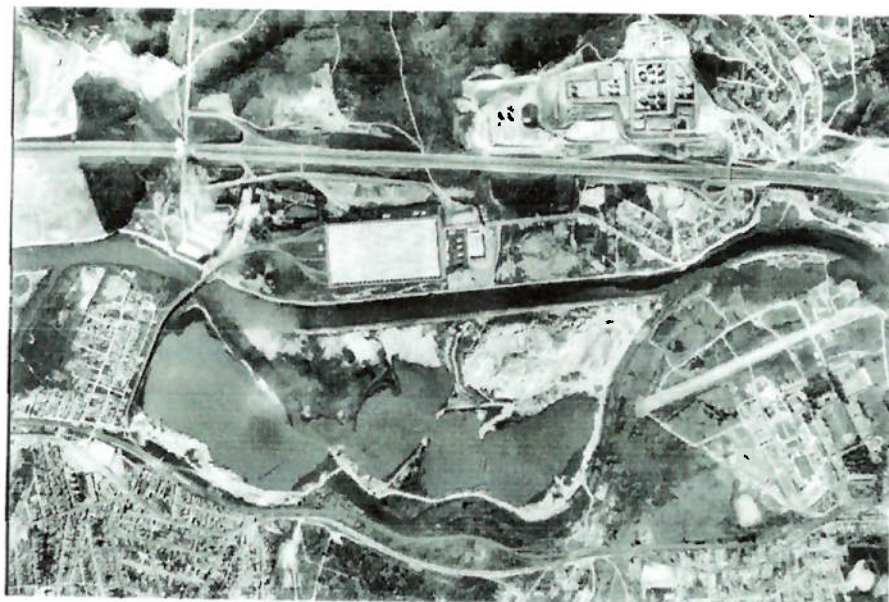


Figura 5: Visão geral da região da lagoa de Carapicuíba mostrando a expansão da região inundada comparando-se com a figura anterior.

Mesmo após esta ocorrência, a extração de areia continuou utilizando maquinários que dragam areia através das águas. Atualmente, este grande lago é conhecido como "A Lagoa de Carapicuíba", estando localizada na parte norte da cidade de Carapicuíba (PMC). A figura 6 ilustra o estado atual da Lagoa.



Figura 6: Situação da lagoa de Carapicuíba em 2001.

A Lagoa de Carapicuíba ocupa uma área de aproximadamente 770.000m², com cerca de 1.960m de comprimento e 500m de largura.

Segundo o Laudo Técnico, de 21/03/2000, elaborado pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais – DEPRN, para o CPRN/SMA e para o Ministério Público do Estado de São Paulo, a Lagoa de Carapicuíba foi criada por intervenção humana, produto de degradação ambiental da atividade mineraria e do processo de urbanização do terreno.

A SMA nº 34 de 03/06/1996, considera que as cavas de mineração, enquanto não tenham uma destinação de uso definida, não podem ser consideradas, quando inundadas, como lagoas, lagos ou reservatórios, ainda que artificiais.

Segundo Decreto nº 45.911, de 11/07/2001, a lagoa de Carapicuíba foi declarada de utilidade pública, para ser utilizada pelo Departamento de Águas e

Energia Elétrica – DAEE, e pretende-se implantar um Parque Público neste local.

Em outubro de 2002, a Câmara Municipal de Carapicuíba, coletou algumas amostras do material proveniente das obras da calha do rio Tietê e enviou para a ONG Instituto Ambiental 21, em Imaruí-SC, para serem analisadas. O material foi, então, classificado como classe II, não-inerte, devido à presença dos elementos Fe, Mn, Zn e sulfato em concentrações acima do estabelecido pela NBR 10004/87.

O DAEE, responsável pelas obras na calha do rio Tietê, apresentou então, um relatório com a análise da qualidade das águas superficiais, dos sedimentos e do material dragado, dispostos na Lagoa de Carapicuíba, confirmando a contaminação do material despejado na lagoa, pelos elementos Al, Fe e Mn.

Em 07/05/2003, foi observada grande quantidade de peixes mortos em quase toda orla da Lagoa de Carapicuíba. A análise necroscópica nos peixes revelou características de morte por falta de oxigênio, com sinais hemorrágicos junto às brânquias e nadadeiras.

3.3 A Contaminação do Solo

Os solos estão em constante processo de formação e destruição, entretanto, naturalmente essas mudanças são pouco notáveis, uma vez que normalmente suas taxas de formação e destruição se equivalem. Mudanças

ambientais significativas, porém, podem alterar esse equilíbrio, permitindo que as transformações do solo se tornem mais aparentes.

A atividade antropogênica relacionada às atividades agrícola, pecuária e industrial tem gerado elevados níveis de contaminação. Essas contaminações associam-se, geralmente, a descargas acidentais ou voluntárias de poluentes no solo e águas, deposição não controlada de produtos que podem ser resíduos perigosos, lixo e/ou aterros sanitários não controlados, deposições atmosféricas resultantes de várias atividades, entre outras. Assim, ao longo dos últimos anos, têm sido detectados numerosos casos de contaminação do solo em zonas urbanas e rurais. A contaminação do solo tem provocado significativa preocupação ambiental, uma vez que, geralmente, tal contaminação interfere no ambiente global da área afetada (solo, águas superficiais e subterrâneas, ar, fauna e vegetação), podendo mesmo estar na origem de problemas de saúde pública.

Contaminação, segundo a CETESB, no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, é a introdução ao meio ambiente de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos, em concentrações que possam afetar a saúde humana. É um caso particular de poluição, que é definida através da Lei Federal nº 6938/81, como:

Art. 3º: III – Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
- b) Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;*

- c) Afetem desfavoravelmente a biota;
- d) Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) Lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Segundo o mesmo Manual da CETESB, “... Na realização das etapas do processo de identificação, em função do nível de informação existente referente a cada uma das áreas em estudo, estas podem ser classificadas como: áreas potencialmente contaminadas (APs), áreas suspeitas de contaminação (ASs), ou áreas contaminadas (ACs)...”

“...As **áreas potencialmente contaminadas** são aquelas onde estão sendo, ou foram, desenvolvidas atividades potencialmente contaminadoras, isto é, onde ocorreu, ou ocorre, o manejo de substâncias, cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem causar danos e/ou riscos aos bens a proteger.

“...As **áreas suspeitas de contaminação** são aquelas nas quais, durante a realização da etapa de avaliação preliminar, foram observadas falhas no projeto, problemas na forma de construção, manutenção ou operação de empreendimento, indícios ou constatação de vazamentos e outros. Essas constatações induzem a suspeitar da presença de contaminação no solo, nas águas subterrâneas e/ou em outros compartimentos ambientais...”

“...**Área contaminada** é definida como área, local ou terreno onde há, comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de

*quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados, de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se subsuperfície, nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, **nos materiais utilizados para aterrar os terrenos**, nas águas subterrâneas, ou de forma geral, nas zonas saturadas e não impregnar, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos, e nas estruturas de construções. Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como, por exemplo, o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores...”*

A contaminação do solo pode se tornar um problema quando (AMBIENTE):

- há uma fonte de contaminação;
- há vias de transferência de poluentes que viabilizam o alargamento da área contaminada;
- há indivíduos e bens ameaçados por essa contaminação.

O problema pode ser resolvido por:

- remoção dos indivíduos e/ou bens ameaçados;
- remoção da fonte de poluição;
- bloqueamento das vias de transferência (isolamento da área).

O estudo de solos contaminados é recente, assim sendo, a investigação e desenvolvimento de processos e tecnologias de tratamento é ainda mais. A abordagem das áreas contaminadas considera, normalmente, três fases fundamentais:

- Identificação das áreas contaminadas (inventários);
- Diagnóstico-avaliação das áreas contaminadas;
- Tratamento das áreas contaminadas.

Atualmente consideram-se três grandes grupos de métodos de descontaminação de solo:

- descontaminação no local ("in-situ");
- descontaminação fora do local ("on/off-site");
- confinamento/isolamento da área contaminada.

Esta 3ª opção não se trata verdadeiramente de um processo de descontaminação, mas sim de uma solução provisória para o problema. O tratamento do solo como metodologia de recuperação de áreas contaminadas é

uma alternativa cada vez mais significativa relativamente à sua deposição em aterros sanitários, devido essencialmente ao aumento dos custos envolvidos.

As técnicas "on/off site" exigem a extração, por escavação, do solo contaminado. O solo extraído pode ser tratado no local ("on-site") ou em estações de tratamento ("off site"), sendo depois descontaminado, repostado no local de origem ou em um outro, para outros fins. Com a tecnologia disponível atualmente, uma parte dos solos contaminados ainda não é ou é problematicamente descontaminável, devido a vários fatores como:

- emissões gasosas de alto risco,
- concentrações residuais inaceitavelmente elevadas e/ou produção de grandes quantidades de resíduos contaminados.

Isto é particularmente válido para solos poluídos com hidrocarbonetos aromáticos halogenados e/ou metais pesados, bem como com solos contendo elevada percentagem de finos. Para além destes aspectos, algumas das técnicas utilizadas envolvem elevados custos de tratamento. Dos diferentes métodos de descontaminação do solo (biológicos ou não biológicos), apenas os biológicos e a incineração permitem a eliminação ambiental dos poluentes orgânicos, através da sua mineralização.

3.3.1 Contaminação do Solo por Metais Pesados

O termo “metal pesado” é amplamente utilizado, embora apresente definições que variam de acordo com o ramo da ciência que o aborda. Dessa forma, para um agrônomo, por exemplo, metais pesados são aqueles que contaminam as culturas agrícolas, enquanto para um químico, metais pesados são os elementos químicos cuja densidade atômica seja maior que $6,0 \text{ g/cm}^3$ (MICROBIOLOGIA AMBIENTAL). A idéia comum de metais pesados está associada com a poluição, contaminação e toxicidade.

Os seres vivos, em sua grande maioria, necessitam de alguns poucos metais, e em doses muito pequenas. Essas doses são tão pequenas, que esses metais são chamados de micronutrientes, como é o caso do zinco, magnésio, ferro, cobalto, cobre e selênio. Tais metais tornam-se tóxicos e perigosos, quando ultrapassam determinada concentração limite. Já os metais chumbo, mercúrio, cádmio, cromo e arsênio, não existem naturalmente em nenhum organismo, não apresentando função nutricional ou bioquímica (UNILIVRE).

O desenvolvimento da metalurgia gerou o aumento da produção dos metais, e conseqüentemente, aumentaram os seus efeitos tóxicos tanto para os seres humanos como para o ecossistema.

As principais fontes de contaminação dos corpos-água por metais pesados são os despejos de resíduos industriais oriundos principalmente das indústrias metalúrgicas e químicas. Quando esses metais presentes nos resíduos, são lançados nas águas dos rios, podem ser absorvidos pelos tecidos

animais e vegetais. Os rios, por sua vez, deságuam no mar, trazendo para este os metais pesados presentes em suas águas. No mar, parte do metal pesado deposita-se no leito marinho e outra parte é absorvida pelos organismos vivos, que cedo ou tarde morrerão, fazendo com que os metais pesados contidos em seus tecidos retornem para os sedimentos do mar. Em outras palavras, os mares apresentam um “estoque” permanente de metais pesados, que aumenta a cada dia.

Os incineradores de lixo urbano e industrial também representam importante fonte de contaminação ambiental por metais pesados. Neste caso, a contaminação do ambiente ocorre através da volatilização dos metais e também através das cinzas formadas, ricas em metais, como mercúrio, chumbo e cádmio (UNILIVRE).

Os metais pesados não podem ser destruídos, além de serem altamente reativos, o que explica a dificuldade de encontrá-los em estado livre na natureza. Geralmente apresentam-se em concentrações muito pequenas, estando associados a outros elementos químicos, formando minerais.

A seguir, será discutido, de forma mais abrangente, a ação dos metais pesados cromo, chumbo e cádmio, e dos compostos organoclorados heptacloro e heptacloro epóxido, sobre o ambiente e seres vivos.

➤ O Cromo

O cromo é o sétimo metal mais abundante da Crosta Terrestre, não sendo encontrado livre na natureza. O minério cromita, é o mais abundante composto de cromo encontrado na natureza, de fórmula $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ou $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$, contendo de 40 a 50% de cromo (SILVA e PEDROZO, 2001).

O cromo é encontrado naturalmente em rochas, animais, plantas, solo, poeiras e névoas vulcânicas (ATSDR, 2000; WHO, 1988).

Na maioria dos solos, o cromo é encontrado em baixas concentrações (2,0-60,0 mg/kg) e somente uma fração desse cromo está disponível para as plantas (WHO, 1988). A maior parte do cromo hexavalente existente no meio ambiente é proveniente das atividades humanas.

Os estados de oxidação mais comuns do cromo são: +2, +3, +6. As formas mais estáveis são as trivalente, hexavalente e a forma elementar, aparecendo na composição de óxidos, sulfatos, cromatos, dicromatos, sais básicos e na forma elementar recobrimo peças metálicas e plásticas nos processos de tratamento de superfície, entre outras.

A forma bivalente é facilmente oxidada à forma trivalente pelo ar. Com relação à toxicidade para o homem somente as formas tri e hexavalente são importantes (WHO, 1988).

A relação entre os estados hexavalente e trivalente do cromo é descrita pela equação:

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 1,33\text{ V}$ (potencial de redução)
(ion dicromato,

Muitos tipos de fertilizantes contêm níveis apreciáveis de cromo, como os nitrogenados, os fosfatados, os superfosfatados (HSDB, 2000).

Entre as fontes naturais de contaminação ambiental, por cromo, estão os incêndios florestais e as erupções vulcânicas. Em áreas onde ocorrem depósitos significativos de cromo, as fontes de água podem apresentar concentrações superiores a 50,0 µg/L, valores estes que ultrapassam os padrões nacionais e internacionais para água potável (WHO, 1988). Entretanto, o cromo também pode ser liberado para o meio ambiente, através de atividades não naturais, ou seja, antropogênicas.

As principais atividades humanas, na qual o cromo e seus compostos são liberados para o meio ambiente, são (SILVA e PEDROZO, 2001; ATSDR, 2000; WHO, 1988):

- emissões decorrentes da fabricação do cimento;
- construção civil, devido aos resíduos provenientes do cimento;
- construção civil, devido aos resíduos provenientes do cimento;
- soldagem de ligas metálicas;
- fundições;
- manufatura do aço e ligas;
- indústria de galvanoplastia;
- lâmpadas;
- minas;

- lixos urbano e industrial;
- incineração de lixo;
- cinzas de carvão;
- curtumes;
- preservativos de madeiras;
- fertilizantes.

O lixo doméstico e aqueles procedentes da agricultura, quando utilizados em processos de compostagem, geram fontes significativas de elementos metálicos, sendo o lixiviado oriundo destes processos ricos em metais (GROSSI, 1993). GROSSI (1993) analisou 65 amostras (61 de “composto” de lixo doméstico em vários graus de maturação e quatro de biocomposto), provenientes de 21 usinas de compostagem brasileiras que operam com diferentes tipos de sistemas, para verificação das concentrações dos seguintes metais: Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Hg, Fe e Al. As amostras eram procedentes de usinas localizadas nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Distrito Federal e Amazonas. O intervalo de concentração (em mg/kg) para o cromo, nas amostras de composto maduro, semimaduro e cru foram respectivamente de: 76-104; 60-218 e 33-133. A maioria dos resultados das análises das amostras de composto cru e semimaduro está acima dos valores aceitáveis adotados na Alemanha que são de 100 mg/kg, para uso em solo. Para as amostras de biocomposto, os resultados estão abaixo dos valores aceitáveis.

Sob condições normais, o cromo (III) e o cromo metal são relativamente não reativos na atmosfera, mas o cromo hexavalente no ar pode reagir com materiais particulados ou poluentes gasosos para formar cromo (III) (WHO, 1988).

Em áreas industriais a concentração de cromo no ar pode ser maior. Entretanto, devido às atuais tecnologias e sistemas antipoluição, as concentrações de cromo nestas áreas caíram drasticamente, como por exemplo, em usinas de queima de carvão onde as concentrações de cromo no gás emitido, que eram de 0,22-2,2 mg/m³, caíram para 0,018-0,5 mg/m³ graças ao sistema de tratamento dos materiais particulados e gases (HSDB, 2000).

Estudos na atmosfera de Bucarest e Stuttgart foram realizados para se determinar a influência meteorológica sobre a concentração de diversos metais na atmosfera (CERCASOV et al., 1998). Os fatores, temperatura do ar, velocidade dos ventos e umidade, influenciaram as concentrações de metais na atmosfera, sendo as concentrações de cromo nestas localidades de 9,2 e 2,3 mg/m³.ano, respectivamente. Entretanto, a concentração do metal não variou com as estações do ano.

A maioria do cromo em água superficial pode estar na forma de material particulado, ou depositado no sedimento. Algumas partículas podem permanecer como matéria suspensa e posteriormente ser depositadas nos sedimentos. A maioria dos compostos solúveis de cromo, em água de superfície, pode estar presente como cromo hexavalente e, uma pequena parte, como cromo (III) em complexos orgânicos, sendo que o cromo hexavalente é

mais estável na água do mar. O cromo hexavalente pode, entretanto, ser reduzido a cromo (III) por matérias orgânicas presentes na água e pode, eventualmente, depositar-se nos sedimentos (SILVA e PEDROZO, 2001).

As águas superficiais e profundas podem ser contaminadas por cromo através de atividades antropogênicas relacionadas às operações de galvanoplastia, indústrias de tingimento de couro e manufatura de tecidos. A deposição de partículas de cromo presentes no ar atmosférico é também uma fonte de exposição significativa, ainda que não identificável (ATSDR, 2000).

A concentração do cromo no solo dependerá do tipo de processo industrial, existente na região.

O cromo é emitido no ar não somente por processos industriais, mas também por processos de combustão, incluindo as queimas de florestas. O estado de oxidação do cromo nas emissões não está bem definido quantitativamente, mas pode-se assumir que o calor da combustão pode oxidar proporções desconhecidas do elemento para a forma hexavalente. Enquanto suspenso no ar, esta forma é provavelmente estável; ao depositar-se no solo, pode entrar em contato com matéria orgânica e reduzir-se a cromo trivalente (WHO, 1988).

O cromo está presente na atmosfera na forma particulada. O transporte e a distribuição da matéria particulada na atmosfera depende do tamanho e da densidade da partícula. As partículas são depositadas na terra e na água, por sedimentação ou através das chuvas. O diâmetro médio das partículas de cromo é de aproximadamente 1 μm e a velocidade de deposição é de 0,5 cm/s.

Estas duas condições favorecem a deposição “seca” através do impacto inercial (ATSDR, 2000).

A remoção através das chuvas também é eficaz, aumentando com o tamanho da partícula e decrescendo com a intensidade da precipitação. Partículas de cromo de diâmetro menor que 20 μm podem permanecer na atmosfera por longos períodos e serem transportadas a distâncias maiores do que partículas de grande tamanho. A deposição seca de partículas de cromo na cidade de Bologna, Itália, variou entre 40 e 270 $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{mês}$, com os maiores valores ocorrendo nos meses de inverno (ATSDR, 2000).

Cerca de 40% do cromo está disponível na forma de cromo hexavalente, como cromato ou dicromato. O tempo de residência do metal na atmosfera é de cerca de 10 dias, sugerindo não haver transporte das partículas de cromo da troposfera para a estratosfera (ATSDR, 2000). Efluentes industriais contendo cromo, alguns na forma hexavalente, são levados para rios e ar (WHO, 1988). Como os compostos de cromo não são voláteis, o transporte do cromo da água para a atmosfera não ocorre, exceto através das neblinas de águas marinhas. A maior parte do cromo liberado na água deposita-se nos sedimentos. Uma pequena porcentagem pode estar presente na água nas formas solúvel e insolúvel. As formas solúveis encontram-se como cromo (VI) e complexos de cromo (III). Em fase aquosa, o cromo (III) ocorre como partícula sólida adsorvida a materiais argilosos, orgânicos ou a óxido de ferro. A determinação de cromo nas águas dos rios Amazonas e Yukon mostrou que

aproximadamente 10,5-12,6% do metal estava em solução, o restante encontrava-se como partícula sólida em suspensão (ATSDR, 2000).

Grandes quantidades de matéria orgânica presentes na água podem reduzir o cromo (VI) a cromo (III). O cromo trivalente pode, então, ser adsorvido ao material particulado ou formar complexos polinucleares de baixa solubilidade, permanecendo em suspensão na forma coloidal e sendo transportado para o oceano ou precipitando-se e tornando-se parte dos sedimentos dos lagos e rios. Processo semelhante ocorre nos oceanos: cromo hexavalente é reduzido e se deposita no leito do oceano (ATSDR, 2000; WHO, 1988).

O cromo no solo está presente principalmente na forma de óxido insolúvel $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, de baixa mobilidade no solo. O padrão de migração vertical do cromo no solo indica que, após um período inicial de mobilidade, o cromo forma complexos insolúveis que são dificilmente lixiviados. O mesmo se dá horizontalmente, o cromo é pouco lixiviado por formar complexos com a matéria orgânica. Enchentes e subsequente decomposição anaeróbica de detritos de plantas podem elevar a mobilização do cromo (III) no solo devido à formação de complexos solúveis. Esta complexação é favorecida quando o pH do solo é baixo. Uma pequena porcentagem de cromo total no solo existe nas formas solúveis de cromo (VI) e cromo (III), de maior mobilidade no solo. A mobilidade destas formas depende das características de adsorção do solo: teor de argila e, em menor extensão, teor de Fe_2O_3 e de matéria orgânica. A matéria orgânica presente no solo pode converter o cromo (VI) a cromo (III). O

cromo irreversivelmente adsorvido ao solo, por exemplo na rede mineral intersticial da geotita, FeOOH , não estará disponível a plantas e animais sob nenhuma circunstância (ATSDR, 2000).

O cromo pode ser transportado na atmosfera como aerossol. O escoamento superficial do solo pode transportar, tanto as formas solúveis como os precipitados, para a água superficial. O cromo (VI) solúvel e não adsorvido e os complexos solúveis de cromo (III) podem ser lixiviados do solo para as águas profundas. Quanto maior o pH do solo maior a capacidade de lixiviação do cromo (VI). Por outro lado, o pH baixo presente nas chuvas ácidas pode facilitar a lixiviação no solo de compostos de cromo (VI) e (III) solúveis em ácido (ASTDR, 2000).

No corpo humano, a ação do cromo se dá das seguintes formas (MARTINS, S.D.):

- a) Absorção:
 - Via respiratória (melhor absorção para Cr^{6+});
 - Via oral (Cr^{3+} é pouco absorvido: de 0,1-1,2%, e Cr^{6+} em torno de 2,0%);
 - Via dérmica (Cr^{3+} se liga às proteínas da pele e é absorvido)
- b) Distribuição:
 - Cr^{6+} rapidamente reduzido a Cr^{3+} , o qual se liga às macromoléculas;
 - No sangue: ligado a proteínas (hemoglobina, transferrina);

- SRE, baço, medula, pulmões, fígado;
- Maiores concentrações: cabelo e pulmões;
- Não há tendência de acúmulo.

c) Excreção:

- Urina (Cr^{3+}): filtração glomerular seguida por reabsorção de até 60% da dose filtrada;
- $t_{1/2}$ (eliminação pela Urina) entre 5-21h
- 80% da dose absorvida é eliminada em 4 dias.

Efeitos Tóxicos:

- Ação corrosiva sobre a pele e mucosas, podendo provocar dermatites de contato;
- Conjuntivite e corrosão ocular, com formação de queratite;
- Lesão da mucosa nasal, geralmente acompanhada de descargas purulentas e formação de crostas. Se evoluírem, podem levar à perfuração do septo nasal;
- Rinite, laringite, sinusite. Com a continuidade da exposição, bronquite, asma, pneumonia química;
- Anemia profunda;
- Alterações hepáticas e renais
- Carcinogenicidade: câncer de trato respiratório (pulmão);
- Teratogenicidade: em animais experimentais.

➤ **O Chumbo**

O Pb é encontrado na crosta terrestre numa concentração média entre 10 e 20 mg/kg, sendo as fontes naturais de chumbo mais significantes as emissões vulcânicas, o intemperismo geoquímico e as névoas aquáticas (PAOLIELLO e CHASIN, 2001).

O teor de chumbo no solo é muito influenciado por atividades antropogênicas e pelo transporte do metal através do ar, oriundo de várias fontes. Tanto a deposição seca quanto a úmida são importantes vias de contaminação (WHO, 1995).

Os níveis naturalmente presentes de chumbo no solo encontram-se no

deposição atmosférica são fontes indiretas significativas do chumbo encontrado em ambientes aquáticos (ATSDR, 1993).

O rio Ribeira do Iguape, localizado na divisa dos estados de São Paulo e Paraná, Brasil, encontra-se numa região onde durante décadas, foram desenvolvidas atividades de mineração e onde funcionou às suas margens uma refinaria de chumbo. Todas essas atividades foram cessadas há cerca de cinco anos. CUNHA et al. (2001), num estudo realizado em amostras de água superficial no rio Ribeira e no ribeirão Betari (afluente do rio Ribeira), no período de 1998 a 2000, constataram concentrações de chumbo menor que 0,005 a 0,006 mg/L, bem abaixo dos teores estabelecidos como ideais pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (limite máximo para chumbo igual a 0,03mg/L). Entretanto, entre 1978 e 1996, a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, encontrou concentrações de chumbo que variaram de 0,004 a 0,23 mg/L, em amostras de águas superficiais do rio Ribeira localizadas próximo ao Município de Itaoca (CUNHA et al., 2001). Em 1986, os teores de chumbo nas amostras desse rio, variaram de menor que 0,01 a 2,75 mg/L (EYSINK et al., 1988, apud CUNHA et al., 2001). Esses resultados indicam que as fontes antropogênicas foram as grandes responsáveis pelo depósito do metal no rio, e, após a paralisação das atividades de mineração e da refinaria, os níveis diminuíram significativamente. Em relação aos sedimentos de corrente, o limite estabelecido para o chumbo é igual a 40 µg/g (PRATES, ANDERSON, 1977), e as concentrações encontradas

nos sedimentos de rio Ribeira em estudos realizados a partir de 1988, mostraram-se bastante elevadas, variando de 3,45 a 4.000 $\mu\text{g/g}$ (MORAES et al., 1997, apud CUNHA et al., 2001). Atualmente, esses mesmos autores encontraram níveis que variaram de 30,8 a 527,2 $\mu\text{g/g}$, indicando que, mesmo após a paralisação das fontes antropogênicas que geraram essas concentrações obtidas, os níveis continuaram altos.

EREL et al. (2001), estudando a extensão da poluição no sedimento do lago Kinneret (Mar da Galiléia), em Israel, encontraram concentrações de chumbo que variaram entre 3,0 e 11,4 $\mu\text{g/g}$ nas estações de coleta. Os autores concluíram que a maior fonte contribuinte de chumbo nas águas do lago ainda continua sendo o petróleo, embora os níveis de chumbo na gasolina tenham decaído significativamente nos anos 90. O metal acumulado ao longo das rodovias é lentamente transportado para o lago, num processo que pode levar séculos.

Os níveis naturais de chumbo em solos rurais apresentam-se normalmente com concentrações menores de 30 ppm; entretanto, nos arredores das grandes cidades, áreas próximas a fundições ou a rodovias com alto tráfego, as concentrações do metal no solo podem exceder a 10.000 ppm (BELLINGER, SAVITZ, 1997).

Na bacia do Rio Piracicaba, estado de São Paulo, Brasil, HEITZMANN JUNIOR (1999) estudou as alterações na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos. As concentrações médias de chumbo a

jusante do corpo de resíduos do lixão de Itatiba, Piracicaba e Paulínea apresentaram valores maiores no período seco (125, 138 e 157 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente), em relação ao período chuvoso (61, 25 e 64 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente). Quando comparados com os valores de referência (500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ – interpretado como tolerável para uso específico), os níveis obtidos estão mais baixos. Entretanto, em relação aos valores de fundo encontrados em solo não contaminado (controle), foram determinados fatores de enriquecimento elevados para o metal em Piracicaba e Paulínea, provando a influência dos corpos de resíduos na composição química dos solos estudados, e demonstrando a necessidade de um controle na avaliação da contaminação.

Na atmosfera o chumbo encontra-se na forma particulada. Essas partículas, quando lançadas ao ar, podem ser removidas da atmosfera, e transferidas para superfícies e compartimentos ambientais por deposição seca ou úmida. Cerca de 40-70% da deposição do chumbo ocorre por precipitação úmida, dependendo de fatores como localização geográfica e nível de emissão na área (ATSDR, 1993; WHO, 1995).

O tamanho da partícula constitui um fator importante na determinação do transporte atmosférico do metal. Partículas grandes (diâmetro maior que 2 μm) precipitam da atmosfera rapidamente e são depositadas relativamente próximas à fonte de emissão, enquanto partículas pequenas podem ser transportadas a muitos quilômetros de distância. O chumbo tem sido encontrado em locais

distantes das fontes de liberação, indicando que um transporte atmosférico longo pode ter ocorrido.

Considerando a concentração de chumbo atmosférica global, velocidade do vento, área de superfície e textura, uma deposição global de aproximadamente 410.000 toneladas por ano (seca e úmida) foi calculada pela EPA americana (WHO, 1995).

Após a deposição do chumbo na água (proveniente do ar ou da lixiviação do solo), o metal se divide rapidamente entre o sedimento e a fase aquosa, dependendo do pH da água e dos sais nela dissolvidos, além da presença de agentes complexantes orgânicos.

Grande fração do chumbo carregado pelas águas dos rios tem sido encontrada na forma indissolúvel. Essa forma consiste em partículas coloidais ou partículas grandes insolúveis de carbonato de chumbo, óxido de chumbo, hidróxido de chumbo ou outros compostos de chumbo incorporados em outros componentes de matérias particuladas lixiviadas do solo (ATSDR, 1993). A razão entre o chumbo em sólidos suspensos para o chumbo na forma dissolvida tem sido encontrada numa variação de 4:1 em correntes rurais para 27:1 em correntes urbanas (ATSDR, 1993).

O chumbo encontrado em águas superficiais pode estar complexado tanto com compostos orgânicos naturais (ácidos húmicos ou fúlvicos) como compostos de origem antropogênica (por exemplo, ácido etilenodiaminotetracético). A presença desses agentes quelantes na água pode

aumentar de 10 a 60 vezes a taxa de compostos de chumbo em solução, em comparação com águas de mesmo pH, mas sem fulvatos (WHO, 1995).

O acúmulo do chumbo no solo ocorre principalmente em função da taxa de deposição (úmida ou seca) da atmosfera. Na maior parte, o chumbo é retido fortemente no solo, e muito pouco é transportado para águas superficiais ou profundas. São vários os fatores que interferem no transporte do chumbo dentro do solo e na disponibilidade do metal, tais como pH, composição mineral do solo, quantidade e tipo de matéria orgânica, presença de colóides inorgânicos e óxidos de ferro, características de troca iônica e quantidade do elemento no solo. (ATSDR, 1993; WHO, 1995). O chumbo é fortemente adsorvido à matéria orgânica, e, embora não sujeito à lixiviação, pode entrar nas águas superficiais como um resultado da erosão do solo contaminado com chumbo. O chumbo pode ser convertido em sulfato de chumbo na superfície do solo, o qual é relativamente solúvel quando comparado com carbonato ou fosfato de chumbo. O metal também pode ser imobilizado pela troca iônica com óxidos hidratados ou argila, ou pela quelação com os ácidos fúlvicos e húmicos do solo. O chumbo inorgânico pode também estar ligado a matrizes cristalinas de rochas e permanecer imóvel (ATSDR, 1995).

O movimento do chumbo do solo para águas profundas por lixiviação é muito lento na maioria das condições naturais, exceto para situações de elevada acidez. As condições que induzem o escoamento são a presença de chumbo no solo em concentrações que se aproximem ou excedam a capacidade de troca catiônica do solo, a presença de materiais capazes de

formar quelatos solúveis com o chumbo, e o decréscimo no pH da solução de lixívia (por exemplo, chuva ácida). Em solos próximos a fundições de chumbo, podem estar presentes condições favoráveis para a lixiviação. Entretanto, esta lixiviação do chumbo solúvel de solos contaminados para águas profundas pode ser minimizada pela presença do carbonato de chumbo no solo e manutenção do pH em 8-10 (MUNDELL et al., 1989, apud ATSDR, 1993).

A ação do chumbo no organismo humano se dá das seguintes formas (MARTINS, S.D.):

- a) Absorção:
 - via respiratória (fumos, poeiras);
 - via oral (5-10%);
 - via dérmica (compostos orgânicos);
- b) Distribuição:
 - No sangue: 90-99% nos eritrócitos;
 - Armazenamento: ossos (92-94%);
 - Distribui-se no fígado, baço, músculos e cérebro;
 - Deposita-se nos dentes e cabelos.
- c) Excreção:
 - Na exposição aguda, a eliminação ocorre principalmente através da urina;

- Na exposição crônica, a eliminação ocorre principalmente através das fezes. Também pode ocorrer através do cabelo, suor, unha, saliva e leite materno.

Efeitos Tóxicos:

a) Agudos:

- sintomas gastrointestinais;
- renais;
- nervosos;

b) Crônicos:

- Síndrome gastrointestinal: anorexia, dispepsia, dores espasmódicas difusa, constipação persistente, orla gengival, sabor metálico persistente;
- Síndrome renal: tríade de Fanconi (aminoacidúria, hiperfosfatúria, glicosúria) e nefropatia crônica;
- Síndrome neuromuscular: fraqueza muscular e fadiga, podendo progredir até paralisia (dedos "sinais de chifres");
- Síndrome central: encefalopatia hipertensiva (irritação, vertigem, cefaléia, insônia, delírio, convulsão e coma);
- Anemia normocítica e hipocrômica, entrócitos com ponteados basófilos.

➤ O Cádmio

A abundância do cádmio na crosta terrestre situa-se em torno de 0,1 a 0,2 ppm (ATSDR, 1997). O cádmio apresenta várias propriedades físicas e químicas semelhantes ao zinco, o que explica a ocorrência dos dois metais juntos na natureza (CARDOSO e CHASIN, 2001).

Altas concentrações, no solo, são normalmente encontradas junto às áreas de depósitos de minérios de zinco, chumbo e cobre. Essas áreas são freqüentemente caracterizadas pela contaminação local do solo e aquática. A mineração desses minérios tem aumentado substancialmente a contaminação pelo cádmio. Em áreas distantes desses locais os valores de fundo, ou seja, que ocorrem naturalmente no solo, variam de 0,1 a 0,4 mg/kg de cádmio enquanto os de água doce são inferiores a 0,01-0,06 mg/L (WHO, 1992).

A principal fonte natural de lançamento de cádmio na atmosfera é a atividade vulcânica. As emissões de cádmio ocorrem tanto durante os episódios de erupção como também durante os períodos de baixa atividade vulcânica.

Durante a última década, houve pressão para se regulamentar a redução e/ou eliminação do uso de cádmio em muitos países desenvolvidos.

Nos Estados Unidos, agências estaduais e federais têm regulamentações sobre o cádmio ambiental. A fim de harmonizar os diferentes padrões a EPA criou uma lista de poluentes tóxicos persistentes (POPs) e bioacumulativos. O cádmio é um dos 11 metais da lista e uma das metas é a sua redução em 50% até o ano 2005. A agência internacional do cádmio

contrapõe-se a essa regulamentação com o argumento de que esta lista não distingue entre os vários compostos de cádmio e o cádmio metálico. A Comissão Européia, por sua vez, propõe banir todas as baterias de Ni-Cd contendo mais de 0,002% em cádmio até 1º de janeiro de 2008, e aumentar a velocidade de coleta para todo o consumo de baterias industriais e automotivas para 95% em peso até 31 de dezembro de 2003.

O cádmio tem utilização limitada. As principais aplicações do cádmio recaem sobre cinco categorias principais (WHO, 1992):

- *em revestimento do aço e do ferro*, através de eletrodeposição, por apresentar elevada resistência à corrosão;
- *como estabilizador para cloreto de polivinila (PVC)*, na forma do sal inorgânico estearato de cádmio;
- *em pigmentos para plástico e vidro*, nas formas de sulfito e sulfosselenito de cádmio;
- *baterias de níquel-cádmio*, usadas principalmente em telefones celulares;
- *ligas*, o cádmio é empregado na produção de várias ligas metálicas.

O consumo de cádmio varia de país para país dependendo das restrições ambientais, do desenvolvimento industrial, das fontes naturais e dos níveis comerciais.

As concentrações de Cd no ar a que estão sujeitas as populações são geralmente menores que 5×10^{-6} mg/m³, porém concentrações de até 5×10^{-4}

mg/m³ foram detectadas no ar de áreas próximas a atividades emissoras (ATSDR, 1997).

O cádmio e seus compostos apresentam baixa pressão de vapor, porém ocorrem na atmosfera na forma de material particulado suspenso, derivado de borrifos de mar, emissões industriais, queima de combustíveis fósseis ou erosão de solo. Em processos que envolvem temperaturas extremamente altas, como, por exemplo, indústria de ferro e aço, o cádmio pode volatilizar e ser emitido como vapor.

A principal forma na atmosfera é o óxido de cádmio, embora os sais, como o cloreto de cádmio, possam ocorrer, especialmente durante os processos de incineração. Por constituírem compostos estáveis, não sofrem transformações significativas e são dispersos pelo vento, sendo depositados, por deposição seca e precipitação (ATSDR, 1997).

O cádmio pode adentrar sistemas aquáticos devido ao intemperismo, erosão do solo e da camada de rocha viva, descargas atmosféricas diretas devido a operações industriais, vazamentos de aterros e locais contaminados e pelo uso de lodos de esgoto e fertilizantes na agricultura. O cádmio proveniente de efluentes industriais que contaminam água doce pode ser rapidamente adsorvido a material particulado, e desta forma, constituir um significativo depósito para o cádmio emitido ao meio aquático (WHO, 1992). Os rios contaminados podem contaminar o solo do entorno, quer através da irrigação para propósitos agrícolas ou lançamentos de sedimentos dragados ou ainda inundações. Foi demonstrado que os rios podem transportar o cádmio por

distâncias consideráveis, de até 50 km da fonte (WHO 1992). Áreas agricultáveis adjacentes ao rio Neckar, na Alemanha, receberam sedimentos drenados deste rio e a concentração de cádmio no solo dessa região foi estimada como acima de 70 mg/kg (WHO, 1992).

O modo como o Cd encontra-se no sedimento é muito importante para que se determine sua disponibilidade e remobilização: o cádmio associado a carbonatos, precipitado como compostos sólidos estáveis ou co-precipitado com óxido de ferro hidratado, é menos passível de ser mobilizado por ressuspensão dos sedimentos ou atividade biológica. Por outro lado, o cádmio adsorvido à superfícies minerais como argila, ou a materiais orgânicos é mais facilmente bioacumulado ou liberado quando há distúrbios ambientais. O Cd pode ser mobilizado do sedimento em várias condições ambientais, como modificação de pH, salinidade e potencial redox (ATSDR, 1997). As bactérias presentes no sedimento captam o cádmio da água, tendo, portanto papel importante na partição água/sedimento.

O lodo de esgoto, estritamente urbano, possui normalmente uma quantidade baixa de metais pesados, mas quando esgotos industriais e águas de chuva entram no sistema de captação de esgoto urbano, este pode ter sua concentração de metais aumentada significativamente.

A prática de utilização do lodo de esgoto como adubo constitui potencial fonte de contaminação de solo e, conseqüentemente, incorporação de metais na cadeia alimentar, posto que os mesmos, ainda que na ordem de traços, persistem no solo por longos períodos; perdas por adsorção, remoção pelas

plantas cultivadas ou lixiviação são normalmente baixas. Assim, solos poluídos com metais podem ser uma fonte de contaminação para plantas e animais durante um longo tempo.

Numerosas são as fontes de cádmio nos efluentes e lodos de esgoto, incluindo os excretas humanos, a corrosão de tubulações de cobre galvanizadas que compõem redes hidráulicas domésticas, descarte inadequado de baterias de Ni-Cd e a adição direta decorrente de processos industriais.

Em mamíferos e pássaros, o cádmio é encontrado nos rins e fígado em concentrações de 1-10 mg/kg e 0,1 a 2 mg/kg de peso, respectivamente. Os mamíferos terrestres de vida longa, como o cavalo e o alce, acumulam grande quantidade de cádmio em seus órgãos, demonstrando a bioacumulação com a idade. Concentrações em torno de 200 mg/kg foram encontradas no córtex renal de cavalos em idade avançada. Os níveis altos encontrados em fígado de veados (atingindo concentrações de até 23 mg/kg peso seco) impeliram o estabelecimento de padrões de consumo para este alimento em vários estados americanos (ATSDR, 1997; WHO, 1992).

A exposição pela dieta pode aumentar, se precipitações ácidas provocarem diminuição do pH do solo, com conseqüente captação do cádmio pelos alimentos. Grãos e cereais constituem a maior porcentagem da ingestão do metal, dado que o concentram. Rins e fígado de animais e mariscos podem significar contribuição importante para indivíduos que consomem alta quantidade destes itens.

A ação do cádmio no organismo humano ocorre das seguintes formas (MARTINS, S.D.):

- a) Absorção:
 - Via respiratória: 25-50%;
 - Via digestiva: menor que 10%;
- b) Distribuição:
 - O cádmio se liga à metalotioneína, proteína sintetizada pelo fígado, baço, rim, intestino, testículos, pâncreas, entre outros. Esta proteína ligada ao Cd, é filtrada pelo glomérulo, reabsorvida pelas células do túbulo proximal onde libera o Cd. Este é um dos mecanismos responsáveis pelo efeito nefrotóxico.
- c) Acúmulo:
 - O Cd se acumula nos rins, fígado, pulmão, pâncreas, testículos, tireóide, glândulas salivares, coração, músculos e grandes artérias.
- d) Excreção:
 - A excreção é lenta por via renal e intestinal. A medida que ocorre dano renal, a excreção de cádmio na urina aumenta significativamente.
 - $t_{1/2}$ de cerca de 20 anos (rins) e 8-14 anos (outras partes).

Efeitos Tóxicos:

a) Agudos:

- Por ingestão: náusea, vômito, salivação, dor abdominal, cefaléia, diarreia e choque;
- Por inalação: cefaléia, irritação do trato respiratório, secreta nasal e da traquéia, tosse, debilidade geral, respiração agitada, febre, insuficiência respiratória com choque e morte.

b) Crônicos:

- Dano renal, com proteinúria;
- Enfisema pulmonar;
- Efeitos no sistema ósseo;
- Outros efeitos: anemia, hipertensão, aberrações cromossômicas e hipoploidia

c) Efeitos Teratogênicos:

- Fissura na boca, defeito no palato (constatado em ratos, hamsters e camundongos).

d) Efeitos Carcinogênicos:

- Sarcoma e câncer testicular (em ratos) e câncer na próstata, no homem não conclusivo).

➤ O Heptacloro e o Heptacloro Époxido

O heptacloro é um inseticida organoclorado (ciclodieno). Em 1946, o heptacloro foi isolado do clordano, sendo muito utilizado, no período de 1953 à 1974, no controle de pragas do solo, sementes de milho, sorgo e outros grãos, e no controle de formigas, bicha-amarela, larvas de mosca, cupins, gorgulhos e larvas de elaterídeo em solos cultivados e em insetos domésticos(LIMA, 2002).

A toxicidade do heptacloro é moderada, sendo a DL50 oral, em ratos, variável entre 40 – 162 mg heptacloro/Kg peso corpóreo (IPCS, 1984). O heptacloro é facilmente absorvido por todas as vias de exposição (pele, pulmões e mucosa ocular) e trato gastrointestinal, sendo rapidamente metabolizado. Por oxidação, o heptacloro origina o heptacloro epóxido, o qual concentra-se no organismo principalmente nos tecidos adiposos. Sua eliminação do organismo ocorre de forma lenta, principalmente através da urina. Os efeitos tóxicos agudos são: distúrbios gastrointestinais (vômitos, diarreia e mal-estar), irritabilidade, apreensão, excitabilidade, distúrbios de marcha e fasciculações musculares). Os efeitos tóxicos crônicos são: anorexia, perda de peso, mal-estar geral, algias diversas, transpiração excessiva e reflexos alternados (MARTINS, S.D.). O mecanismo da ação tóxica dos compostos ciclodienosparece envolver interferência na remoção do Ca^{++} e ligação com receptores GABA, interferindo na entrada dos íons Cl^{-} na função neural (IPCS, 1984). Existem poucas evidências de que o heptacloro possa estar associado ao desenvolvimento de câncer.

Atualmente, o uso do heptacloro está restrito apenas para o controle de insetos do solo e de cupins.

No Brasil, a utilização de praguicidas organoclorados tem sido restringida desde meados da década de 80. Entretanto, sabe-se da existência de grandes estoques destes compostos, que estão sendo vendidos no setor agropecuário, por indústrias não registradas (Torres et al. Apud Lima, 2002). Em maio de 2001, o Brasil assinou o Tratado Internacional denominado Convenção de Estocolmo, o qual tem a finalidade de extinguir a utilização e comercialização de 12 Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), dentre eles o heptacloro, que no Brasil ainda é utilizado como preservativo da madeira. De acordo com este Tratado, o país terá um prazo de cinco anos, após sua entrada em vigor, para substituir ou eliminar o uso do heptacloro.

O heptacloro é conhecido como:

- 1,4,5,6,7,8,8a-heptacloro-3a,4,7,7a-tetraidro-4, metanoindeno
- 3,4,5,6,7,8,8 – heptaclorodidiclopentadieno
- 3,4,5,6,7,8,8^a – heptaclorodidiclopentadieno
- 1,4,5,6,7,10,10–heptacloro–4,7,8,9–tetraidro–4,7– endometilenoindeno
- 1,4,5,6,7,8,8 – heptacloro – 3a,4,7,7a –tetraidro – 4,7 – metanoindeno
- 1,4,5,6,7,8,8 – heptacloro – 3a, 4,7,7a –tetraidro –4,7 –metanol – 1 – indeno
- 1,4,5,6,7,10,10–heptacloro–4,7,8,9 – tetraidro – 4,7 – metilenoindeno
- 1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7,7a-tetraidro-4,7-metilenoindeno

- 1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7,7a-tetraidro-4,7-endo-metano-indeno
- Heptaclorodidiclopentadieno;3-cloro-clordeno

Comercialmente é conhecido como: Aahepta, Agroceres, Basaklor®, Drinos®, E 3314, GPKH H-60, Heptachlorane, Heptagran®, Heptagranox, Heptamak, Heptamul, Heptasol, Heptox, Rhodiachlor, Soleptax®, Velsicol 104®, Termide.

O heptacloro apresenta baixa pressão de vapor ($3,0 \times 10^{-4}$ mmHg a 25°C) e uma baixa solubilidade em água (0,056 mg/L). Estas propriedades associadas a constante da Lei de Henry, que é de $1,48 \times 10^{-3}$, indicam que o heptacloro procedente da superfície da água é liberado facilmente para a atmosfera (LIMA, 2002; IPCS, 1984). Sua volatilização também é significativa, sendo o principal mecanismo de transporte do heptacloro quando o inseticida é aplicado em superfície.

O heptacloro também apresenta alta tendência a adsorção ao solo, não sendo facilmente lixiviado para água subterrânea na maioria dos solos. Isto indica que o heptacloro pode permanecer no solo durante muitos anos. O conteúdo de matéria orgânica é um fator que altera a mobilidade do heptacloro no solo. Em solos com alto teor de matéria orgânica sua mobilidade é baixa. Na água, adsorve-se fortemente em sedimentos suspensos e do fundo do corpo d'água.

4. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo a caracterização dos sedimentos provenientes da dragagem do leito do rio Tietê, entre a foz do rio Pinheiros e a Barragem da Penha, depositados no aterro da Lagoa de Carapicuíba através do ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, e a realização de um estudo comparativo entre os resultados obtidos das caracterizações realizadas pelo ICTR, CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, e Instituto Ambiental 21.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 ICTR

A caracterização dos materiais provenientes do desassoreamento (aprofundamento) da calha do rio Tietê, depositados no aterro da Lagoa de Carapicuíba, realizada pelo ICTR, envolveu as etapas de amostragem, análise da massa bruta, testes de lixiviação e solubilização. Os ensaios foram realizados segundo as normas NBR 10004, 10005 e 10006.

5.1.1 Amostragem

A amostragem foi realizada segundo a norma NBR-10007, o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2003) e a norma SW 846 (EPA).

A figura 7 apresenta uma foto aérea da Lagoa de Carapicuíba, permitindo uma visão geral da lagoa e imediações da mesma. A porção da lagoa que está sendo aterrada é apresentada em destaque na figura 8.



Figura 7: Visão geral da Lagoa de Carapicuíba.



Figura 8: Destaque do aterro da Lagoa de Carapicuíba.

Na figura 9 apresenta-se a localização dos 6 pontos do aterro da Lagoa de Carapicuíba, onde foram coletados os materiais para serem caracterizados no presente trabalho. O número de pontos foi definido com base na disponibilidade de recursos destinados a este estudo. Devido à falta de informação preliminar mais detalhada sobre o local e sobre o processo histórico de deposição, foram escolhidos, aleatoriamente, 5 pontos de sondagem na área de destinação e, apenas um ponto entre o rio e o aterro. Reitera-se, ainda, que, para a caracterização dos resíduos em toda a lagoa é necessário um maior número de pontos de amostragem.

Os pontos foram identificados respectivamente como:

- Ponto 1 (ponto localizado entre o aterro e o rio Tietê);
- Ponto 2 (ponto localizado no aterro – lote 3);
- Ponto 3 (ponto localizado no aterro – lote 3);
- Ponto 4 (ponto localizado no aterro – lote 1);
- Ponto 5 (ponto localizado no aterro – lote 2);
- Ponto 6 (ponto localizado no aterro – lote 1).

A extensão do rio (trecho da fase II) sujeita ao aprofundamento da calha, foi dividida em 3 lotes, sendo que as obras de cada lote foi entregue à 3 concessionárias distintas, sendo elas:

- Lote 1: Consórcio Odebrecht
- Lote 2: Consórcio OAS
- Lote 3: Consórcio Andrade Gutierrez

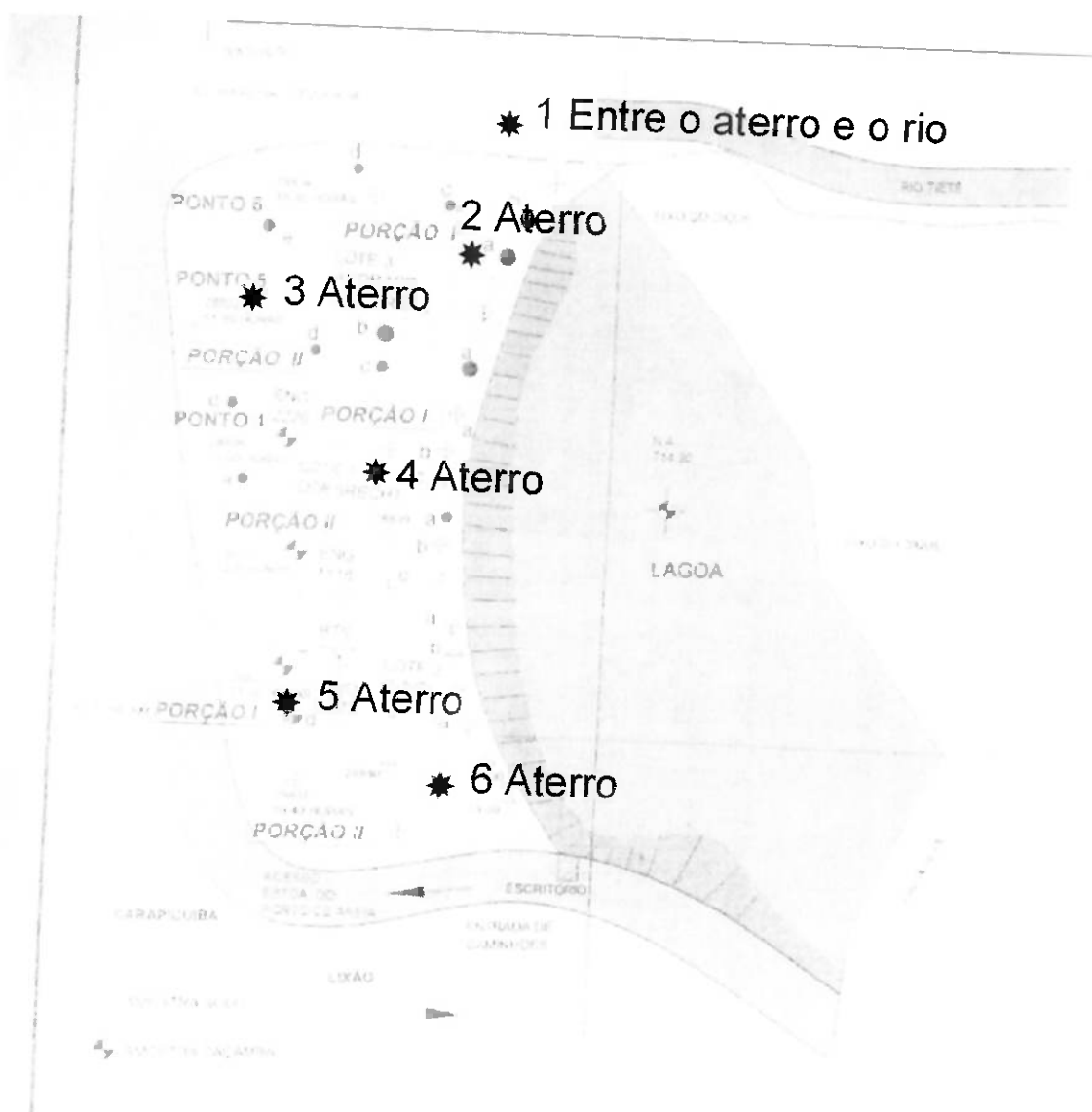


Figura 9 - Mapa com a localização dos pontos de coleta de amostras para análise.

A coleta do material foi realizada através de sondagens rotativas, utilizando-se tubos de amostragem de diâmetro de 4 polegadas, como mostra a figura 10. A sondagem rotativa foi o método de sondagem escolhido, pois este é capaz de perfurar os matacões (fragmentos de rocha de grande dimensões) presentes no material do aterro. Esses matacões são oriundos das explosões ocorridas no rio Tietê em razão do aprofundamento do leito do rio.

O material retirado do rio Tietê, que foi utilizado no aterramento da Lagoa de Carapicuíba é composto basicamente por lixo em geral, lodo, areia, argilas e fragmentos de rochas de diversas dimensões.

No primeiro ponto amostrado, (ponto 6), o intervalo de profundidade entre as amostragens foi de 0,5 m. Esse intervalo foi determinado com o objetivo de se conhecer a estratificação do solo do aterro. As amostragens dos outros 5 pontos foram realizadas, em sua maioria, com intervalos de profundidade de 1,5 m.

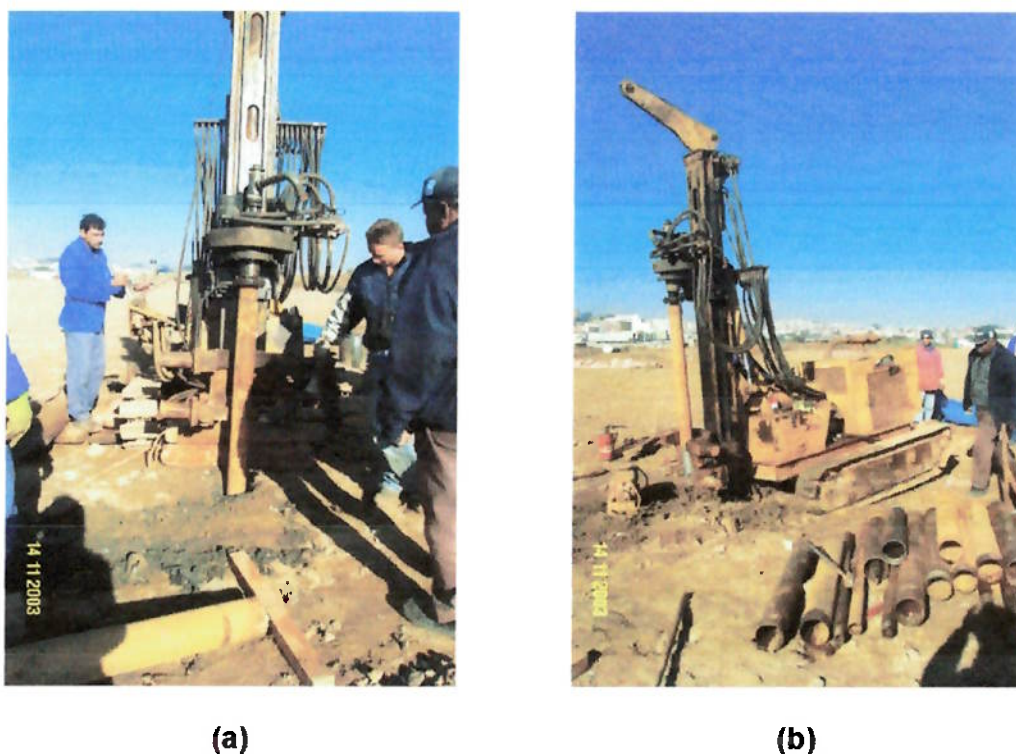


Figura 10: Equipamento de sondagem rotativa utilizado nas amostragens. (a) vista frontal do equipamento de sondagem rotativa. (b) vista lateral do equipamento de sondagem rotativa.

O material coletado pela sonda rotativa foi colocado sobre uma lona plástica, e separado manualmente de acordo com a sua composição (argilas, areia, lixo, entre outros), como mostra a figura 11. Todos os procedimentos de amostragem foram realizados em conformidade com a norma NBR 10007:87, ou seja, nenhum dos materiais usados poderia trazer contaminação. Todos os utensílios usados são considerados inertes e não reativos, para a sua aplicação.



Figura 11: Separação do material coletado de acordo com sua característica.

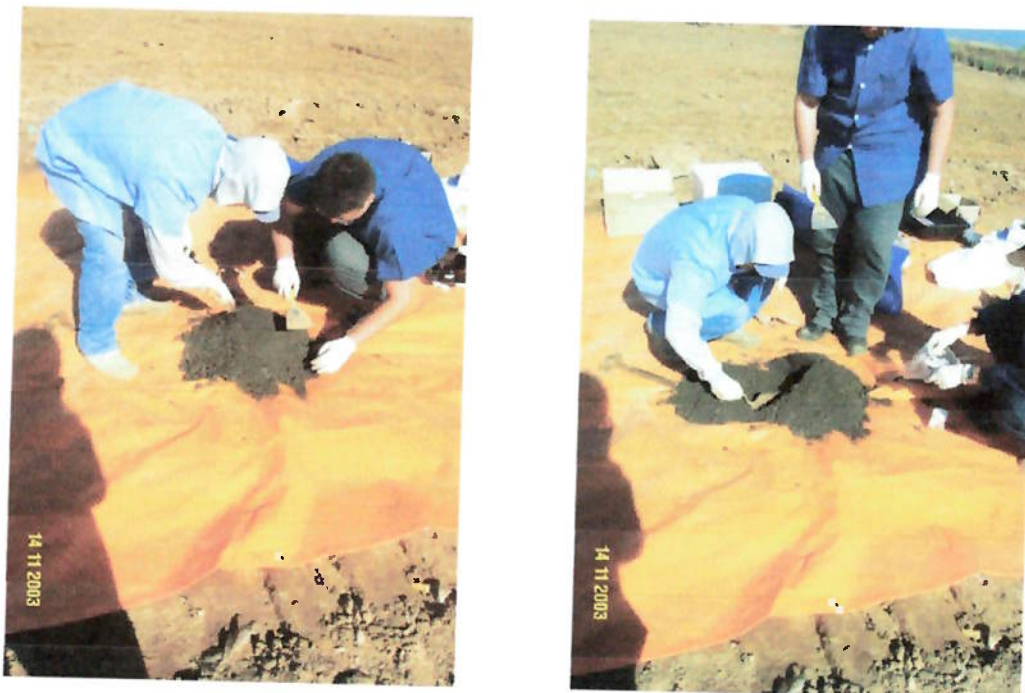
Na composição de cada amostra para análise química, foram agrupadas as amostras coletadas de cada intervalo de profundidade que apresentavam características semelhantes. Esse modo de se compor as amostras foi escolhido porque acreditou-se que a mistura de materiais de composição diferente conduziria a uma diluição dos componentes presentes nas amostras.

Na seqüência, o material representativo de cada amostra foi homogeneizado e quartado, como mostrado na figura 12, sendo em seguida acondicionados em vidros âmbar, com tampa contendo septo de teflon (figura 13), mantido refrigerado a temperaturas inferiores a 4°C, como sugerido no

Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB) e na norma SW 846 (EPA).

Ainda com relação à homogeneização, o ICTR contou a presença de um Engenheiro de Minas, e também com a colaboração do Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves, Professor Titular do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, da Escola Politécnica da USP, que esteve presente no local.

É importante ressaltar também, que durante as amostragens não houve a atuação significativa de nenhum agente de intempérie (chuva, sol forte, ventos). Além disso, nenhum dos elementos analisados pelo ICTR apresenta alta pressão de vapor à temperatura ambiente.



(a)

(b)

Figura 12: (a) Homogeneização e (b) quarteamento das amostras representativas.



Figura 13: Amostras acondicionadas para serem enviadas para análises.

A tabela 1 apresenta as amostras para análise química.

TABELA 1: Amostras compostas dos pontos de amostragem da Lagoa de Carapicuíba.

Ponto de Amostragem	Amostra Composta
Ponto 1	0,0-1,25
	1,25-1,50
	1,50-3,75
	3,75-4,50
	4,50-5,90
A2	0,0-4,5 (arenoso)
	0,0-4,5 (argiloso)
	4,5-7,5
	7,5-10,5
	10,5-13,5
A3	13,5-16,5
	0,0-4,5 (arenoso)
	0,0-4,5 (argiloso)
	4,5-9,0 (arenoso)
	4,5-9,0 (argiloso)
A4	9,0-12,0
	0,0-1,5
	1,5-4,5
	4,5-6,0
	6,0-9,0
A5	9,0-13,0
	0,0-1,5
	1,5-4,5
	4,5-7,5
	7,5-11,5
A6	11,5-12,0
	0,0-1,5
	1,5-3,5
	3,5-4,5
	4,5-6,5
	6,5-8,0
	8,0-11,0
11,0-14,0	

5.1.2 Caracterização do Material Coletado

O material coletado foi caracterizado em relação à massa bruta, testes de lixiviação e testes de solubilização, segundo, respectivamente, os procedimentos descritos nas normas NBR 10004, 10005 e 10006, todas de 1987.

As análises das amostras foram realizadas em laboratórios da Unicamp, USP – São Carlos e Analytical Solutions – Anasol.

A caracterização da massa bruta foi realizada segundo a norma NBR-10004, a qual classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados (objetivo da NBR-10004).

Os testes de lixiviação foram realizados segundo a norma NBR-10005, que define lixiviação como a operação de separar certas substâncias contidas nos resíduos industriais por meio de lavagem ou percolação.

Os testes de solubilização foram realizados segundo a norma NBR-10006, a qual fixa as condições exigíveis para diferenciar os resíduos da classe II e III. Aplica-se somente para resíduos no estado sólido.

Os métodos de análise utilizados pela UNICAMP, USP- São Carlos e Analytical Solutions são apresentados a seguir:

- UNICAMP

(a) Análise da Massa Bruta

Metodologia das Análises

Digestão da amostra para obtenção de metais totais na amostra sólida.

referência: APHA (1998), TALBOT (1983), NBR 10004:87

- Mediu-se uma massa de amostra ao redor de 5 g (medida com precisão em balança analítica) seca a 40 °C;
- Adicionou-se 20 mL de HNO₃ 6 Molar, e aqueceu-se (digeriu-se) a 70 °C por um período de 6 a 10 horas. Não se deve deixar secar a amostra, e se necessário adiciona-se mais 10 mL de HNO₃ 6 Molar;
- finalizada a digestão, ressuspendeu-se a amostra com um volume de 10 mL de HNO₃ 0,5 Molar;
- a seguir, a amostra foi filtrada em membrana de acetato, com porosidade 0,45 µm (micrometros). Feito isso o filtrado teve seu volume completado em balão volumétrico de 100 mL com água destilada e deionizada (água MILLI-Q);
- em seguida a amostra foi analisada em espectrofotômetro de absorção atômica (FAAS), marca Perkin-Elmer, modelo Analyst 300.

Observação: esta metodologia de digestão é recomendada e utilizada para estudos de impactos na biota em ecossistemas aquáticos, ou seja, metais presentes no interior da partícula de silte, argila, areia, etc, não são atingidas por não terem significado ambiental (esses metais não conseguem ser utilizados pelos organismos e, por conseguinte, não participam da cadeia alimentar). Podemos inferir que o resultado obtido indica o potencial tóxico mais provável.

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo total (Cr total), zinco (Zn), níquel (Ni) e cobre (Cu).

Os valores de referência (NBR 10004 Anexo I - Listagem nº 9) para estes parâmetros são:

- Pb: 1000 mg Pb/kg
- Cd: não consta
- Cr total: 100 mg Cr/kg
- Zinco: não consta
- Ni: não consta
- Cu: não consta

(b) Teste de Lixiviação

Metodologia das Análises

Amostras líquidas (solubilizado e lixiviado)

referência: APHA (1998), TALBOT (1983), NBR 10004:87.

- A amostra foi filtrada em membrana de acetato, com porosidade 0,45 µm (micrometros);
- Em seguida a amostra foi analisada em espectrofotômetro de absorção atômica (FAAS), marca Perkin-Elmer, modelo Analyst 300.

Observação: a filtração se fez necessária nas amostras resultantes de ensaios de lixiviação e solubilização por apresentarem partículas em suspensão, e como a norma NBR 10004:87 fala sobre esta filtração, este procedimento foi adotado.

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo total (Cr total), zinco (Zn), níquel (Ni) e cobre (Cu).

Os valores de referência (NBR 10004 – Anexo G – Listagem nº 7) para estes parâmetros são:

- Pb: 5,0 mg/L
- Cd: 0,5 mg/L
- Cr total: 5,0 mg/L
- Zinco: não consta
- Ni: não consta
- Cu: não consta

(c) Teste de Solubilização

Metodologia das Análises

Amostras líquidas (solubilizado e lixiviado)

referência: APHA (1998), TALBOT (1983), NBR 10004:87.

- A amostra foi filtrada em membrana de acetato, com porosidade 0,45 µm (micrometros);
- Em seguida a amostra foi analisada em epectrofotômetro de absorção atômica (FAAS), marca Perkin-Elmer, modelo Analyst 300;

Observação: a filtração se fez necessária nas amostras resultantes de ensaios de lixiviação e solubilização por apresentarem partículas em suspensão, e como a norma NBR 10004/87 fala sobre esta filtração, este procedimento foi o adotado.

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo total (Cr total), zinco (Zn), níquel (Ni) e cobre (Cu).

Os valores de referência (NBR 10004 – Anexo H- Listagem nº 8) para estes parâmetros são:

- Pb: 0,05 mg/L
- Cd: 0,005 mg/L
- Cr total: 0,05 mg/L
- Zn: 5,0 mg/L
- Ni: não consta
- Cu: 1,0 mg/L

- **USP- São Carlos**

(a) Metodologia de Extração e Análise de Compostos Orgânicos (Organoclorados e Hidrocarbonetos Poliaromáticos – PAHs)

A metodologia de extração é uma adaptação do artigo publicado no *Journal of Chromatography*: “Validation of analytical procedure for polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental samples”, dos autores A. Jaouen-Madoulet, A. Abarnou, A. M. Le Guellec, V. Loizeau, F. Leboulenger.

Todas amostras de solubilizados e lixiviados foram filtradas previamente em membrana de 0,45 μm atendendo a especificação das normas NBR 10005:87 e NBR 10006:87.

Toda a vidraria utilizada foi lavada com água corrente e Extran[®], seguida de uma segunda lavagem com água destilada, sendo posteriormente, seca em estufa.

Os passos seguidos foram:

- Extraíram-se os compostos de interesse (organoclorados e PAH's) das amostras, através da passagem a vácuo, destas soluções, por cartuchos contendo octadecil. Esperou-se a secagem dos mesmos antes da próxima etapa;

- Eluíram-se os compostos dos cartuchos através da passagem por gravidade de 15 mL de uma mistura de solventes hexano-acetona (80:20, v/v);
- Concentraram-se estas soluções, por evaporação, até o volume de 1 mL utilizando-se gás nitrogênio;
- Realizou-se o *clean-up* das amostras utilizando-se cartuchos de vidro nos quais adicionaram-se 2 g de alumina sobre 2g de sílica. Estes dois materiais foram, previamente, ativados na mufla durante 6 horas, na temperatura de 600°C. Nesta etapa, transferiu-se o extrato ao topo da coluna. Eluiu-se a primeira fração (F1) com 20 mL de hexano; esta fração contém todos PCB's e compostos alifáticos. Em seguida, eluiu-se a segunda fração (F2) com 20 mL de diclorometano-pentano (20:80, v/v); esta fração contém compostos aromáticos como PAH's. Armazenaram-se estas soluções em freezer;
- Concentraram-se novamente estas soluções a 1 mL utilizando-se gás nitrogênio, somente, no dia da análise.

A identificação e quantificação dos compostos organoclorados e PAH's nos extratos lixiviados e solubilizados foi realizada empregando-se a técnica de cromatografia gasosa, com detector de captura de elétrons (GC-ECD). Pelos tempos de retenção, após adição dos padrões, teve-se um indicativo da presença de OC e PAH's. Para a definitiva confirmação dos compostos citados, as amostras foram cromatografadas usando-se detector de espectrometria de

massas. Os compostos foram identificados por GC-MS e quantificados por GC-ECD.

(b) Teste de Lixiviação

Foram analisados alguns parâmetros orgânicos, como os compostos organoclorados (aldrin, gama-BHC, heptacloro, heptacloro-epóxido) e os hidrocarbonetos poliaromáticos – PAH's (acenaftileno, fluoreno, naftaleno, benzo(a)pireno)

(c) Teste de Solubilização

Foram analisados alguns parâmetros orgânicos, como os compostos organoclorados (aldrin, gama-BHC, heptacloro, heptacloro-epóxido) e os hidrocarbonetos poliaromáticos – PAH's (acenaftileno, fluoreno, naftaleno, benzo(a)pireno)

- **Analytical Solutions**

(a) Metodologia das Análises

As amostras para análise de metais foram digeridas em meio ácido sob aquecimento, e a solução resultante foi analisada utilizando-se a técnica de Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Argônio Induzido – ICP-

OES. O equipamento utilizado para as análises foi Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma de Argônio Induzido marca Perkin Elmer, modelo Optima 2000. Os métodos estão descritos pelo APHA-AWWA-WPCI-Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition (1998).

(b) Testes de Lixiviação

O extrato lixiviado foi preparado segundo a norma NBR 10005:87. Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb) e cromo total (Cr total).

(c) Testes de Solubilização

O extrato solubilizado foi preparado segundo a norma NBR 10006:87. Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb) e cromo total (Cr total).

5.2 CETESB

A CETESB coletou o material depositado no aterro da Lagoa de Carapicuíba em duas campanhas, realizadas em dezembro de 2002 e março de 2003. O material coletado foi analisado em relação à massa bruta, extratos lixiviado e solubilizado, segundo a norma NBR 10004. Na realidade a CETESB executou diversas análises do material, todavia as que foram conseguidas estão anotadas neste estudo.

Segundo o relatório de Monitoramento Realizado na Lagoa de Carapicuíba (MRLC), "a amostragem do material depositado no aterro da lagoa de Carapicuíba foi realizada nos 3 lotes utilizados pelas empreiteiras. De cada lote, que mede 150 metros de frente para a lagoa, foram coletadas 2 amostras, cada uma representativa de 75 metros, constituídas de 5 sub-amostras coletadas a cada 15 metros, à profundidades variando de 0 a 0,5 metros na primeira campanha e 0 a 2,00 metros na segunda campanha. Cada sub-amostra foi constituída de 3 parcelas coletadas na frente de trabalho e duas em áreas mais afastadas da margem da lagoa, sendo este um procedimento importante visando relacionar os resultados a serem encontrados no material dragado dispostos na margem com os sedimentos presentes no fundo da lagoa.

Na primeira campanha foram também coletadas amostras de material dragado contido nos caminhões (uma amostra de cada descarga de caminhão), operantes nos consórcios OAS (Lote 2) e Odebrecht (Lote 1), sendo que a Andrade Gutierrez encontrava-se inoperante". As coletas foram efetuadas conforme a NBR 10007 – Amostragem de Resíduos, da ABNT.

Segundo o Parecer Técnico 13/03/ESSS/ESS/E/EEQ, a CETESB utiliza o método de extração de metais de solos, através de água-régia e por espectrometria de absorção atômica, de acordo com os métodos 3050 ou 3051 da EPA SW-846, para amostras sólidas.

5.3 Instituto Ambiental 21

O material depositado no aterro da Lagoa de Carapicuíba, dragado do rio Tietê, foi coletado e enviado para ser analisado através de ensaios de massa bruta, lixiviação e solubilização, de acordo com as normas NBR 10004, 10005 e 10006 (LAUDO DE CLASSIFICAÇÃO).

Conforme o Laudo de Classificação, os métodos de análises utilizados pelo Instituto Ambiental, foram baseados na 19ª.edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ICTR

As tabelas 2 a 7 apresentam as características das amostras coletadas dos 6 pontos, do aterro da Lagoa de Carapicuíba.

TABELA 2: Características das amostras coletadas no Ponto 1.

Ponto de Amostragem	Amostra Coletada	Características
Ponto 1	0,0-1,25	material arenoso, com pouca umidade. Presença de grande quantidade de fragmentos de rochas e argila em pequena quantidade.
Ponto 1	1,25-1,50	material arenoso, de coloração escura (preta), com presença de alguns fragmentos de rochas.
Ponto 1	1,50-3,75	material argiloso de consistência dura e coloração marrom. Presença de poucos fragmentos de rochas de pequeno diâmetro.
Ponto 1	3,75-4,50	material argiloso, de consistência mole e coloração acinzentada, com ausência de fragmentos de rochas e lixo (plástico, madeira, metal).
Ponto 1	4,50-5,20	material argiloso, de coloração marrom. Ausência de fragmentos de rochas e lixo.
Ponto 1	5,20-5,68	material arenoso, de coloração cinza (aspecto de rocha esfarelada). Ausência de lixo.
Ponto 1	5,68-5,90	material argiloso, de coloração cinza. Ausência de fragmentos de rochas e lixo.

TABELA 3: Características das amostras coletadas no Ponto 2.

Ponto de Amostragem	Amostra Coletada	Características
A2	0,0-1,5	material arenoso, de coloração marrom e com pouca umidade. Presença de grande quantidade de fragmentos de rochas e nenhuma presença de lixo (plástico, madeira, metal,...)
A2	1,5-3,0	material do começo do tubo de amostragem arenoso e do meio para o final argiloso, ambos de coloração marrom. Presença de fragmentos de rochas e pouca quantidade de lixo em geral (plástico, madeira, metal).
A2	3,0-4,5	material do começo do tubo de amostragem arenoso e do meio para o final argiloso, ambos de coloração marrom. Presença apenas de fragmentos de rochas.
A2	4,5-6,0	material do começo do tubo de amostragem arenoso e do meio para o final argiloso, ambos de coloração marrom. Presença apenas de fragmentos de rochas e pouca quantidade de plástico, madeira, metal.
A2	6,0-7,5	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.
A2	7,5-9,0	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.
A2	9,0-10,5	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.
A2	10,5-12,0	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.
A2	12,0-13,5	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.
A2	13,5-15,0	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.
A2	15,0-16,5	material argiloso, com presença de fragmentos de rochas, plástico, madeira, em pequena quantidade.

TABELA 4: Características das amostras coletadas no Ponto 3.

Ponto de Amostragem	Amostra Coletada	Características
A3	0,0-0,70	material arenoso, com pouca umidade. Presença de alguns pedaços de plástico e fragmentos de rochas.
A3	0,70-1,50	material argiloso e úmido. Presença de grande quantidade de fragmentos de rochas e poucos pedaços de plástico.
A3	1,50-2,00	material arenoso, levemente úmido. Presença de poucos pedaços de plástico, madeira, metal e fragmentos de rochas.
A3	2,00-3,00	material argiloso e úmido. Presença de poucos pedaços de plástico, madeira e fragmentos de rochas.
A3	3,00-4,00	material argiloso e úmido, com poucos pedaços de plástico, madeira e fragmentos de rochas.
A3	4,00-4,50	material arenoso e úmido. Presença de pouca quantidade de plástico, madeira e fragmentos de rochas.
A3	4,50-6,00	material arenoso e úmido, com pouca quantidade de plástico, madeira e fragmentos de rochas.
A3	6,00-8,00	material arenoso, saturado em água . Presença de alguns fragmentos de rochas (bem pouco) e raízes.
A3	8,00-9,00	material argiloso e úmido, com pouca quantidade de lixo (plástico, madeira, metal) e fragmentos de rochas.
A3	9,00-10,50	material argiloso e úmido com pouca quantidade de plástico, madeira e fragmentos de rochas
A3	10,50-12,00	material argiloso e úmido , com alguns pedaços de raízes e demais matérias orgânicas.

TABELA 5: Características das amostras coletadas no Ponto 4.

Ponto de Amostragem	Amostra Coletada	Características
A4	0,0-0,90	material arenoso, levemente úmido, de coloração escura. Presença de alguns pedaços de plástico, material orgânico e grande quantidade de fragmentos de rochas.
A4	0,90-1,50	material arenoso, levemente úmido. Presença de alguns pedaços de plástico, ferro, madeira e grande quantidade de fragmentos de rochas.
A4	1,50-3,00	material arenoso, levemente úmido . Presença de alguns pedaços de plástico, madeira e grande quantidade de fragmentos de rochas.
A4	3,00-4,00	material arenoso, levemente úmido . Presença de alguns pedaços de plástico, madeira e grande quantidade de fragmentos de rochas.
A4	4,00-4,50	material arenoso, levemente úmido . Presença de alguns pedaços de plástico, madeira e grande quantidade de fragmentos de rochas.
A4	4,50-6,00	material arenoso, sendo o início mais úmido e de coloração escura e a porção do meio e final com menor umidade e coloração marrom avermelhada. Presença de plástico, madeira e grande quantidade de fragmentos de rochas
A4	6,00-7,50	material argiloso, saturado em água. Presença de madeira, ferro, plástico e fragmentos de rochas.
A4	7,50-9,00	material argiloso, com presença de plástico, madeira e fragmentos de rochas.
A4	9,00-10,50	material arenoargiloso, com presença de madeira, plástico, material orgânico e fragmentos de rochas.
A4	10,50-12,00	material arenoargiloso, com pouquíssima quantidade de lixo (plástico, madeira,...) e fragmentos de rochas.
A4	12,00-13,00	material arenoargiloso, com pouquíssima quantidade de lixo (plástico, madeira,...) e fragmentos de rochas (presença de "taguá").

TABELA 6: Características das amostras coletadas no Ponto 5.

Ponto de Amostragem	Amostra Coletada	Características
A5	0,0-0,50	material arenoso, de coloração marrom . Presença de alguns pedaços de plástico e fragmentos de rochas.
A5	0,50-0,80	material arenoso, de coloração marrom . Presença de alguns pedaços de plástico e fragmentos de rochas.
A5	0,80-1,10	material arenoso, de coloração marrom . Presença de alguns pedaços de plástico e fragmentos de rochas.
A5	1,10-1,50	material arenoso, de coloração marrom . Presença de alguns pedaços de plástico e fragmentos de rochas
A5	1,50-3,00	material arenoso levemente úmido, de coloração escura (preta). Presença de plástico, madeira, metal, vidro e fragmentos de rochas.
A5	3,00-4,50	material do início e meio do tubo de amostragem arenosos, e final argiloso. Presença de pouquíssimos pedaços de plástico, madeira e fragmentos de rochas.
A5	4,50-6,00	material do início do tubo de amostragem composto por sedimento de "taguá", do meio arenoso e do final argiloso. Presença de plástico, madeira e fragmentos de rochas em pouquíssima quantidade.
A5	6,00-7,50	início do tubo de amostragem até o meio composto por material argiloso e do meio até o final do tubo por material arenoso. Presença de maior quantidade de lixo (plástico, madeira,...)e fragmentos de rochas.
A5	7,50-9,00	início do tubo de amostragem até o meio composto por material argiloso e do meio até o final do tubo por material arenoso. Presença de maior quantidade de lixo (plástico, madeira,...)e fragmentos de rochas na porção do meio para o final do tubo de amostragem.
A5	9,00-10,50	material arenoso, bem úmido, de coloração escura. Presença de poucos pedaços de plástico, madeira fragmentos de rochas.
A5	10,5-12,0	material arenoso, bem úmido e de coloração escura (preta) presente nos primeiros 1,0 metro do tubo de amostragem, e material arenoso, de coloração marrom nos 0,5 metro final do tubo de amostragem. Presença de pouca quantidade de lixo e fragmentos de rochas. No 0,5 metro do final do tubo de amostragem houve presença de sedimentos "taguá" e raízes.

TABELA 7: Características das amostras coletadas no Ponto 6.

Ponto de Amostragem	Amostra Coletada	Características
A6	0,0-0,50	material arenoargiloso com pouca umidade. Presença de fragmentos de plástico, telha, material orgânico.
A6	0,50-1,00	material arenoargiloso com pouca umidade. Presença de fragmentos de rocha, matéria orgânica, vidro.
A6	1,00-1,50	material arenoargiloso com umidade um pouco maior que as amostras anteriores, porém, com odor acentuado e coloração mais escura. Presença de fragmentos de rocha, plástico, ferro.
A6	1,50-2,00	material arenoargiloso com umidade moderada e coloração escura como na amostra anterior, porém, com odor menos acentuado. Presença de fragmentos de rocha, plástico, madeira, matéria orgânica e fragmentos de rocha maiores, com cerca de 7cm de comprimento.
A6	2,00-2,50	material arenoargiloso com umidade moderada e coloração escura. Presença de plástico, fragmentos de rocha, papel de bala, matéria orgânica.
A6	2,50-3,00	material arenoargiloso com umidade moderada e coloração escura. Presença de plástico, fragmentos de rocha, papel de bala, matéria orgânica.
A6	3,00-3,50	material arenoargiloso com umidade igual a da amostra anterior. Presença de plástico, ferro e matéria orgânica.
A6	3,50-4,00	material arenoargiloso saturado de água na base inferior do tubo de amostragem, sendo colhidos 150 ml de água. Presença de fragmentos de rocha, plástico, madeira e matéria orgânica.
A6	4,00-4,50	material arenoargiloso com quantidade de argila um pouco maior que as amostras anteriores, saturado em água. Presença de fragmentos de rocha, madeira, plástico, matéria orgânica.
A6	4,50-5,00	material arenoargiloso com maior quantidade de argila que a amostra anterior, saturado em água. Presença de fragmentos de rocha, plástico, matéria orgânica.
A6	5,00-5,50	material argiloso com umidade menor que a amostra anterior e quantidade de argila maior que a amostra anterior. Presença de fragmentos de rocha, plástico, madeira, ferro, em menor quantidade que as amostras anteriores.

A6	5,50-6,00	material argiloso, com umidade e demais características semelhantes a da amostra anterior.
A6	6,00-6,50	material argiloso, com umidade e demais características semelhantes a da amostra anterior.
A6	6,50-7,00	material argiloso, com umidade semelhante a da amostra anterior. Presença de maior quantidade de resíduos orgânicos e menor quantidade de lixo, que as amostras anteriores.
A6	7,00-8,00	material argiloso com umidade semelhante a da amostra anterior. Presença de plástico, madeira, ...
A6	8,00-9,00	material argiloso com mesma umidade da amostra anterior e presença de lixo (plástico, madeira,...)
A6	9,00-10,00	material argiloso com mesma umidade da amostra anterior e presença de fragmentos de rocha, plástico, telha,...
A6	10,00-11,00	material argiloso, com umidade semelhante a da amostra anterior, com presença de plástico, madeira,
A6	11,00-12,5	material argiloso com umidade semelhante a da amostra anterior, com coloração mais escura. Presença de plástico, madeira,
A6	12,50-14,00	material argiloso, com umidade semelhante a da amostra anterior, com presença de plástico, madeira,

Em alguns pontos foram encontrados fragmentos de silte argiloso cinza-esverdeado, conhecido como "taguá", típico do Período Terciário em São Paulo, presente no leito do rio Tietê. No ponto 6, tal sedimento foi observado em todas as profundidades amostradas.

A presença de plástico, madeira e outras formas de constituintes do resíduo urbano domiciliar, no material depositado na Lagoa de Carapicuíba, é um forte indicador de que em praticamente todos os níveis do depósito (aterro) há material proveniente da parte mais superficial do leito do rio Tietê, recolhida durante a dragagem do mesmo. A parte superficial do leito representa a parte que está diretamente em contato com a água do rio, sendo, portanto, a que

potencialmente contém os contaminantes depositados no rio. Por outro lado, na região imediatamente abaixo, espera-se encontrar um material inerte. No estudo realizado por CHAVES et al., no rio Tietê, também foi constatado a presença plásticos, metais, madeira e outros resíduos provenientes do lixo doméstico, no material oriundo da dragagem do rio Tietê.

Assim, não existem evidências de separação do material mais superficial, do leito propriamente dito, das demais camadas dos sedimentos do rio.

Os resultados das análises da massa bruta, extratos lixiviados e solubilizados, obtidos em cada laboratório utilizado pelo ICTR, são apresentados na forma de tabelas (tabelas 8 a 65) a seguir:

Como o trabalho do ICTR foi realizado a pedido do Ministério Público, sem ônus, para o mesmo, tornou-se economicamente inviável para o ICTR a análise de todos os parâmetros previstos na norma NBR 10004, sendo analisados apenas os parâmetros julgados os mais importantes em relação ao local estudado.

6.1.1 UNICAMP

(a) Análise da Massa Bruta

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo total (Cr total), zinco (Zn), níquel (Ni) e cobre (Cu).

Os valores de referência (NBR 10004 Anexo I - Listagem nº 9) para estes parâmetros são:

- Pb: 1000 mg Pb/kg
- Cd: não consta
- Cr total: 100 mg Cr/kg
- Zinco: não consta
- Ni: não consta
- Cu: não consta

As tabelas 8 a 13, a seguir, apresentam os resultados das análises de massa bruta, realizadas pela Unicamp.

TABELA 8: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto1.

Amostra	Concentração de metais (mg/kg)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,25	23,41	ND*	11,20	58,54	6,37	9,97
1,25-1,5	13,58	ND	14,15	60,83	5,25	7,97
1,5-3,75	12,36	ND	11,00	21,79	4,75	5,42
3,75-4,5	20,02	ND	21,78	75,15	6,77	14,04
4,5-5,9	29,66	ND	30,08	157,70	20,63	31,18

obs: *ND = quantidade abaixo do nível de detecção do equipamento

TABELA 9: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto2.

Amostra	Concentração de metais (mg/kg)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-4,5/ARG	33,71	0,08	22,66	186,63	23,51	61,30
0,0-4,5/ARE	33,86	0,04	21,75	179,98	21,64	57,27
4,5-7,5	115,92	0,04	25,37	202,50	22,93	56,38
7,5-10,5	28,74	*ND	25,95	168,16	18,97	54,22
10,5-13,5	29,69	*ND	23,28	175,61	19,54	48,53
13,5-16,5	33,63	*ND	22,03	178,04	18,77	56,63

TABELA 10: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 3.

Amostra	Concentração de metais (mg/kg)					
Ponto 3	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-4,5/ARG	17,08	*ND	17,28	124,74	12,84	35,14
0,0-4,5/ARE	12,45	*ND	14,52	184,76	9,10	27,67
4,5-9,0/ARG	23,61	*ND	16,25	180,33	12,24	43,52
4,5-9,0/ARE	11,62	*ND	12,96	90,95	4,94	25,05
9,0-12,0/ARG	28,48	*ND	26,42	73,64	19,62	67,95

TABELA 11: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 4.

Amostra	Concentração de metais (mg/kg)					
Ponto 4	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,5	39,34	*ND	38,24	202,17	78,46	47,32
1,5-4,5	18,51	*ND	22,76	142,34	40,10	35,09
4,5-6,0	27,97	*ND	24,31	204,96	46,48	82,21
6,0-9,0	24,69	*ND	30,89	221,67	40,14	60,34
9,0-13,0	32,65	*ND	27,26	194,37	44,16	61,87

TABELA 12: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 5.

Amostra	Concentração de metais (mg/kg)					
Ponto 5	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,5	26,81	*ND	21,84	248,77	63,61	61,88
1,5-4,5	24,46	*ND	23,75	166,28	61,40	50,59
4,5-7,5	24,88	*ND	23,03	306,10	61,18	56,38
7,5-11,5	23,47	*ND	24,54	264,45	62,80	59,42
11,5-12,0	18,74	*ND	19,13	140,93	10,46	36,85

TABELA 13: Análise da massa bruta (Unicamp) das amostras do Ponto 6.

Amostra	Concentração de metais (mg/kg)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,5	26,17	*ND	21,00	206,50	43,46	42,03
1,5-3,5	29,58	*ND	21,10	219,36	60,40	48,38
3,5-4,5	20,20	*ND	18,59	322,64	45,89	39,30
4,5-6,5	50,33	*ND	23,19	237,27	44,18	69,60
6,5-8,0	36,81	*ND	25,98	241,71	55,80	54,25
8,0-11,0	38,67	*ND	24,88	227,30	57,81	63,59
11,0-14,0	21,72	*ND	16,64	178,38	32,77	40,87

(b) Teste de Lixiviação

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo total (Cr total), zinco (Zn), níquel (Ni) e cobre (Cu).

Os valores de referência (NBR 10004 – Anexo G – Listagem nº 7) para estes parâmetros são:

- Pb: 5,0 mg/L
- Cd: 0,5 mg/L
- Cr total: 5,0 mg/L
- Zinco: não consta
- Ni: não consta
- Cu: não consta

As tabelas 14 a 19 apresentam os resultados das análises dos extratos lixiviados, realizadas pela Unicamp.

TABELA 14: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 1.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
Ponto 1	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,25	ND*	ND	ND	0,507	1,247	ND
1,25-1,5	ND	ND	ND	0,312	14,366	0,086
1,5-3,75	ND	ND	ND	0,104	1,857	ND
3,75-4,5	ND	ND	ND	0,736	1,453	ND
4,5-5,9	ND	ND	ND	1,375	3,839	0,001

TABELA 15: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 2.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
Ponto 2	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-4,5/ARG	ND*	ND	ND	0,664	0,012	ND
0,0-4,5/ARE	ND	ND	ND	1,269	0,059	ND
4,5-7,5	ND	ND	ND	1,860	0,089	ND
7,5-10,5	ND	ND	ND	1,455	0,017	ND
10,5-13,5	ND	ND	0,002	0,844	ND	ND
13,5-16,5	ND	ND	ND	1,345	0,086	ND

TABELA 16: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 3.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
Ponto 3	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-4,5/ARG	ND*	ND	0,005	1,218	4,074	0,006
0,0-4,5/ARE	ND	ND	0,007	1,373	3,212	0,019
4,5-9,0/ARG	ND	ND	0,011	1,797	8,404	0,010
4,5-9,0/ARE	ND	ND	0,007	1,485	8,635	ND
9,0-12,0/ARG	ND	ND	0,011	1,447	8,437	ND

TABELA 17: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 4.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,5	ND	ND	ND	1,870	ND	ND
1,5-4,5	ND	ND	ND	0,352	ND	ND
4,5-6,0	ND	ND	ND	0,864	0,180	ND
6,0-9,0	ND	0,115	ND	1,586	3,817	0,004
9,0-13,0	ND	ND	ND	1,849	2,007	0,005

TABELA 18: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 5.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,5	ND	ND	0,011	3,718	0,544	ND
1,5-4,5	ND	ND	0,014	4,592	0,694	ND
4,5-7,5	ND	ND	0,013	1,767	0,252	ND
7,5-11,5	ND	ND	0,012	6,611	0,515	ND
11,5-12,0	ND	ND	0,015	0,316	ND	ND

TABELA 19: Análise do extrato lixiviado (Unicamp) das amostras do Ponto 6.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,5	ND*	ND	ND	3,850	3,817	0,024
1,5-3,5	ND	ND	ND	3,168	2,037	0,020
3,5-4,5	ND	ND	ND	1,910	0,291	0,003
4,5-6,5	ND	ND	ND	2,088	0,349	ND
6,5-8,0	ND	ND	ND	2,750	0,863	0,005
8,0-11,0	ND	ND	ND	1,886	0,171	0,003
11,0-14,0	ND	ND	ND	2,109	0,868	0,003

(c) Teste de Solubilização

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo total (Cr total), zinco (Zn), níquel (Ni) e cobre (Cu).

Os valores de referência (NBR 10004 – Anexo H- Listagem nº 8) para estes parâmetros são:

- Pb: 0,05 mg/L
- Cd: 0,005 mg/L
- Cr total: 0,05 mg/L
- Zn: 5,0 mg/L
- Ni: não consta
- Cu: 1,0 mg/L

Observação: os valores em negrito, apresentados nas tabelas 20 a 25, referem-se aos valores que se encontram acima dos valores estabelecidos pela norma NBR 10004:87.

As tabelas 20 a 25 apresentam os resultados das análises dos extratos solubilizados, realizados pela Unicamp.

TABELA 20: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 1.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
Ponto 1	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-1,25	ND*	0,015	0,005	0,168	ND	0,060
1,25-1,5	ND	ND	0,010	0,010	ND	0,013
1,5-3,75	ND	0,026	0,029	0,213	ND	0,017
3,75-4,5	ND	ND	0,011	0,062	ND	0,015
4,5-5,9	ND	ND	0,018	0,399	ND	0,030

TABELA 21: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 2.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
Ponto 2	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-4,5/ARG	ND*	ND	0,020	0,074	ND	ND
0,0-4,5/ARE	ND	ND	0,019	0,052	ND	ND
4,5-7,5	ND	ND	0,022	0,025	ND	ND
7,5-10,5	ND	ND	0,019	0,057	ND	ND
10,5-13,5	ND	ND	0,020	0,053	ND	ND
13,5-16,5	ND	ND	0,021	0,053	ND	ND

TABELA 22: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 3.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
Ponto 3	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
0,0-4,5/ARG	ND*	0,021	0,131	0,109	ND	0,018
0,0-4,5/ARE	ND	0,021	0,059	0,044	ND	0,019
4,5-9,0/ARG	ND	0,029	0,032	0,083	ND	0,019
4,5-9,0/ARE	ND	0,023	0,023	0,301	ND	0,022
9,0-12,0/ARG	ND	0,023	0,028	0,039	ND	0,021

TABELA 23: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 4.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
Ponto 4						
0,0-1,5	ND	ND*	0,026	0,739	ND	ND
1,5-4,5	ND	0,023	0,027	0,123	ND	0,018
4,5-6,0	ND	ND	0,021	0,180	ND	ND
6,0-9,0	ND	ND	0,026	0,928	ND	ND
9,0-13,0	ND	ND	0,026	0,062	ND	ND

TABELA 24: Análise do extrato solubilização (Unicamp) das amostras do Ponto 5.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
Ponto 5						
0,0-1,5	ND	ND	0,025	0,107	0,013	ND
1,5-4,5	ND	ND	0,025	0,067	0,056	ND
4,5-7,5	ND	ND	0,022	0,043	0,020	ND
7,5-11,5	ND	ND	0,023	0,104	ND	ND
11,5-12,0	ND	ND	0,026	0,106	ND	ND

TABELA 25: Análise do extrato solubilizado (Unicamp) das amostras do Ponto 6.

Amostra	Concentração de metais (mg/L)					
	Pb	Cd	Cr total	Zn	Ni	Cu
Ponto 6						
0,0-1,5	0,113	ND*	0,029	0,040	0,016	ND
1,5-3,5	0,090	ND	0,026	0,070	0,151	ND
3,5-4,5	0,071	ND	0,026	0,343	0,410	ND
4,5-6,5	0,077	ND	0,029	0,136	0,041	ND
6,5-8,0	0,077	ND	0,028	0,061	ND	ND
8,0-11,0	0,085	ND	0,030	0,032	ND	ND
11,0-14,0	0,104	ND	0,034	0,027	ND	ND

A tabela 26 apresenta os resultados da análise de extratos solubilizados, realizada pela Unicamp, cujos valores em relação aos parâmetros cádmio, cromo total e chumbo, estão acima do limite estabelecido pela norma NBR 10004:87.

TABELA 26: Amostras de extrato solubilizado (Unicamp) cujos resultados estão acima do estabelecido na norma NBR 10004.

Amostra	Parâmetro	Resultado da Análise	Referência (NBR 10004)
Ponto1 (0,0-1,25)	Cádmio	0,015 mg/L	0,005 mg/L
Ponto1 (1,50-3,75)	Cádmio	0,026 mg/L	0,005 mg/L
Ponto3 (0,0-4,5 argiloso)	Cádmio	0,021 mg/L	0,005 mg/l
	Cromo total	0,131 mg/L	0,05 mg/L
Ponto3 (0,0-4,5 arenoso)	Cádmio	0,021 mg/l	0,005 mg/L
	Cromo total	0,059 mg/L	0,005 mg/L
Ponto3 (4,5-9,0 argiloso)	Cádmio	0,029 mg/L	0,005 mg/L
Ponto3 (4,5-9,0 arenoso)	Cádmio	0,023 mg/L	0,005 mg/L
Ponto3 (9,0-12,0)	Cádmio	0,023 mg/L	0,005 mg/L
Ponto4 (1,5-4,5)	Cádmio	0,023 mg/L	0,005mg/L
Ponto6 (0,0-1,5)	Chumbo	0,113 mg/L	0,05 mg/L
Ponto6 (1,5-3,5)	Chumbo	0,090 mg/L	0,05 mg/L
Ponto6 (3,5-4,5)	Chumbo	0,071 mg/L	0,05 mg/L
Ponto6 (4,5-6,5)	Chumbo	0,077 mg/L	0,05 mg/L
Ponto6 (6,5-8,0)	Chumbo	0,077 mg/L	0,05 mg/L
Ponto6 (8,0-11,0)	Chumbo	0,085 mg/L	0,05 mg/L
Ponto6 (11,0-14,0)	Chumbo	0,104 mg/L	0,05 mg/L

Foram analisadas 33 amostras de extratos solubilizados, provenientes do material coletado nos 6 pontos amostrados. Deste total, 15 amostras apresentaram concentrações de cádmio, chumbo e cromo total acima do estabelecido pela NBR 10004:87. Estes resultados classificam o material

coletado no aterro da lagoa de Carapicuíba, segundo a norma NBR 10004:87, como **Classe II - não inerte**.

Nas análises de massa bruta, alguns dos parâmetros analisados, não foram detectados, entretanto, estes mesmos parâmetros foram detectados nos extratos lixiviados e solubilizados. Isto pode ser explicado através da observação apresentada na metodologia da análise de massa bruta: *“esta metodologia de digestão é recomendada e utilizada para estudos de impactos na biota em ecossistemas aquáticos, ou seja, metais presentes no interior da partícula de silte, argila, areia, etc, não são atingidas por não terem significado ambiental (esses metais não conseguem ser utilizados pelos organismos e, por conseguinte, não participam da cadeia alimentar). Podemos inferir que o resultado obtido indica o potencial tóxico mais provável”*. Deve-se considerar também que na obtenção dos extratos, o lixiviado é submetido a uma agitação em meio ácido de 24h e no solubilizado, a amostra fica em contato com água por 7 dias. Estas duas condições de extração, em princípio, permitem uma liberação de metais, que possam estar entremeados nos materiais do solo; o que impede a comparação direta dos resultados entre matéria bruta e extratos lixiviado e solubilizado.

6.1.2 USP – São Carlos

(a) Teste de Lixiviação

Foram analisados alguns parâmetros orgânicos, como os compostos organoclorados (aldrin, gama-BHC, heptacloro, heptacloro-epóxido) e os hidrocarbonetos poliaromáticos – PAH's (acenaftileno, fluoreno, naftaleno, benzo(a)pireno), os quais juntamente com as respectivas referências (NBR 10004:87) são apresentados nas tabelas 27 a 46, a seguir.

TABELA 27: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,25-1,50).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra $\mu\text{g/L}$	Referência NBR10004 $\mu\text{g/L}$
δ -BHC	*N.D	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	1,8701	3,0
Heptacloro Epoxide	0,1849	10,0

*N.D: não detectado pelo equipamento.

*N.C: não consta na Listagem nº8 da NBR 10004.

TABELA 28: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,25-1,50).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 29: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,50-3,75).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	N.D	3,0
Heptacloro Epoxide	0,00404	10,0

TABELA 30: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(1,50-3,75).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 31: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(3,75-4,50).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra $\mu\text{g/L}$	Referência NBR 10004 $\mu\text{g/L}$
δ -BHC	0,7768	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	0,7320	3,0
Heptacloro Epoxide	0,1923	10,0

TABELA 32: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1(3,75-4,50).

PAH'S	Análise da amostra $\mu\text{g/L}$	Referência NBR 10004 $\mu\text{g/L}$
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 33: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 3(9,0-12,0).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra $\mu\text{g/L}$	Referência NBR 10004 $\mu\text{g/L}$
δ -BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	N.D	3,0
Heptacloro Epoxide	0,09038	10,0

TABELA 34: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 3(9,0-12,0).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 35: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 4(1,50-4.50).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	N.D	3,0
Heptacloro Epoxide	0,1441	10,0

TABELA 36: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 4(1,50-4.50).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 37: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5(0,0-1,5).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	7,6	10,0
Aldrin	0,0518	3,0
Heptacloro Epoxide	0,1360	10,0

TABELA 38: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5(0,0-1,5).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 39: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (1,5-4,5).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	4,6685	10,0
Aldrin	0,1449	3,0
Heptacloro Epoxide	0,0429	10,0

TABELA 40: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (1,5-4,5).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 41: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (4,5-7,5).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	N.D	3,0
Heptacloro Epoxide	0,0275	10,0

TABELA 42: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (4,5-7,5).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 43: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	10,0
Aldrin	0,0805	3,0
Heptacloro Epoxide	0,2173	10,0

TABELA 44: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 45: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (11,50-12,0).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	1,18	10,0
Aldrin	0,032	3,0
Heptacloro Epoxide	0,035	10,0

TABELA 46: Análise de PAH's do extrato lixiviado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (11,50-12,0).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

(b) Teste de Solubilização

Foram analisados alguns parâmetros orgânicos, como os compostos organoclorados (aldrin, gama-BHC, heptacloro, heptacloro-epóxido) e os hidrocarbonetos poliaromáticos – PAH's (acenaftileno, fluoreno, naftaleno, benzo(a)pireno), os quais juntamente com as respectivas referências são apresentados nas tabelas 47 a 54, a seguir.

Observação: os valores em negrito, apresentados nas tabelas 47 a 54, referem-se aos valores que se encontram acima dos valores estabelecidos pela norma NBR 10004:87.

TABELA 47: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1 (0,0-1,25).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	0,1
Aldrin	N.D	0,3
Heptacloro Epoxide	N.D	0,1

TABELA 48: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1 (0,0-1,25).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 49: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1 (4,50-5,90).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	8,06	0,1
Aldrin	N.D	0,3
Heptacloro Epoxide	N.D	0,1

TABELA 50: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 1 (4,50-5,90).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 51: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 4 (1,50-4,50).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
δ-BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	0,1
Aldrin	N.D	0,3
Heptacloro Epoxide	0,1082	0,1

TABELA 52: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 4 (1,50-4,50).

PAH'S	Análise da amostra µg/L	Referência NBR 10004 µg/L
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

TABELA 53: Análise de Pesticidas Organoclorados do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).

Parâmetro Pesticidas Organoclorados	Análise da amostra $\mu\text{g/L}$	Referência NBR 10004 $\mu\text{g/L}$
δ -BHC	N.D	N.C
Heptacloro	N.D	0,1
Aldrin	N.D	0,3
Heptacloro Epóxide	0,1206	0,1

TABELA 54: Análise de PAH's do extrato solubilizado (USP-São Carlos) da amostra Ponto 5 (7,50-11,50).

PAH'S	Análise da amostra $\mu\text{g/L}$	Referência NBR 10004 $\mu\text{g/L}$
Naftaleno	N.D	N.C
Acenaftileno	N.D	N.C
Fluoreno	N.D	N.C
Benzo(a)pireno	N.D	N.C

A tabela 55 apresenta as amostras de extrato solubilizado, analisadas pela USP-São Carlos, cujos resultados, em relação aos parâmetros heptacloro e heptacloro epóxide, estão acima do estabelecido pela norma NBR 10004:87.

TABELA 55: Amostra de extrato solubilizado (USP- São Carlos) cujo resultado se encontra em desacordo com a NBR 10004.

Amostra	Parâmetro	Resultado da Análise	Referência (NBR 10004)
Ponto 1 (4,50-5,90)	Heptacloro	8,06 µg/L	0,1000 µg/L
Ponto 4 (1,50-4,50)	Heptacloro Epóxide	0,1082 µg/L	0,1000 µg/L
Ponto 5 (7,5-11,5)	Heptacloro Epóxide	0,1206 µg/L	0,1000 µg/L

Os resultados da tabela 55 classificam o material analisado, proveniente do aterro da Lagoa de Carapicuíba, como **Classe II – não inerte**. Foram analisadas amostras dos pontos 1, 4 e 5.

6.1.3 Analytical Solutions

(b) Teste de Lixiviação

Foi analisado o parâmetro chumbo (Pb). O valor de referência (NBR 10004 – Anexo H- Listagem nº 8) encontra-se inserido nas tabelas 56 a 61, a seguir, juntamente com os resultados obtidos nos testes.

TABELA 56: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 1.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto1 (0,0-1,25)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto1 (1,50-3,75)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto1 (3,75-4,50)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto1 (4,50-5,90)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado

TABELA 57: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 2.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto2 (0,0-4,5 arenoso)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto2 (0,0-4,5 argiloso)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto2 (7,50-10,50)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto2 (10,50-13,50)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto2 (13,50-16,50)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado

TABELA 58: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 3.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto3 (0,0-4,5 arenoso)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto3 (0,0-4,5 argiloso)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto3 (4,5-9,0 arenoso)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto3 (4,5-9,0 argiloso)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto3 (9,0-12,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado

TABELA 59: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 4.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto4 (0,0-1,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto4 (1,5-4,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto4 (4,5-6,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto4 (6,0-9,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto4 (9,0-13,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado

TABELA 60: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 5.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto5 (0,0-1,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto5 (1,5-4,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto5 (4,5-7,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto5 (7,5-11,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto5 (11,5-12,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado

TABELA 61: Análise do extrato lixiviado (Analytical Solutions) do Ponto 6.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto6 (0,0-1,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto6 (1,5-3,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto6 (3,5-4,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto6 (4,5-6,5)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto6 (6,5-8,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto6 (8,0-11,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado
Ponto6 (11,0-14,0)	Chumbo	5,0 mg/L	Não detectado

(b) Teste de Solubilização

Foram analisados os parâmetros chumbo (Pb) e cromo total (Cr total). Os valores de referência (NBR 10004 – Anexo H- Listagem nº 8) encontram-se inseridos nas tabelas 62 a 67, a seguir, juntamente com os resultados obtidos nos testes.

Observação: os valores em negrito, apresentados nas tabelas 62 a 67, referem-se aos valores que se encontram acima dos valores estabelecidos pela norma NBR 10004:87

TABELA 62: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto1.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto1 (0,0-1,25)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto1 (1,25-1,50)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto1 (1,50-3,75)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	0,111 mg/L
Ponto1 (3,75-4,50)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto1 (4,50-5,90)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado

TABELA 63: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto2.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto2 (0,0-4,5 arenoso)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto2 (0,0-4,5 argiloso)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto2 (4,5-7,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto2 (7,5-10,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto2 (10,5-13,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto2 (13,5-16,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado

TABELA 64: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 3.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto3 (0,0-4,5 arenoso)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto3 (0,0-4,5 argiloso)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto 3 (4,5-9,0 arenoso)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto3 (4,5-9,0 argiloso)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto3 (9,0-12,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado

TABELA 65: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 4.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto4 (0,0-1,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto4 (1,5-4,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
	Cádmio	0,005 mg/L	Não detectado
Ponto4 (4,5-6,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto4 (6,0-9,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto4 (9,0-13,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado

TABELA 66: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 5.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto5 (0,0-1,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto5 (1,5-4,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto5 (4,5-7,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	0,022
Ponto5 (7,5-11,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto5 (11,5-12,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado

TABELA 67: Análise do extrato solubilizado (Analytical Solutions) do Ponto 6.

Amostra	Parâmetro	Referência (NBR 10004)	Resultado da Análise
Ponto6 (0,0-1,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto6 (1,5-3,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto6 (3,5-4,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto6 (4,5-6,5)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto6 (6,5-8,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto6 (8,0-11,0)	Chumbo	0,05 mg/L	Não detectado
	Cromo total	0,05 mg/L	Não detectado
Ponto6 (11,0-14,0)	Chumbo	0,05 mg/L	0,891
	Cromo total	0,05 mg/L	0,929

A tabela 68 apresenta os resultados das análises das amostras de extrato solubilizado, realizadas pelo laboratório Analytical Solutions, cujos resultados, em relação aos parâmetros cromo total e chumbo, estão acima do estabelecido pela norma NBR 10004:87.

TABELA 68: Amostras de extrato solubilizado (Analytical Solutions) cujos resultados estão acima do estabelecido pela NBR 10004.

Amostra	Parâmetro	Resultado da Análise	Referência (NBR 10004)
Ponto 1 (1,50-3,75)	Cromo total	0,111 mg/L	0,05 mg/L
Ponto 6 (11,0-14,0)	Chumbo	0,891 mg/L	0,05 mg/L
	Cromo total	0,929 mg/L	0,05 mg/L

Os resultados apresentados na tabela 68 classificam o material depositado no aterro da Lagoa de Carapicuíba, como **Classe II – não inerte**. De um total de 33 amostras analisadas, provenientes dos 6 pontos amostrados, foram identificadas amostras classificadas como não inerte em 2 amostras, sendo que em uma delas foi observada a presença dos parâmetros cromo total e chumbo acima do permitido pela norma NBR 10004.

6.2 CETESB

As tabelas 69 e 70 apresentam os resultados das análises de massa bruta, do material coletado no aterro da lagoa de Carapicuíba pela CETESB, na

primeira e segunda campanha, respectivamente, apresentados no relatório de Monitoramento Realizado na Lagoa de Carapicuíba (MRLC, 2004).

TABELA 69: Amostragem Composta - Massa Bruta- Primeira Campanha - CETESB

Amostras	LOTE 2 OAS		LOTE 1 OLDBRECHT		LOTE 3 ANDRADE GUTIERREZ		LOTE 2 OAS CAMINHÃO		LOTE 1 OLBBRECHT CAMINHÃO		NBR 10004
Amostragem Composta (mg/kg)											
Parâmetros	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8			
Alumínio	7,61E3	4,94E3	1,03E4	7,02E3	1,22E4	1,36E4	4,81E3	5,66E3			-
Arsênio	1,86	1,67	1,14	1,41	1,67	3,10	1,09	1,44			1.000
Cádmio	<0,70	0,74	<0,70	<0,70	<0,70	0,75	<0,70	0,98			-
Chumbo	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	57,3	<50,0	<50,0			1.000
Cianeto	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2			1.000
Cobre	51,2	53,9	184,0	42,6	32,6	141,0	42,3	58,7			-
Cromo	46,9	38,6	54,9	35,5	<30,0	88,5	<30,0	34,2			-
Ferro	1,51E4	1,16E4	1,84E4	1,27E4	2,20E4	1,91E4	9,36	9,32E3			-
Fósforo total	443,0	383,0	608,0	355,0	469,0	578,0	381,0	304,0			-
Manganês	122,0	125,0	162,0	85,6	104,0	114,0	71,8	80,1			-
Mercurio	0,20	0,36	0,13	0,11	<0,10	0,40	<0,10	0,13			100
Níquel	59,4	58,0	63,0	53,6	14,1	28,3	107,0	73,1			-
Nitrogênio total	636,0	351,0	482,0	93,0	1,26E3	1,18E3	108,0	<30,0			-
Zinco	183,0	190,0	148,0	154,0	99,9	274,0	161,0	214,0			-
Amostragem Composta (µg/kg)											
Benzo(a) pireno	256	343	396	106	853	146	362	486			20
Clorofórmio	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			60.000
DDT	3,11	4,52	<2,50	<2,50	34,6	N.D.	N.D.	2,71			-
HCB	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			-
Lindano	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			-
PCB's	66,9	43,8	27,2	42,0	<20,0	43,6	<20,0	29,2			-
CCL ₄	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			6.000
Tetracloroetano	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			20.000
Tricloroetano	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			60.000
Teor de umidade	17,3	16,2	14,1	15,3	18,7	28,2	13,9	14,9			-

TABELA 70: Amostragem Composta -Massa Bruta – Segunda Campanha - CETESB

Amostras	LOTE 2 OAS	LOTE 1 OLDEBRECHT	LOTE 3 ANDRADE GUTIERREZ	LOTE 2 OAS CAMINHÃO	LOTE 1 OLBEBRECHT CAMINHÃO	NBR 10004			
Amostragem Composta (mg/kg)									
Parâmetros	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	
Alumínio	1,05E4	2,02E4	1,03E4	1,50E4	2,98E4	1,77E4	-	-	-
Arsênio	1,89	1,68	1,14	1,79	3,12	2,21	-	-	1.000
Berílio	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	-	-	1.000
Chumbo	69,6	106,0	68,9	63,7	60,7	<50,0	-	-	1.000
Cianeto	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	-	-	100
Cromo	62,8	82,0	53,3	58,8	83,5	63,7	-	-	10
Fenóis	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	-	-	-
Ferro	3,26E4	3,00E4	2,79E4	3,08E4	2,74e4	2,44E4	-	-	-
Manganês	156,0	153,0	179,0	227,0	152,0	187,0	-	-	100
Merúrio	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	-	100
Selênio	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	-	-	1.000
Vanádio	<170,0	<170,0	<170,0	<170,0	<170,0	<170,0	-	-	-
Zinco	219,0	356,0	204,0	186,0	286,0	226,0	-	-	-
Amostragem Composta (µg/kg)									
Benzo(a) pireno	131	288	474	178	129	96,6	-	-	-
DDT	4,21	38,3	5,89	4,13	11,4	4,01	-	-	-
PCB's	61,3	72,1	17,6	22,0	50,4	26,1	-	-	-

A tabela 71 apresenta os resultados das análises dos extratos lixiviados, do material coletado no aterro da lagoa de Carapicuíba pela CETESB, na primeira e segunda campanha, apresentados no relatório de Monitoramento Realizado na Lagoa de Carapicuíba (MRLC, 2004).

TABELA 71: Análise do Extrato Lixiviado – Primeira e Segunda Campanha - CETESB

Amostras	LOTE 2 OAS	LOTE 1 OLDEBRECHT	LOTE 3 ANDRADE GUTIERREZ	LOTE 2 OAS CAMINHÃO	LOTE 1 OLBEBRECHT CAMINHÃO	NBR 10004			
Amostragem Composta – Primeira Campanha (mg/L)									
Parâmetros	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	
Alumínio	0,71	0,86	0,63	1,05	<0,50	<0,50	1,22	0,65	-
Arsênio	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	5,0
Bário	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	100,0
Cádmio	0,01	0,02	0,01	0,02	<0,007	0,02	<0,007	0,01	0,5
Chumbo	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,55	<0,50	<0,50	5,0
Cromo	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	5,0
Ferro	0,67	4,34	0,15	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	-
Manganês	1,21	1,37	1,16	1,52	1,03	1,56	0,91	0,79	-
Mercúrio	0,007	0,004	0,003	0,003	0,001	0,001	0,004	0,001	0,1
Amostragem Composta – Segunda Campanha (mg/L)									
Parâmetros									
Arsênio	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	-	-
Bário	0,37	0,30	0,31	0,27	0,43	0,44	-	-	5,0
Cádmio	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-	-	100,0
Chumbo	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	-	-	0,5
Cromo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	5,0
Fluoreto	0,23	0,30	0,27	0,31	0,23	0,30	-	-	150,0
Mercúrio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	0,1
Prata	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	-	5,0
Selênio	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	-	1,0
DDT	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	0,1

A tabela 72 apresenta os resultados das análises dos extratos solubilizados, do material coletado no aterro da lagoa de Carapicuíba, pela CETESB, na primeira e segunda campanha, apresentados no relatório de Monitoramento Realizado na Lagoa de Carapicuíba (MRLC, 2004).

Observação: os valores em negrito, apresentados na tabela 72, referem-se aos valores que se encontram acima dos valores estabelecidos pela norma NBR 10004:87.

TABELA 72: Análise do Extrato Solubilizado – Primeira e Segunda Campanha (CETESB)

Amostras	LOTE 2 OAS	LOTE 1 OLDEBRECHT	LOTE 3 ANDRADE GUTIERREZ	LOTE 2 OAS CAMINHÃO	LOTE 1 OLBEBRECHT CAMINHÃO	NBR 10004			
Amostragem Composta – Primeira Campanha (mg/L)									
Parâmetros	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	
Alumínio	<0,10	0,16	<0,10	0,22	0,17	4,85	0,14	0,14	0,20
Cádmio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
Chumbo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,05
Cromo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05
Fenóis totais	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,001
Ferro	<0,02	0,09	0,89	0,43	<0,02	0,85	0,60	0,77	0,3
Manganês	0,23	0,36	1,91	2,35	0,05	0,15	0,36	0,65	0,10
Zinco	0,04	0,10	0,38	0,37	0,02	0,05	0,18	0,23	5,0
Amostragem Composta – Segunda Campanha (mg/L)									
Parâmetro									
Alumínio	0,20	0,13	0,16	<0,10	0,17	0,45	-	-	0,2
Arsênio	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	0,05
Bário	0,16	0,07	0,13	0,28	0,11	0,11	-	-	1,0
Cádmio	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	-	-	0,005
Cloreto	1,73	2,10	3,73	1,66	2,84	1,99	-	-	250,0
Cromo total	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01	-	-	0,05
Fenóis totais	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	-	-	0,001
Ferro	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	-	0,3
Fluoreto	0,57	0,58	0,59	0,60	0,72	0,62	-	-	1,5
Manganês	0,23	0,20	0,53	0,58	0,05	0,17	-	-	0,1
Mercurio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	-	0,001
Selênio	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	0,01
Sulfato	100	239	146	<100	-	<100	-	-	400,0
Zinco	0,03	<0,02	0,07	0,07	0,02	0,04	-	-	5,0
DDT	N.D.	<0,1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	0,001

Na tabela 72, observa-se que os resultados dos parâmetros alumínio, ferro e manganês estão acima dos valores estabelecidos pela norma NBR 10004:87, o que classifica o material coletado no aterro da Lagoa de Carapicuíba como **Classe II – não inerte**.

6.3 Instituto Ambiental 21

Os resultados das análises do material coletado no aterro da Lagoa de Carapicuíba, realizados pelo Instituto Ambiental 21, são apresentados nas tabelas 73 e 74.

TABELA 73: Resultados das análises do extrato lixiviado e da massa bruta (Instituto Ambiental 21).

Parâmetros	Extrato Lixiviado (mg/L)	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004	Análise de massa Bruta (mg/kg)	Limite Máximo (mg/kg) NBR 10004
Alumínio	-	-	<LQ	-
Antimônio	-	-	<LQ	-
Arsênio	<LQ	5,0	<LQ	1000
Bário	<LQ	100	<LQ	-
Berílio	-	-	<LQ	100
Cádmio	<LQ	0,5	<LQ	-
Chumbo	<LQ	5,0	32,40	1000
Cianetos	-	-	<LQ	1000
Cobalto	-	-	7,05	-
Cobre	<LQ	-	58,73	-
Cromo Hexavalente	-	-	<LQ	100
Cromo Total	<LQ	5,0	<LQ	-
Fenol	-	-	<LQ	10
Ferro	-	-	10730,00	-
Fluoretos	0,93	150	-	-
Manganês	-	-	121,00	-
Merúrio	<LQ	0,1	<LQ	100
Molibdênio	-	-	<LQ	-
Níquel	1,70	-	70,42	-
Prata	<LQ	5,0	<LQ	-
Selênio	<LQ	1,0	<LQ	100
Vanádio	-	-	<LQ	1000
Zinco	-	-	228,00	-
Benzeno	-	-	<LQ	20
Tolueno	-	-	<LQ	-
Etil Benzeno	-	-	<LQ	-
Xilenos	-	-	<LQ	-
Tricloroetano	-	-	<LQ	60
Clorofórmio	-	-	<LQ	60

Observação: os valores em negrito, apresentados na tabela 74, referem-se aos valores que se encontram acima dos valores estabelecidos pela norma NBR 10004:87.

TABELA 74: Resultados das análises do extrato solubilizado (Instituto Ambiental 21).

Parâmetros	Unidade	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004	Extrato Solubilizado
Alumínio	mg/L	0,20	<LQ
Arsênio	mg/L	0,05	<LQ
Bário	mg/L	1,00	<LQ
Cádmio	mg/L	0,005	<LQ
Chumbo	mg/L	0,05	<LQ
Cianetos	mg/L	0,10	<LQ
Cloretos	mg/L	250,0	74,34
Cobre	mg/L	1,00	0,13
Cromo total	mg/L	0,05	<LQ
Dureza	mgCaCO ₃ /L	500,0	400,0
Fenol	mg/L	0,001	<LQ
Ferro	mg/L	0,3	44,29
Fluoretos	mg/L	1,5	<LQ
Manganês	mg/L	0,1	14,00
Mercúrio	mg/L	0,001	<LQ
Nitrato	mg/L	10,0	<LQ
Prata	mg/L	0,05	<LQ
Selênio	mg/L	0,01	<LQ
Sódio	mg/L	200,0	24,20
Sulfato	mg/L	400,0	518,70
Surfactantes	mg/L	0,20	<LQ
Zinco	mg/L	5,0	13,60

A tabela 75 apresenta os resultados das análises dos extratos solubilizados, realizadas pelo Instituto Ambiental 21, cujos valores estão acima do limite estabelecido pela norma NBR 10004:87.

TABELA 75: Amostras de extrato solubilizado, analisadas pelo Instituto Ambiental 21, cujos resultados estão acima do permitido pela norma NBR 10004:87.

Parâmetros	Unidade	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004	Extrato Solubilizado
Ferro	mg/L	0,3	44,29
Manganês	mg/L	0,1	14,00
Sulfato	mg/L	400,0	518,70
Zinco	mg/L	5,0	13,60

Na tabela 75 observamos que os resultados das análises das amostras dos extratos solubilizados, realizadas pelo Instituto Ambiental 21, em relação aos parâmetros ferro, manganês, zinco e sulfato encontram-se acima do estabelecido pela norma NBR 10004:87. Dessa forma, os resultados das amostras em questão classificam o material coletado no aterro da Lagoa de Carapicuíba como **Classe II – não inerte**.

6.4 Comparação dos Resultados do ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21

Os resultados obtidos pelo ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21, constataram a presença de cádmio, cromo total, chumbo, ferro, manganês, alumínio, zinco, heptacloro, heptacloro epóxido e sulfato, acima do limite estabelecido pela norma NBR 10004:87, o que classifica o material disposto no aterro da Lagoa de Carapicuíba como **Classe II – não inerte**.

Os parâmetros em concentrações acima da NBR 10004:87 foram detectados apenas nos extratos solubilizados das análises realizadas pelo ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21.

O ICTR coletou amostras em 5 pontos do aterro da lagoa de Carapicuíba, e em 1 ponto entre o aterro e o rio Tietê, num total de 6 pontos amostrados, de onde foram coletadas 33 amostras. Em 5 pontos (1,3,4,5 e 6) foram coletadas amostras classificadas como não inerte, fazendo um total de 23 parâmetros fora do estabelecido pela NBR 10004:87.

Foram detectados 17 pontos com problemas, todos relacionados com os extratos solubilizados, ou seja, cinquenta por cento das amostras. Nesses pontos observou-se 8 ocorrências relacionadas ao elemento chumbo (Pb), 8 ao elemento cádmio (Cd), 4 ao cromo total (Cr total), uma ao composto orgânico heptacloro, e duas ao composto orgânico heptacloro epóxido; assim houve 23 desconformidades em 17 pontos, o que demonstra que em alguns pontos houve mais do que um parâmetro fora do estabelecido pela NBR 10004:87.

Em dois pontos de amostragem no aterro da Lagoa de Carapicuíba (3 e 6) foi observada a presença de material não inerte, na análise do extrato solubilizado, nas amostras de todas as profundidades coletadas. Nos pontos amostrados 1, 4 e 5, a presença de material não inerte foi observada tanto nas camadas mais superficiais, como nas mais profundas.

No ponto 1, localizado entre o aterro da lagoa e o rio Tietê, foi observada a presença do pesticida organoclorado heptacloro e dos metais pesados cádmio e cromo total, o que pode ser indicio de migração de tais elementos, do

aterro em direção ao rio Tietê, ou o contrário, migração de tais elementos e compostos do rio Tietê em direção ao aterro, uma vez que nas águas deste rio são despejados esgotos industriais, os quais contêm elevadas concentrações destes metais e pesticidas. Em relação ao heptacloro, por ser este um pesticida, as águas das chuvas podem tê-lo lixiviado das áreas onde foi aplicado, próximas ao rio Tietê ou de algum afluente seu, fazendo com chegasse até as águas do rio Tietê. Além disso, durante a formação da Lagoa houve movimentação intensa de solo devido ao processo de escavação e de retificação do rio, conforme pode ser visto na Revisão Bibliográfica. Tendo em vista a complexidade do sistema é muito difícil afirmar com apenas um ponto a origem da contaminação observada.

Os resultados das análises dos três laboratórios utilizados pelo ICTR (UNICAMP, USP-São Carlos e Analytical Solutions) de algumas amostras de um mesmo ponto e profundidade, apresentam valores diferentes. Entretanto, este fato é de ocorrência comum entre laboratórios, especialmente quando estes utilizam métodos de análise diferentes, como ocorreu com a UNICAMP e a Analytical Solutions. O laboratório da UNICAMP utilizou o método de Espectroscopia de Absorção Atômica/Chama, enquanto que o laboratório Analytical Solutions utilizou o método de Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma (ICP).

Como os sedimentos de fundo e materiais de escavação dos rios e canais da bacia hidrográfica do Alto Tietê foram considerados, pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, como "resíduos sólidos", devendo

sua manipulação e disposição ser submetidas às exigências da norma NBR 10004, tal norma foi utilizada, para efeito de comparação com resultados obtidos e apresentados neste trabalho.

Segundo FCTH (2002), *“a norma NBR 10004 foi desenvolvida e implementada com o objetivo precípua de proteger o Meio Ambiente – em especial os mananciais para abastecimento público – do lançamento indiscriminado de resíduos sólidos que resultam de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, os sedimentos e materiais de escavação do fundo dos rios e córregos não se enquadram entre os resíduos sólidos definidos pela norma, ou seja, não resultam das normas elencadas”*. A respeito do material proveniente do rebaixamento da calha do Tietê, relata ainda que *“...a disparidade entre os números apresentados pelas amostras e os limites aceitos pela norma demonstram, de forma clara, que essa norma não foi feita para caracterizar esses sedimentos e materiais”*. No caso, as amostras a que se refere o texto, são referentes a ensaios realizados pelo DAEE, onde 85% foram classificadas como não inertes, devido aos parâmetros Fe, Mn e Al (FCTH, 2002).

Entretanto, a camada superficial do leito do rio Tietê, está diretamente em contato com a água do rio, a qual recebe diariamente grande quantidade de resíduos provenientes da atividade industrial e urbana. Portanto, os sedimentos de dragagem do rio Tietê devem se enquadrar em tal norma, ao contrário do que diz o FCTH.

Como há fortes indícios de que a camada superficial do leito do rio foi depositada no aterro da Lagoa de Carapicuíba, a posição inicial da CETESB que preconizou o uso da norma NBR 10004:87 como referência na classificação do material analisado parece ser bastante coerente.

No caso de materiais de dragagem de rios e córregos naturais e sem contato com nenhum resíduo resultante de atividade urbana, industrial, agrícola e as demais descritas na NBR 10004:87, é claro que a norma não se enquadraria, todavia, parece ser o mais prudente no caso de sedimentos que tenham tido eventualmente contato com resíduos sólidos, que a NBR 10004:87 seja usada, mesmo para elementos como Fe, Al e Mn. Caso contrário, todos os resíduos industriais contendo estes elementos (Al, Fe e Mn), no extrato solubilizado deveriam ser considerados inertes, uma vez que estão em conformidade com o solo do Estado.

Entretanto, a CETESB dispõe de uma relação de valores orientadores para solos e águas subterrâneas adaptados especialmente às condições do Estado de São Paulo. Porém, estes valores referem-se apenas às concentrações de alguns elementos, contidos na massa bruta das amostras, não havendo valores orientadores para os extratos solubilizados e lixiviados, como ocorre na NBR 10004.

A tabela 76 apresenta os valores orientadores para solos no Estado de São Paulo publicados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001). Segundo este relatório, os valores de referência, alerta e intervenção indicam:

- **Valor de Referência:** indica o nível de qualidade para um solo considerado limpo ou a qualidade natural das águas subterrâneas;
- **Valor de Alerta:** indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos e águas subterrâneas, com caráter preventivo e quando excedido, requer monitoramento, identificação das fontes de poluição e seu controle;
- **Valor de Intervenção:** indica o limite de contaminação acima do qual, existe risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana, havendo necessidade de uma ação imediata na área, a qual inclui uma investigação detalhada e a adoção de medidas emergenciais, visando a minimização das vias de exposição como a restrição do acesso de pessoas à área e suspensão do consumo de água subterrânea.

TABELA 76: Valores Orientadores para Solos no Estado de São Paulo (CETESB).

Valores Orientadores* - CETESB (mg/kg)					
Parâmetro	Referência	Alerta	Intervenção Agrícola	Intervenção Residencial	Intervenção Industrial
Pb	17	100	200	350	1200
Cd	<0,5	3	10	15	40
Cr	40	75	300	700	1000
Zn	60	300	500	1000	1500
Ni	13	30	50	200	300
Cu	35	60	100	500	700

*Fonte: CETESB - Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos .

A tabela 77 apresenta os resultados das análises de massa bruta obtidos no laboratório da Unicamp (tabelas 8 a 13) destacando os valores que estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no

relatório da CETESB (CETESB, 2001). Não houve nenhuma amostra, cujo resultado estivesse acima dos valores de intervenção residencial e industrial.

TABELA 77: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos no laboratório da Unicamp, cujos valores estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

Ponto	Amostra	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr total (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Ponto 1	0,0-1,25	23,41	*ND	11,20	58,54	6,37	9,97
	1,25-1,5	13,58	*ND	14,15	60,83	5,25	7,97
	1,5-3,75	12,36	*ND	11,00	21,79	4,75	5,42
	3,75-4,5	20,02	*ND	21,78	75,15	6,77	14,04
	4,5-5,9	29,66	*ND	30,08	157,70	20,63	31,18
Ponto 2	0,0-4,5/arg.	33,71	ND	22,66	186,63	23,51	61,30
	0,0-4,5/are.	33,86	ND	21,75	179,98	21,64	57,27
	4,5-7,5	115,92	ND	25,37	202,50	22,93	56,38
	7,5-10,5	28,74	ND	25,95	168,16	18,97	54,22
	10,5-13,5	29,69	ND	23,28	175,61	19,54	48,53
	13,5-16,5	33,63	ND	22,03	178,04	18,77	56,63
Ponto 3	0,0-4,5/arg.	17,08	ND	17,28	124,74	12,84	35,14
	0,0-4,5/are.	12,45	ND	14,52	184,76	9,10	27,67
	4,5-9,0/arg.	23,61	ND	16,25	180,33	12,24	43,52
	4,5-9,0/are.	11,62	ND	12,96	90,95	4,94	25,05
	9,0-12,0/arg.	28,48	ND	26,42	73,64	19,62	67,95
Ponto 4	0,0-1,5	39,34	ND	38,24	202,17	78,46	47,32
	1,5-4,5	18,51	ND	22,76	142,34	40,10	35,09
	4,5-6,0	27,97	ND	24,31	204,96	46,48	82,21
	6,0-9,0	24,69	ND	30,89	221,67	40,14	60,34
	9,0-13,0	32,65	ND	27,26	194,37	44,16	61,87
Ponto 5	0,0-1,5	26,81	ND	21,84	248,77	63,61	61,88
	1,5-4,5	24,46	ND	23,75	166,28	61,40	50,59
	4,5-7,5	24,88	ND	23,03	306,10	61,18	56,38
	7,5-11,5	23,47	ND	24,54	264,45	62,80	59,42
	11,5-12,0	18,74	ND	19,13	140,93	10,46	36,85
Ponto 6	0,0-1,5	26,17	ND	21,00	206,50	43,46	42,03
	1,5-3,5	29,58	ND	21,10	219,36	60,40	48,38
	3,5-4,5	20,20	ND	18,59	322,64	45,89	39,30
	4,5-6,5	50,33	ND	23,19	237,27	44,18	69,60
	6,5-8,0	36,81	ND	25,98	241,71	55,80	54,25
	8,0-11,0	38,67	ND	24,88	227,30	57,81	63,59
	11,0-14,0	21,72	ND	16,64	178,38	32,77	40,87

obs: *ND = quantidade abaixo do nível de detecção do equipamento

Na tabela 77 nota-se que de 33 amostras analisadas:

- em relação ao parâmetro chumbo, 29 amostras apresentam valores acima do valor de referência e 1 amostra apresenta valor acima do valor de alerta;
- em relação ao parâmetro zinco, 31 amostras apresentam valores acima do valor de referência e 2 amostras apresentam valores acima do valor de alerta;
- em relação ao parâmetro níquel, 24 amostras apresentam valores acima do valor de referência, 11 amostras apresentam valores acima do valor de alerta e 7 amostras apresentam valores acima do valor de intervenção agrícola;
- em relação ao parâmetro cobre, 26 amostras apresentam valores acima do valor de referência e 6 amostras apresentam valores acima do valor de alerta.

A tabela 78 apresenta os resultados da análise de massa bruta realizadas pela CETESB, na primeira campanha, cujos resultados estão acima dos valores estabelecidos no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001). Foram obtidos resultados acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola.

TABELA 78: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos pela CETESB, na primeira campanha, cujos valores estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

Amostras	LOTE 2 OAS (mg/kg)		LOTE 1 OLDEBRECHT (mg/kg)		LOTE 3 ANDRADE GUTIERREZ (mg/kg)		LOTE 2 OAS CAMINHÃO (mg/kg)	LOTE 1 OLBEBRECHT CAMINHÃO (mg/kg)
	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8
Cádmio	<0,70	0,74	<0,70	<0,70	<0,70	0,75	<0,70	0,98
Chumbo	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	57,3	<50,0	<50,0
Cobre	51,2	53,9	184,0	42,6	32,6	141,0	42,3	58,7
Cromo	46,9	38,6	54,9	35,5	<30,0	88,5	<30,0	34,2
Mercúrio	0,20	0,36	0,13	0,11	<0,10	0,40	<0,10	0,13
Níquel	59,4	58,0	63,0	53,6	14,1	28,3	107,0	73,1
Zinco	183,0	190,0	148,0	154,0	99,9	274,0	161,0	214,0
DDT	3,11	4,52	<2,50	<2,50	34,6	N.D.	N.D.	2,71

Na tabela 78, ao comparar-se os resultados obtidos pela CETESB na primeira campanha com os valores orientadores para solos no Estado de São Paulo (CETESB, 2001), nota-se que:

- em relação ao parâmetro cádmio, 2 amostras estão acima do valor de referência;
- em relação ao parâmetro chumbo, os resultados da CETESB não estão claros. Sendo o valor referenciado na literatura (CETESB, 2001), para o *valor de referência* para o chumbo, de 17mg/kg, e como 7 dos resultados obtidos pela CETESB apresentam valores inferiores a 50,0mg/kg e 1 amostra, valor de 57,3mg/kg, consideramos que todas as amostras estão acima do valor de referência;

- em relação ao parâmetro cobre, 7 amostras estão acima do valor de referência, 2 amostras estão acima do valor de alerta e 2 amostras estão acima do valor de intervenção agrícola;
- em relação ao parâmetro cromo, 3 amostras estão acima do valor de referência e 1 amostra está acima do valor de alerta;
- em relação ao parâmetro mercúrio, os resultados obtidos pela CETESB indicam, em 2 pontos, valores inferiores a 0,10mg/kg, e nos demais 6 pontos, valores superiores a 0,10mg/kg. Sendo o valor referenciado na literatura (CETESB, 2001), para o *valor de referência*, de 0,05mg/kg, consideramos que todas as amostras estão acima do valor de referência;
- 6 amostras estão acima do valor de referência;
- em relação ao parâmetro níquel, 8 amostras estão acima do valor de referência, 6 amostras estão acima do valor de alerta e 6 amostras estão acima do valor de intervenção agrícola;
- em relação ao parâmetro zinco, 8 amostras estão acima do valor de referência;
- em relação ao parâmetro DDT, 4 amostras estão acima do valor de referência.

A tabela 79 apresenta os resultados da análise de massa bruta realizadas pela CETESB, na segunda campanha, cujos resultados estão acima dos valores estabelecidos no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo

(CETESB, 2001). Foram obtidos resultados acima dos valores de referência e alerta.

TABELA 79: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos pela CETESB, na segunda campanha, cujos valores estão acima dos valores de referência e alerta, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

Amostras	LOTE 2 OAS (mg/kg)		LOTE 1 OLDEBRECHT (mg/kg)		LOTE 3 ANDRADE GUTIERREZ (mg/kg)		LOTE 2 OAS CAMINHÃO (mg/kg)	LOTE 1 OLBEBRECHT CAMINHÃO (mg/kg)
	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8
Chumbo	69,6	106,0	68,9	63,7	60,7	<50,0	-	-
Cromo	62,8	82,0	53,3	58,8	83,5	63,7	-	-
Fenóis	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5	-	-
Mercúrio	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	-
Zinco	219,0	356,0	204,0	186,0	286,0	226,0	-	-
DDT	4,21	38,3	5,89	4,13	11,4	4,01	-	-

Na tabela 79, ao comparar-se os resultados obtidos pela CETESB na segunda campanha, em relação aos valores orientadores para solos do Estado de São Paulo (CETESB, 2001), nota-se que:

- em relação ao parâmetro chumbo, 5 amostras estão acima do valor de referência e 1 amostra está acima do valor de alerta;
- em relação ao parâmetro cromo, 6 amostras estão acima do valor de referência e 2 amostras estão acima do valor de alerta;
- em relação ao parâmetro fenol, os resultados obtidos pela CETESB indicam valores inferiores a 3,5 mg/kg. Sendo o valor referenciado na literatura (CETESB, 2001), para o *valor de referência*, de 0,3mg/kg, consideramos que todas as amostras estão acima do valor de referência;

- em relação ao parâmetro mercúrio, os resultados obtidos pela CETESB indicam, em 5 pontos, valores inferiores a 0,10 mg/kg, e em 1 ponto valor de 0,15mg/kg. Sendo o valor referenciado na literatura (CETESB, 2001), para o *valor de referência*, de 0,05mg/kg, consideramos que todas as amostras estão acima do valor de referência;
- em relação ao parâmetro zinco, 6 amostras estão acima do valor de referência e 1 amostra está acima do valor de alerta;
- em relação ao parâmetro DDT, 6 amostras estão acima do valor de referência.

A tabela 80 apresenta os resultados da análise de massa bruta realizadas pelo Instituto Ambiental 21, cujos resultados estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, estabelecidos no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

TABELA 80: Destaque dos resultados das análises de massa bruta obtidos pelo Instituto Ambiental 21, cujos valores estão acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

Parâmetro	Análise de massa Bruta (mg/kg)
Chumbo	32,40
Cobre	58,73
Níquel	70,42
Zinco	228,00

Na tabela 80, ao comparar-se os resultados obtidos pelo Instituto Ambiental 21, em relação aos valores orientadores para solos do Estado de São Paulo (CETESB, 2001), foram detectados os parâmetros: chumbo, cobre, níquel e zinco, cujos resultados estão acima do valor de referência, e o parâmetro níquel cujo resultado está também acima dos valores de alerta e intervenção agrícola. Não foram obtidos resultados acima dos valores de intervenção residencial e industrial.

Ao comparar-se os resultados das análises de massa bruta realizadas pelo ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21, com o Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001), constata-se que alguns parâmetros analisados nas amostras coletadas apresentam valores acima dos valores de referência, alerta e intervenção agrícola, o que indica, segundo o relatório de valores orientadores para solos, da CETESB, que o material coletado no aterro da Lagoa de Carapicuíba, excedeu o limite de qualidade para ser considerado um solo limpo (limite de referência), indica uma possível alteração da qualidade natural do solo, e como foi excedido seu limite (limite de alerta), deve ser feito o monitoramento das águas subterrâneas, controlando as fontes de poluição, e como o limite de intervenção agrícola também foi excedido, a área pode ser declarada como contaminada, pois existe risco de efeito deletério sobre a saúde humana, apesar dos limites de intervenção residencial e industrial, não terem sido excedidos.

O DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, responsável pelas obras de rebaixamento da calha do rio Tietê, segundo o jornal Notícias da Manhã de Guarulhos (on line) de 01/04/2004, também recebeu licença da CETESB para depositar material inerte de acordo com a NBR 10004, proveniente da dragagem do rio Tietê, no aterro da empresa Claro Terraplana, no bairro do Lavras, no município de Guarulhos. Devido à denúncias na imprensa de que o material disposto em tal aterro não se enquadrava na classificação da NBR 10004:87, como inerte, amostras do material foram enviadas para serem analisadas pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

Segundo o Laudo do IPT, foram detectadas as presenças dos parâmetros alumínio, ferro, manganês e benzo-a-pireno, em concentrações que classificam o material depositado no aterro da Claro Terraplanagem, segundo a norma NBR 10004:87, como **Classe II. – não inerte**. O parâmetro benzo-a-pireno, segundo o Laudo do IPT, é encontrado em várias substâncias distintas, como no óleo diesel e no óleo de motores.

Os resultados do Laudo do IPT reforçam que o DAEE depositou material não inerte, segundo a NBR 10004:87, em um aterro licenciado para receber apenas material inerte, de acordo com a NBR 10004, como ocorreu no aterro da Lagoa de Carapicuíba.

7. CONCLUSÕES

1. A presença de plástico, madeira e outras formas de constituintes do resíduo urbano domiciliar, no material depositado na Lagoa de Carapicuíba, é forte indício de que em praticamente todos os níveis do depósito (aterro) houve disposição de material proveniente da parte mais superficial do leito do rio Tietê, proveniente da dragagem do mesmo. Como a parte superficial do leito está diretamente em contato com a água do rio, esta é a porção que potencialmente contém os contaminantes depositados no rio Tietê, o que sugere a disposição de material com a presença de contaminantes no aterro da Lagoa de Carapicuíba.
2. Os resultados das análises das amostras coletadas no aterro da Lagoa de Carapicuíba, pelo ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21, apresentados neste trabalho, revelou a presença de pesticidas organoclorados e metais pesados em concentrações acima das permitidas na norma NBR 10004:87, nos extrato solubilizados, provenientes dos sedimentos analisados. Assim sendo, conclui-se que tais materiais classificam-se como **Classe II – não inerte**.
3. Os materiais coletados pelo ICTR, CETESB e Instituto Ambiental 21, quando das análises de massa bruta, também apresentaram concentrações de metais pesados, acima dos valores de referência, valores de alerta e valores de intervenção agrícola, referenciados no

Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - CETESB. Isto indica que, de acordo com tal relatório, os materiais coletados no aterro da Lagoa de Carapicuíba apresentam alteração em relação à qualidade natural do solo, requerendo monitoramento e controle, uma vez que é sugestionado risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBIENTE, revista ambiental. Disponível em :
<http://www.brasil.terraviva.pt/albufeira/1950/Poluição%20do%20solo.htm>
. Acesso em: julho de 2003.
- APHA, AWWA, WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, part 3111 - Metals by flame atomic absorption spectrometry, 20 ed. 1998.
- ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for chromium**. Syracuse: U.S. Department of Health & Human Services, 2000.
- ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Annual report - 1995**. Lead. Disponível em:
<http://www.atsdr.cdc.gov> . Acesso em: outubro de 2003.
- ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for lead**. Atlanta, 1993. 307 p.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta: ATSDR, 1997. 347 p.
- BARROS, M.T.L. - As Obras Hidráulicas do Departamento de águas e Energia Elétrica – DAEE na Bacia do Alto Tietê. Workshop: Barragens, Desenvolvimento e meio Ambiente, São Paulo, 14-16 de fevereiro de 2000.

- BELLINGER, D.; SCHWARTZ, J. Effects of lead in children and adults. In: STEELAND, K.; SAVITZ, D. A. A. (Eds.). **Topics in environmental epidemiology**. New York: Oxford University Press, 1997. cap. 14, p. 314-349.
- CARDOSO, L.M.N.; CHASIN, A.A.M. – Ecotoxicologia do Cádmio e Seus Compostos, v.6, 122p., Salvador, 2001.
- CERCASOV, V.; PANTELICA, A.; SALAGEAN, M.; SCHREIBER, H. Comparative Evaluation of Some Pollutants in the Airborne Particulate Matter in Eastern and Western Europe: Two-city Study, Bucharest-Stuttgart. **Environ. Poll.**, v. 101, p.331-337, 1998.
- CETESB, Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, São Paulo, p.80, 2001.
- CETESB, Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solos/areas_contaminadas/manual.asp. Acesso em: julho/2003.
- CHAVES, A.P.; CASADEI, S.D.; DEBIAZZI, D.N. – The Tietê River's Bottom Sediments Dredging And The Use Of The Sand Contained In. In: Global Symposium On Recycling, Waste Treatment And Clean Technology. REWAS'99. Volume I, p.327-336. 1999.
- CUNHA, F. G.; FIGUEIREDO, B. R.; PAOLIELLO, M. M. B.; DE CAPITANI, E. M. **Contaminação humana por chumbo no alto Vale do**

- Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná, Brasil.** Rio de Janeiro, 2001. Em fase de publicação.
- EREL, Y.; DUBOWSKI, Y.; HALICZ, L.; EREZ, J.; KAUFMAN, A. Lead concentrations and isotopic ratios in the sediments of the Sea of Galilee. **Environ. Sci. Technol.**, v. 35, n. 2, p. 292-299, 2001.
 - EPA – Environmental Protection Agency. , SW 846 - Manual, Chapter One: Quality Control . Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/chap1.pdf>. Acesso em: julho/2003.
 - IPCS – International Programme On Chemical Safety. Heptachlor. Environmental Health Criteria, 38, Geneva, p. 59-61, 1984.
 - FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, “Caracterização Geoquímica dos Solos da Bacia do Alto Tietê”, São Paulo, 2002.
 - GROSSI, M. G. L. **Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas.** 1993. 222 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.
 - HEITZMANN JUNIOR, J. F. **Alterações na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na Bacia do Rio Piracicaba, São Paulo, Brasil.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999. p. 35-52. Síntese de tese n. 9.

- LAUDO DE CLASSIFICAÇÃO, Amostra de Solo extraída do Aterro da lagoa de Carapicuíba – São Paulo. Instituto Ambiental 21. S.D.
- LIMA, I. V. - Capítulo 9 - Heptacloro, Poluentes Orgânicos Persistentes, CRA – Centro de Recursos Ambientais, p.343 – 383, Salvador, 2002.
- MADOULET, A.J.; ABARNOU, A.; LE GUELLEC, M.; LOIZEAU,V. ; LEBOULENGER, F. - “ Validation of analytical procedure for polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental samples”. Elsevier: Journal of Cromatography, p.153-173, 2000.
- MARTINS, D.I.; Curso de Especialização em Medicina do Trabalho, Toxicologia Ocupacional. CEDAS. São Paulo, S.D.
- MICROBIOLOGIA AMBIENTAL – Metais Pesados. Disponível em : <http://www.geocities.com/RainForest/2038/diversos/metalsp.htm> . Acesso em 10 de agosto de 2004.
- MRLC – relatório de Monitoramento Realizado na Lagoa de Carapicuíba. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/meio_ambiente/bacias/aprofundamento_calha.asp . Acesso em: 04 de agosto de 2004.
- Norma NBR 10004, Resíduos Sólidos, ABNT, 1987.
- Norma NBR 10005, Lixiviação de Resíduos, ABNT, 1987.
- Norma NBR 10006, Solubilização de Resíduos, ABNT, 1987.

- Notícias da Manhã de Guarulhos (jornal on-line), edição 394 de quinta-feira, 01 de abril de 2004. Disponível em : <http://www.noticiasdamanha.com.br> .
- O Livro do Rio Tietê. Obra patrocinada pela CESP e Pirelli, Estúdio Ro, 167p., 1991.
- PAOLIELLO, M.M.B.; CHASIN, A.A.M. – Ecotoxicologia do Chumbo e Seus Compostos. Série Cadernos de Referência Ambiental, v.3, Salvador, 2001, 144p.
- PMC – Prefeitura Municipal de Carapicuíba, em Região Administrativa. Disponível em: <http://www.carapicuiiba.sp.gov.br/regiao.htm> . Acesso em: 08 de julho de 2004.
- PARECER TÉCNICO 13/03/ESSS/ESS/E/EEQ, CETESB, assunto: Caracterização Geoquímica dos Solos da Bacia do Alto Tietê, DE 11/06/2003.
- PRATES, B.; ANDERSON, M. A. A 96-hour bioassay of Otter Creek. J. Water Pollut. Control Fed., v. 49, p. 2090-2106, 1977.
- TABOLT, V. Lead and other trace metal in the sediments and selected biota of Princess Royal Harbour, Abany, Western Australina. Enviromental Pollution (Series B), 5, p.35-49, Britain, 1983.
- TORRES, J.P.M.; Malm, O., Viera, E.D.R.; Japenga, J.; Koopmans, G.F. – Organic Micropollutants on River Sediments from Rio de Janeiro State, Southeast, Brazil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.18, n.2, p.477-488, 2002.

- SILVA, C.S.; PEDROZO, M.F.M. – Ecotoxixologia do Cromo e Seus Compostos. Série Cadernos de Referência Ambiental. Salvador, 2001, v.5, 100p.
- UNILIVRE. Disponível em:
<[http:// www.unilivre.org.br/centro/textos/Forum/metal.htm](http://www.unilivre.org.br/centro/textos/Forum/metal.htm)>. Acesso em: 10 de agosto de 2004.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chromium**. Geneva, 1988. (Environmental Health Criteria, 61).
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cadmium**. Geneva, 1992. (Environmental Health Criteria 134).
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. IPCS. **Environmental health criteria 165** - inorganic lead. Geneva, 1995. 300 p. Publish under the joint sponsorship of the United Nations Environment Program, the International Labour Organization, and the World Health Organization.