

0072/99

Class	
Aut	
Titulo	

# Universidade de São Paulo

## Escola de Engenharia de São Carlos

**AVALIAÇÃO DO USO DE ATERROS, COMO ALTERNATIVA PARA  
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E  
INDUSTRIAIS.**



***José Ferreira Assis***

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.



Orientador :  
Prof<sup>o</sup> Dr. José Roberto Campos.

São Carlos - SP.  
1999

Clas.	TESE
Crit.	0426
Tombo	0072/99

311 0000 6918

S/S 1031135

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A843au

Assis, José Ferreira

A848a

Avaliação do uso de aterros, como alternativa para  
disposição de resíduos sólidos domiciliares e  
industriais / José Ferreira Assis. -- São Carlos,  
1999.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de  
São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Campos.

1. Resíduos sólidos domiciliares. 2. Resíduos  
sólidos industriais. 3. Vazadouro. 4. Aterro.  
5. Gerenciamento de resíduos. 6. Impactos negativos.  
I. Título.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

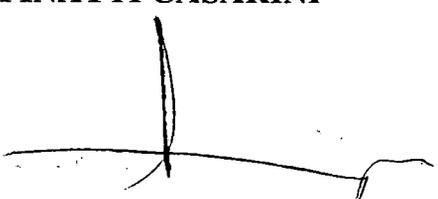
Candidato: Engenheiro **JOSÉ FERREIRA ASSIS**

Dissertação defendida e aprovada em 19-2-1999  
pela Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **JOSÉ ROBERTO CAMPOS (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Doutor **VALDIR SCHALCH**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

  
\_\_\_\_\_  
Doutora **DOROTHY CARMEN PINATTI CASARINI**  
(CETESB-SP)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**  
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento ;

  
\_\_\_\_\_  
**JOSÉ CARLOS A. CINTRA**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

*"O que ocorrer com a terra,  
recairá sobre os filhos da terra.  
Há uma ligação em tudo".*

*Chefe Seattle. 1854.*

*Dedico aos meus avós José Ferreira da Silva e Maria Ferreira Dias, "in Memoriam", que me ajudaram a começar tudo.*

*A minha esposa Regina, as minhas filhas Nádia e Débora que estão sempre do meu lado.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Ao Professor José Roberto Campos pela orientação e incentivo.*

*Ao Professor Valdir Schalch pela ajuda na definição do tema.*

*Ao Professor Marcelo Pereira de Souza, pelo incentivo.*

*À Pavi e Sá do Departamento de Hidráulica e Saneamento, pelo apoio.*

*À CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, pela cessão do tempo para cursar disciplinas.*

*À Prefeitura Municipal de Piracicaba, pela cessão de dados do Aterro "Pau Queimado".*

*À CETRESOL - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais, pela cessão do uso de dados do seu projeto.*

*Ao Eng<sup>o</sup> Moraci Gonçalves de Oliveira, pela ajuda nos comentários sobre os dados de monitoramento.*

*À Débora, minha filha, pela valiosa ajuda na organização e montagem deste trabalho.*

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	iv
Lista de Tabelas .....	v
Lista de Siglas , Abrevedaturas e Símbolos .....	vi
Resumo .....	vii
Abstract .....	viii
1 - Introdução .....	1
2 - Objetivos .....	6
3 - Revisão bibliográfica .....	7
3.1 - Generalidades .....	7
3.2 - Aterro de resíduos sólidos domiciliares e industriais .....	7
3.3 - Legislação .....	9
3.4 - Normas .....	10
3.4.1 - Resíduos sólidos industriais .....	10
3.4.2 - Aterros industriais .....	23
3.4.3 - Poços de monitoramento e amostragem .....	28
3.4.4 - Aterros sanitários .....	31
3.5 - Líquidos percolados .....	33
3.6 - Discussão da revisão bibliográfica .....	41

4 - Materiais e métodos .....	45
5 - Estudos de caso .....	46
5.1 - Aterro sanitário " Pau Queimado" .....	46
5.1.1 - Histórico do empreendimento .....	47
5.1.2 - Localização da área .....	50
5.1.3 - Geologia e hidrologia local .....	52
5.1.4 - Resultados do monitoramento efetuado pela CETESB e pelo empreendedor .....	53
5.1.5 - Discussão dos resultados - Águas superficiais .....	58
5.1.6 - Discussão dos resultados - Águas subterrâneas .....	61
5.1.7 - Discussão do empreendimento .....	64
5.2 - CETRESOL - Central de tratamento de resíduos sólidos industriais .....	69
5.2.1 - Histórico do empreendimento .....	70
5.2.2 - Escolha da área .....	72
5.2.3 - Localização da área .....	73
5.2.4 - Geologia local .....	77
5.2.5 - Hidrogeologia local .....	80

5.2.6 - Características do empreendimento .....	84
5.2.6.1 - Aspectos construtivos .....	85
5.2.6.2 - Impermeabilização das valas .....	88
5.2.6.3 - Drenagem superficial .....	91
5.2.6.4 - Drenagem sub-superficial .....	91
5.2.6.5 - Sistema de tratamento de percolado .....	92
5.2.6.6 - Gerenciamento do empreendimento .....	93
5.2.6.7 - Monitoramento das águas superficiais e subterrâneas .....	95
5.2.6.8 - Plano de encerramento do aterro .....	96
5.2.7 - Pareceres de instituições científicas .....	96
5.2.8 - Discussão do empreendimento .....	109
6 - Conclusões e recomendações .....	112
Anexos .....	114
Anexo A .....	115
Anexo B .....	119
7 - Referências bibliográficas .....	123

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Perfil esquemático de um poço de monitoramento .....	29
Figura 3.2 - Esquema de disposição de poços de monitoramento .....	30
Figura 4.1 - Vista aérea da área do aterro "Pau Queimado" no início da recuperação .....	49
Figura 4.2 - Mapa de localização do aterro sanitário "Pau Queimado" ..	51
Figura 4.3 - Vista do topo do aterro em fase de acabamento .....	66
Figura 4.4 - Vista de uma célula em preparo para colocação de canaletas de águas superficiais .....	66
Figura 4.5 - Vista de célula acabada, dreno de gás e célula em operação ...	67
Figura 4.6 - Sequência de células em operação, acabadas e dreno de gás ...	67
Figura 4.7- Aterro sanitário "Pau Queimado" vista aérea no final da utilização .....	68
Figura 4.8 - Mapa de localização do aterro industrial da CETRESOL em relação ao Estado de São Paulo e ao Brasil .....	75
Figura 4.9- Mapa de localização do aterro industrial da CETRESOL em relação aos corpos hídricos e rodovias de acesso .....	76
Figura 4.10 - Mapa geológico do local do aterro da CETRESOL .....	79
Figura 4.11 - Características geológicas e hidrogeológicas da área .....	83
Figura 4.12 - Esquema de distribuição das valas no aterro industrial da CETRESOL .....	87
Figura 4.13 - Célula típica - resíduos classe I - aterro industrial da CETRESOL .....	89
Figura 4.14 - Célula típica - resíduos classe II - aterro industrial da CETRESOL .....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Concentrações máximas de poluentes na massa bruta de resíduos que são utilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente - França para classificação de resíduos .....	. 17
Tabela 3.2 - Concentração mínima para caracterizar o resíduo como perigoso .....	. 18
Tabela 3.3 - Concentração - limite máximo de poluentes no extrato obtido em teste de lixiviação .....	. 19
Tabela 3.4 - Padrões para teste de solubilização .....	. 21
Tabela 3.5 - Comparação na composição de líquidos percolados de acordo com idade de aterros sanitários, situados no Canadá .....	. 34
Tabela 3.6 - Variação na composição de líquidos percolados gerados em aterros sanitários de diferentes locais e idades .....	. 38
Tabela 4.1 - Resultados de monitoramento das águas superficiais .....	. 54
Tabela 4.2 - Resultados de monitoramento das águas subterrâneas .....	. 57
Tabela 4.3 - Quadro hidrogeológico da área em estudo .....	. 81

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARIP	Aterro de Resíduos Industriais Perigosos
ASTM	American Society For Testing and Material
BTX	Benzeno, Tolueno e Xileno
CADRI	Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CETRESOL	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
CL <sub>50</sub>	Concentração Letal 50 %
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAIA	Departamento de Análise de Impacto Ambiental
DBO	Demanda Bioquímica Orgânica
DL <sub>50</sub>	Dose Letal para 50 % de animais testados
DQO	Demanda Química Orgânica
EPA	Agência de Proteção Ambiental (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
GLR	Geotechnics of Landfill Design and Remedial Works Technical Recommendations - 1993
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas - São Paulo
K	Coefficiente de Permeabilidade
NA	Nível de Água
NACE	National Association Corrosion Engineers
NBR	Norma Brasileira
OD	Oxigênio Dissolvido
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PN	Projeto de Norma
PVC	Polyvinil Chloride (Cloro de Polivinila)
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente - São Paulo
TL	Teste de Lixiviação
TOX	Total Organics Halogen (Orgânicos Totais Halogenados)
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo

## RESUMO

A elaboração de projetos de aterros de resíduos sólidos industriais e/ou domiciliares, bem como sua operação e manutenção, requerem aplicação de métodos adequados, obediência a normas e leis. Este trabalho, discute e avalia a utilização de aterros, enquanto projeto e obra de engenharia, como uma das alternativas viáveis para se dispor resíduos sólidos urbanos e industriais, com segurança. No seu desenvolvimento, são apresentados dois estudos de caso, contemplando duas vertentes distintas da questão: o aterro sanitário do Município de Piracicaba-SP-BRASIL, que iniciou sua vida útil como vazadouro e foi encerrado, como aterro controlado, obedecendo Normas e Leis. O outro estudo de caso, o projeto do aterro industrial da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais, também localizado no município de Piracicaba-SP, foi concebido de acordo com as normas e legislação vigentes, contemplando as mais modernas técnicas de engenharia com vistas à segurança no manejo dos resíduos a serem aterrados, além de ter passado por processo de discussão com as partes interessadas, antes e durante a elaboração do projeto. Como resultado final, a apresentação das normas mais recentes sobre o assunto e a discussão dos dois estudos de caso, esse trabalho poderá contribuir para tomada de decisão de municípios onde a questão dos resíduos sólidos ainda não esteja resolvida, como era o caso de Piracicaba-SP, bem como mostra o roteiro para elaboração de projetos de aterros de resíduos sólidos industriais e domiciliares, respeitando normas e leis.

Palavras-chave: resíduos sólidos domiciliares; resíduos sólidos industriais; vazadouro; aterro; gerenciamento de resíduos; impactos negativos.

## ABSTRACT

The working up of industrial and/or municipal solid waste landfill projects, as well as their operation, require application of adequate methods and compliance with principles and laws. This work considers and evaluates the landfill use, as project and engineering work, like one of the viable alternatives to dispose, in a safe way, urban and industrial solid waste. During the development of this work, two studies are shown, according to two themes : the landfill of Piracicaba-SP BRASIL, that was first created as dump and it was closed as controlled landfill, complying with Principles and Laws; and the other study is the project of industrial landfill of CETRESOL - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais, which is also located in Piracicaba-SP. It is done according to the actual principles and laws, using the most modern engineering techniques, aiming the safety of the residue management to be landfilled, besides having passed through a discussion procedure between both interested parties, before and during the elaboration of the project. Besides the presentation of the newest principles about this issue and the discussion of two study cases, this work might help districts, where solid waste subject hasn't been solved yet, to take decisions, as well as it shows the rules to elaborate industrial and municipal waste landfill projects, according to principles and rules.

**KEY WORDS :** Municipal solid waste; industrial solid waste; dump; landfill; residue management; negative impacts.

## 1- INTRODUÇÃO

A humanidade gera diariamente milhões de toneladas de resíduos de todas as naturezas (sólidos, líquidos e gasosos), como consequência dos avanços tecnológicos e das mais variadas atividades antrópicas desenvolvidas para sustentar a vida na terra. Essa tendência é observada, com maior ênfase, principalmente a partir da segunda metade deste século. Tais avanços, propiciam ao homem um crescente aumento dos bens de consumo e mais conforto, ao mesmo tempo em que aumentam os riscos ao equilíbrio químico e biológico das águas, do ar e do solo.

O manejo inadequado dos resíduos sólidos contribui de forma decisiva para o agravamento dos problemas ambientais, principalmente nos grandes centros urbanos. No Brasil, como em todo o mundo, a tendência é priorizar o uso, tratamento e proteção da água e do ar, por afetarem de imediato a saúde pública.

Entretanto, a ocorrência de episódios com efeito na saúde pública e no meio ambiente, tem aumentado a preocupação em relação à poluição do solo, e tem pressionado vários países, a desenvolver e adotar políticas de gestão e legislações efetivas, critérios de qualidade de solos e procedimentos de avaliação de riscos, a fim de proteger as águas subterrâneas.

De maneira diferenciada, com relação à poluição do ar e das águas superficiais, para a poluição do solo não existe uma abordagem internacional padronizada, em função de sua natureza complexa e variável, sendo o solo um bem econômico de propriedade privada. A CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental está propondo para o Estado de São Paulo, uma combinação entre as metodologias Holandesa e dos Estados Unidos, para a gestão da proteção da qualidade dos solos, águas subterrâneas e minimização do risco à saúde pública, decorrente das áreas contaminadas por disposição e/ou manejo inadequado de resíduos sólidos.

Em geral, as políticas de gestão e controle de poluição do solo e águas subterrâneas, têm alcançado, a cada dia, uma perspectiva mais ampla. Muitos países têm se conscientizado que a redução do risco é a principal meta a ser atingida. Entretanto, encontrar e aplicar uma solução torna-se um processo em que interesses econômicos e ambientais devem ser equilibrados.

Atualmente, já se maneja, em um número significativo de localidades, os resíduos sólidos industriais separadamente dos resíduos sólidos urbanos, o que não ocorria até recentemente, fazendo com que os aterros sanitários servissem para receber todos os tipos de resíduos, aumentando ainda mais o risco de contaminação do solo e das águas, devido às exigências de proteção ao meio ambiente serem bem mais brandas para estes aterros.

Esse fato, teve como consequência a geração de inúmeras áreas contaminadas, principalmente no Estado de São Paulo, onde é maior a concentração industrial e urbana. A recuperação total dessas áreas não é mais possível na maioria dos casos e mesmo a recuperação parcial é extremamente onerosa e operacionalmente difícil.

De acordo com levantamento feito pela CETESB, (ALVES, 1996 apud CASARINI et alii), existem somente na Região Metropolitana de São Paulo, 2300 áreas industriais potencialmente contaminadas e 116 lixões, onde foram dispostos

inadequadamente resíduos sólidos domésticos e industriais. Deste total, 800 são indústrias desativadas, localizadas em zonas urbanas em contato direto com áreas residenciais. Com base em padrões internacionais, foi avaliado que 150 áreas estão contaminadas, sendo 45 postos de gasolina, 67 lixões e 38 áreas industriais.

Os aterros são empreendimentos que devem merecer estudos previamente à sua implantação. No caso do Estado de São Paulo, desde 1994, se elabora o Relatório Ambiental Preliminar - RAP, conforme resolução da Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SMA 42/94, de 29/12/94. O relatório elaborado pelo empreendedor, é submetido à análise da SMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente, que decide pela realização ou não do EIA - Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo RIMA - Relatório de Impacto Ambiental, que é previsto na Resolução Nº 001 de 23/01/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Este estudo, uma vez elaborado também é submetido à apreciação da SMA.

Após receber o parecer da SMA, o empreendedor elabora projeto executivo que é submetido ao Órgão de Controle Ambiental para efeito de obtenção das devidas licenças ambientais (Licença de Instalação e de Funcionamento). No Estado de São Paulo, a CETESB é o órgão responsável pela concessão das licenças ambientais para os aterros.

Na elaboração de projetos de aterros industriais, devem ser observadas as seguintes normas técnicas : *NBR 10.004 -Resíduos Sólidos - Classificação; NBR 8418-Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos Perigosos; NBR 10.157- Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação; e P4.240-Apresentação de Projetos de Aterros Industriais.*

Para elaboração de projetos de aterros sanitários fundamenta-se na obediência à norma *NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.*

Ao se discutir os métodos de disposição de resíduos sólidos urbanos e industriais, à luz das normas e legislação vigentes, com a utilização de exemplos práticos de aplicação, pretende-se formular uma visão global do problema, envolvendo as entidades responsáveis por disciplinar a questão, até aquelas que têm por missão elaborar, analisar e executar projetos, bem como as que acompanham a implantação e operação dos empreendimentos.

Por outro lado, uma revisão bibliográfica atualizada sobre o tema em questão, beneficia profissionais e outros grupos que desenvolvem ou pretendem desenvolver trabalhos acadêmicos ou projetos de destinação de resíduos sólidos urbanos e/ou industriais. A abordagem de casos práticos, mostra a evolução ocorrida em um curto intervalo de tempo, saindo-se de simples vazadouros para projetos de engenharia que contemplam as mais atuais medidas de proteção ao meio ambiente.

Ao se discutir o caso do aterro sanitário do município de Piracicaba, "Pau Queimado," pretende-se mostrar como é possível um "lixão" ser transformado em aterro sanitário controlado, diferentemente da realidade brasileira e do Estado de São Paulo, onde ainda é comum encontrar "lixões" na maioria absoluta dos centros urbanos.

A receita não é complexa, basta, de um lado, a sociedade exercer o seu direito de reivindicar um serviço completo para a questão do lixo, ou seja, coleta e destinação adequadas e, de outro lado, os órgãos responsáveis pelo gerenciamento do lixo, assumirem, de fato, o papel que lhes é conferido por lei, e encararem o seu manejo como sendo uma questão de saúde pública.

No caso do "Pau Queimado," não houve uma cobrança forte por parte da sociedade, mas houve uma intensificação na fiscalização por parte do órgão de controle ambiental e conseqüentemente uma tomada de posição da prefeitura local, que através da contratação de serviços profissionais, concebeu um projeto de engenharia com base nas normas vigentes, que depois de executado, deixou a área em

questão com aspectos e características de aterro sanitário, além de minimizar impactos negativos ao meio ambiente.

O outro estudo de caso, que é abordado neste trabalho, o aterro de resíduos sólidos industriais da CETRESOL, é o típico projeto concebido com a observância rigorosa das normas vigentes, discutido com a sociedade e demais partes interessadas, além do caminho de licenciamento junto aos órgãos ambientais, que foi percorrido até à obtenção da Licença de Instalação, que é o "status" atual do empreendimento.

A implantação depende agora apenas do interesse do empreendedor, que ainda discute o projeto com setores da sociedade civil, os quais pretendem restringir o afluxo de resíduos de outros municípios, inicialmente contemplados com o projeto aprovado.

## **2- OBJETIVOS**

**OBJETIVO GERAL:** Avaliar e discutir a utilização de aterros, como alternativa viável para disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais, enfocando a situação do Município de Piracicaba-SP, como referência.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS :**

- Discussão do caso do Aterro Sanitário "Pau Queimado" - Histórico, intervenções efetuadas, impactos no meio ambiente e perspectivas após o encerramento;
- Discussão do projeto do aterro industrial da CETRESOL-Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais- Histórico e aspectos referentes a elaboração do projeto, no que diz respeito a observância das leis e normas ambientais.

### **3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### ***3.1 - Generalidades***

A disposição de resíduos sólidos no Brasil é tratada pela União, Estados e Municípios, que estabelecem suas regras com base em legislação específica, normas, resoluções e portarias, as quais variam significativamente entre si, quando se trabalha em nível estadual e municipal. Este trabalho abordará apenas a esfera Federal e do Estado de São Paulo, que estabelece a maior cobertura normativa para o assunto em questão. É enfocada a literatura nacional e a internacional, a fim de que se possa ter compreensão suficiente sobre a matéria, sem contudo ter a pretensão de esgotar as discussões a respeito da mesma.

#### ***3.2 - Aterro de Resíduos Sólidos Domiciliares e Industriais***

A prática de se utilizar o solo para enterrar resíduos, ocorre desde o início da civilização, tendo sido por muito tempo a alternativa mais conhecida pelo homem para dar destino aos rejeitos oriundos de suas atividades, seja na sua própria casa

ou na chamada atividade produtiva (indústria, comércio, serviços, etc.); daí surgirem os aterros como sistemas de disposição de resíduos sólidos.

No Brasil, os aterros de resíduos sólidos, enquanto obra de engenharia, começaram na década de 70, e logo passaram a sofrer resistência no meio técnico e na própria sociedade em face aos riscos ambientais que podem apresentar, não obstante as técnicas de controle disponíveis e utilizadas. Atualmente, essa resistência é ainda maior, visto que, ao longo dos anos, muitos aterros mal implantados e mal operados culminaram com a degradação e alteração do ambiente circunvizinho.

Pode-se afirmar que no Brasil, a maioria absoluta das disposições de resíduos no solo é inadequada, constituindo-se em vazadouros a céu aberto; apenas uma pequena parcela está de acordo com as normas vigentes. As áreas destinadas a receber lixo sem uma infra-estrutura adequada, expostas a danos advindos dessa atividade, têm seu uso futuro comprometido, além de serem responsáveis pela degradação ambiental das regiões sob sua influência.

Outro fator restritivo aos aterros na atualidade, é o custo de implantação cada vez elevado, advindo do alto preço da terra e das condicionantes impostas pelos órgãos ambientais com vistas à proteção do meio ambiente.

No entanto, para a atual realidade do manejo de resíduos sólidos, os aterros ainda se apresentam como alternativa viável, pois com a aplicação das modernas técnicas de engenharia disponíveis para sua implantação e operação, além da observância das leis e normas na elaboração dos projetos, pode-se garantir um alto grau de proteção ao meio, tornando essa forma de disposição de resíduos confiável e aplicável até o presente.

Este tema tem sido exaustivamente abordado por vários autores e entidades :  
*CETESB. Manual de instruções básicas para a execução de aterros sanitários. São Paulo, 1979. Anexo 3. CETESB. Aterros Industriais : Critérios para*

*Projetos , Implantação e Operação. São Paulo, 1991; IPT. Lixo Municipal-Manual de Gerenciamento Integrado .São Paulo, 1995; e outros.*

Muitos trabalhos foram elaborados, tanto no âmbito das instituições científicas, através de dissertações e teses, como em órgãos governamentais, responsáveis pelo controle e fiscalização da destinação dos resíduos sólidos. Atualmente, até mesmo os geradores de resíduos têm se empenhado em produzir trabalhos visando orientar melhor o gerenciamento dos seus resíduos sólidos.

Cursos, seminários, congressos, entre outros eventos, têm sido promovidos em todo o mundo com objetivo de aprofundar os conhecimentos desta forma de destinação de resíduos sólidos. Este trabalho não discutirá com maior profundidade a questão aterro, no seu sentido conceitual, e sim os aspectos normativos e legais envolvidos na concepção e implantação de projetos, abordando principalmente o lado prático.

### 3.3 - Legislação

O Decreto Estadual nº 8468, de 08 de setembro de 1976 , aprovou o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, enfocou a questão dos resíduos sólidos no TÍTULO IV, Da Poluição do Solo, nos artigos 51 a 56.

Nesta sequência de artigos, é preconizado que não é permitido depositar, dispor, infiltrar ou acumular no solo, resíduos em qualquer estado da matéria, desde que poluentes, na forma estabelecida no artigo 3º do Decreto acima citado. O artigo 3º define o que se considera poluente, para efeito do presente diploma legal.

Ainda na sequência de artigos mencionados, diz-se que o solo somente poderá ser utilizado para destino final de resíduos de qualquer natureza, desde que

sua disposição seja feita de forma adequada, estabelecida em projetos específicos de transporte e destino final, ficando vedada a simples descarga ou depósito, seja em propriedade pública ou particular.

É ainda explicitado que os resíduos de qualquer natureza, portadores de microrganismos patogênicos ou de alta toxicidade, bem como inflamáveis, explosivos, radioativos e outros prejudiciais, a critério da CETESB, deverão sofrer, antes de disposição final no solo, tratamento e/ou condicionamento adequados, fixados em projetos específicos, que atendam aos requisitos de proteção do meio ambiente.

No âmbito Federal, o manejo dos resíduos sólidos é disciplinado pela Resolução CONAMA nº 1, de 23 de setembro de 1986, que em seu artigo 2º inciso X, estabelece que aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos, dependerão de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente.

### **3.4 - Normas**

Na elaboração de projetos de aterros para resíduos sólidos domiciliares ou industriais, bem como em sua implantação e operação, deverá ser observada uma série de normas técnicas feitas por órgãos competentes, as quais serão apresentadas a seguir:

#### **3.4.1 - Resíduos Sólidos Industriais**

*NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação* (1987) - Esta Norma 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. Os resíduos radioativos não são objetos desta Norma, uma vez que são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Essa Norma define resíduos sólidos como sendo: "Resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam da atividade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição". Nesta definição ficam incluídos os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A Norma em pauta dá outras definições:

- a) *Periculosidade de um resíduo* - Característica apresentada por um resíduo, que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:
  - risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou;
  - riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada.
- b) DL50 (oral, ratos) - Dose letal para 50% da população dos ratos testados quando administrados por via oral.
- c) CL50 (concentração letal 50 %) - Concentração de uma substância que quando administrada por via respiratória, acarreta a morte de 50% da população exposta.
- d) DL50 (dérmica coelhos) - Dose letal para 50% da população de coelhos testados, quando a substância é administrada em contato com a pele.

Quanto a classificação propriamente dita, os resíduos sólidos são assim divididos, segundo esta Norma:

- a) resíduos classe I - perigosos;
- b) resíduos classe II - não inertes; II-A
- c) resíduos classe III - inertes. II-B

**Nota:** "Quando as características de um resíduo não puderem ser determinadas nos termos desta Norma, por motivos técnicos ou econômicos, a classificação deste resíduo caberá aos órgãos estaduais ou federais de controle da poluição e preservação ambiental."

**Resíduos classe I - perigosos** - São aqueles que apresentam periculosidade, conforme definido anteriormente, ou uma das características seguintes:

**Inflamabilidade** - Um resíduo será caracterizado como inflamável se uma amostra representativa, dele obtida conforme (NBR 10007) - Amostragem de Resíduos, apresentar qualquer uma das seguintes propriedades :

- ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60° C, determinado conforme ASTM D 93, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24 % de álcool em volume;
- não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25° C e 0,1MPa (1atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
- ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material.

**Corrosividade** - Um resíduo é caracterizado como corrosivo se uma amostra representativa, dele obtida segundo (NBR 10007) - Amostragem de Resíduos, apresentar uma das seguintes propriedades :

- ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou superior ou igual a 12,5;

- ser líquida e corroer o aço (SAE 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55° C, de acordo com o método NACE (National Association Corrosion Engineers) TM -01-69 ou equivalente.

**Reatividade** - Um resíduo é caracterizado como reativo se uma amostra representativa dele obtida segundo (NBR 10007) - Amostragem de Resíduos, apresentar uma das seguintes propriedades :

- ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- reagir violentamente com água;
- formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde ou ao meio ambiente, quando misturamos com a água;
- possuir em sua constituição ânions, cianeto ou sulfeto, que possa, por reação, liberar gases, vapores ou fumos tóxicos em quantidades suficientes para por em risco a saúde humana ou o meio ambiente;
- ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou da temperatura em ambientes confinados;
- ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25° C e 0,1 MPa (1 atm);
- ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou de efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

**Toxicidade** - Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa, obtida segundo (NBR 10007) - Amostragem de Resíduos, apresentar uma das seguintes propriedades:

- possuir quando testada, uma DL<sub>50</sub> oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL<sub>50</sub> inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL<sub>50</sub> dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg;
- quando o extrato obtido desta amostra, segundo (NBR 10005) - Lixiviação de Resíduos, contiver qualquer um dos contaminantes em concentração aos valores constantes da tabela 3.3. Neste caso, o resíduo será caracterizado como tóxico TL (teste de lixiviação, com código de identificação D005 e D029);

**Nota** : Outros testes de lixiviação podem ser utilizados para fins de classificação, desde que previamente acordados com o órgão estadual de controle ambiental.

- possuir uma ou mais substâncias da listagem de substâncias que conferem periculosidade aos resíduos constantes desta Norma, e apresentar periculosidade. Para avaliação desta periculosidade, devem ser considerados os seguintes fatores:
- natureza de toxidez apresentada pelo resíduo;
- concentração do constituinte no resíduo;
- potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem de migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
- persistência do constituinte ou de qualquer produto tóxico de sua degradação;
- potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem de se degradar em constituintes não-perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
- extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;

- ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias da listagem de substâncias agudamente tóxicas desta Norma.
- resíduos de derramamento ou produtos fora de especificação de qualquer substâncias constantes nas listagens de substâncias agudamente tóxicas desta Norma.

**Patogenicidade** - Um resíduo é caracterizado como patogênico se uma amostra representativa dele, obtida segundo (NBR 10007) - Amostragem de Resíduos, contiver microrganismos ou se suas toxinas forem capazes de produzir doenças.

Não se incluem neste item os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos.

- A Tabela 3.1, apresenta as concentrações máximas de poluentes na massa bruta de resíduo, que são utilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente da França para classificação de resíduos. Estes valores podem ser usados como parâmetros indicativos para classificação de um resíduo como perigoso.

***Nota:***

- Não se aplicam testes de lixiviação e/ou de solubilização aos resíduos que contenham componentes voláteis. Para definição da periculosidade de tais resíduos (com códigos de identificação de C001 a C009), a Tabela 3.2 fornece a concentração mínima para caracterizá-los como perigosos.

**TABELA 3.1** - Concentrações máximas de poluentes na massa bruta de resíduos que são utilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente - França para classificação de resíduos.

POLUENTE	LIMITE MÁXIMO NO RESÍDUO TOTAL
Berílio ou seus componentes	100 mg Be/kg
Cromo VI ou seus compostos	100 mg Cr/kg
Mercúrio ou seus compostos	100 mg Hg/kg
Chumbo (compostos orgânicos)	100 mg Pb/kg
Selênio ou seus compostos	100 mg Se/kg
Alcalóides	100 mg/kg
Arsênio ou seus compostos	1.000 mg As/kg
Chumbo (compostos minerais)	1.000 mg Pb/kg
Vanádio ou seus compostos	1.000 mg V/kg
Cianetos (produzidos por hidrólise)	1.000 mg CN/kg
Compostos aromáticos hidroxilados, como fenóis	10 mg Feno 1/kg
Fluidos de usinagem e efluentes de máquinas lavadoras	1% em massa
Solventes cíclicos não-parafínicos, exceto os já citados	5 % em massa
Solventes halogenados, exceto os já citados	5 % em massa
Hidrocarbonetos líquidos ou bombeáveis a 80° C, exceto os já citados	5 % em massa
Substâncias explosivas, exceto as já citadas	5 % em massa

FONTE : NBR 10004/1987

- **NOTA** : Estes poluentes devem ser dosados no resíduo total e, se pelo menos um poluente estiver acima do limite máximo, o resíduo deve ser disposto em instalações adequadas.

**TABELA 3.2** - Concentração mínima para caracterizar o resíduo como perigoso

<b>Código</b>	<b>Poluente</b>	<b>Conc. Mínima (mg/kg)</b>
C001	Benzeno	20,0
C002	Benzo (a) pireno	0,02
C003	Clorofórmio	60,0
C004	1,2 - Dicloroetano	20,0
C005	1,1 - Dicloroetano	0,6
C006	Tetracloroeto de carbono	6,0
C007	Tetracloroetano	20,0
C008	Triclorofenol	60,0
C009	2,4,6 - Triclorofenol	20,0

FONTE: NBR 10004/1987

**Resíduos classe II - não inertes** - São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - perigosos ou resíduos classe III - inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II - não inertes podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

**Resíduos classe III - inertes** - Quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a *NBR 10.007- Amostragem de resíduos*, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo (*NBR 10.006*) - *Solubilização de resíduos*, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. No Anexo A, são apresentados os padrões de potabilidade utilizados atualmente no Brasil.

*NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos (1987)* - Esta Norma fixa as condições para diferenciar resíduos da classe I, além de definir os procedimentos para a realização do ensaio de lixiviação dos resíduos. A tabela 3.3, mostra os valores máximos permitidos para alguns parâmetros obtidos em teste de lixiviação.

**TABELA 3.3** - Concentração - Limite máximo de poluentes no extrato obtido no teste de lixiviação.

CÓDIGO	POLUENTE	Limite máximo no lixiviado (mg/L)
D 005	Arsênio	5,0
D 006	Bário	100,0
D 007	Cádmio	0,5
D 008	Chumbo	5,0
D 009	Cromo Total	5,0
D 010	Fluoreto	150,0
D 011	Mercurio	0,1
D 012	Prata	5,0
D 013	Selênio	1,0
D 014	Aldrin	0,003
D 015	Clordano	0,03
D 016	DDT	0,1
D 017	Dieldrin	0,003
D 018	Endrin	0,02
D 019	Epóxi-heptacloro	0,01
D 020	Heptacloro	0,01
D 021	Hexaclorobenzeno	0,001
D 022	Lindano	0,3
D 023	Metoxicloro	3,0
D 024	Pentaclorofenol	1,0
D 025	Toxafeno	0,5
D 026	2,4 - D	10,0
D 027	2,4,5 - T	0,2
D 028	2,4,5 - TP	3,0
D 029	Organofosforados e carbamatos	10,0

FONTE: NBR 10004/1987

- **NOTA** : Estes parâmetros foram baseados no W.H.O. - Guidelines for Drinking Water Quality - Vol. I - Recommendations - Geneva - 1984.

*NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos (1987)* - Esta Norma fixa as condições exigíveis para diferenciar os resíduos da classe II e III. Define também os procedimentos para a realização da amostragem em campo, bem como relaciona os equipamentos a serem utilizados na coleta de amostras.

Ressalte-se que a observação rigorosa de todos os passos prescritos, é condição fundamental para obtenção de dados confiáveis, baseados nos quais vai se tomar decisões que poderão definir a política de gestão de resíduos a ser adotada por determinado empreendedor.

A Tabela 3.4, mostra os valores máximos permitidos no extrato solubilizado para que um resíduo seja enquadrado na classe II.

TABELA 3.4 - Padrões para o teste de solubilização

POLUENTE	LIMITE MÁXIMO NO EXTRATO (mg/L)
Arsênio	0,05
Bário	1,0
Cádmio	0,005
Chumbo	0,05
Cianeto	0,1
Cromo Total	0,05
Fenol	0,01
Fluoreto	1,5
Merúrio	0,001
Nitrato (mg N/L)	10,0
Prata	0,05
Selênio	0,01
Aldrin	$3,0 \times 10^{-5}$
Clordano (todos os isômeros)	$3,0 \times 10^{-4}$
DDT (todos os isômeros)	$1,0 \times 10^{-3}$
Dieldrin	$3,0 \times 10^{-5}$
Endrin	$2,0 \times 10^{-4}$
Epóxi-heptacloro	$1,0 \times 10^{-4}$
Heptacloro	$1,0 \times 10^{-4}$
Hexaclorobenzeno	$1,0 \times 10^{-5}$
Lindano	$3,0 \times 10^{-3}$
Metoxicloro	0,03
Pentaclorofenol	0,01
Toxafeno	$5,0 \times 10^{-3}$
2,4 - D	0,1
2,4,5 - T	$2,0 \times 10^{-3}$
2,4,5 - TP	0,03
Organofosforados e carbamatos	0,1
Alumínio	0,2
Cloreto	250,0
Cobre	1,0
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	500,0
Ferro	0,3
Manganês	0,1
Sódio	200,0
Sufactantes (tensoativos)	0,2
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> /L)	400,0
Zinco	5,0

FONTE : NBR 10004/1987

- NOTA : Valores obtidos da W.H.O. - Guidelines for Drinking Water Quality - Vol.I -Recommendations Geneva - 1984 e complementados com a Portaria nº 56 Bsb, de 14/03/77, do Ministério da Saúde-Padrão Brasileiro de Potabilidade da Água.

*NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos (1987)* - Esta Norma fixa as condições exigíveis para amostragem, preservação e estocagem de amostras de resíduos sólidos.

Na sua aplicação, é necessário consultar complementarmente as seguintes Normas:

Normas : ASTM E 300 - Industrial chemicals, recommended practice for sampling

AWWA-APHA-WPCI - Standard methods for examination of water and wastewater.

A Norma em questão, é provavelmente a mais importante desta série, não apenas porque dá as definições do que são uma amostra representativa, amostra simples, amostra composta, amostra homogênea. Mas, define também, o que é um quarteamento ou mesmo um amostrador, ou seja, o equipamento utilizado para coleta de amostras; ela é a mais importante sobretudo, porque a coleta de amostras é o ponto zero efetivo de um processo eficiente de classificação de resíduos sólidos.

Da sua boa qualidade, depende a confiabilidade dos resultados das análises laboratoriais e conseqüentemente todos os passos que se seguem à obtenção de dados, como por exemplo, a opção por determinado método de disposição, a localização do empreendimento, a elaboração do projeto, as medidas mitigadoras de impactos ambientais negativos que possam vir a ocorrer, etc.

*NB - 1264 - Armazenamento de Resíduos classe II - Não Inertes e III - Inertes (1994)* - Esta Norma fixa as condições mínimas necessárias ao armazenamento de resíduos classe II-não inertes e classe III-inertes, de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.

*NB 1183 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos - dezembro de 1987* - Esta Norma , estabelece critérios para obtenção de condições mínimas necessárias ao armazenamento de resíduos sólidos perigosos de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente. Aplica-se ao armazenamento de todo e qualquer resíduo perigoso classe I, conforme definido na *Norma NBR 10004 - Resíduos sólidos - Classificação*. Para efeito de sua aplicação, são adotadas as seguintes definições: Armazenamento de

resíduos; bacia de contenção de resíduos; container de resíduos; resíduos sólidos perigosos; tambor; e tanque.

Nas condições gerais a NB 1183, estabelece critérios para acondicionamento de resíduos; critérios para caracterização dos resíduos; localização da armazenagem; isolamento e sinalização; iluminação e força; comunicação; acessos; treinamento do operador; armazenamento em containers ou tambores; armazenamento em tanques; e armazenamento a granel.

Nas condições específicas, a presente Norma fixa as condições mínimas para segregação e estabelecimento de plano de emergência além de criar a figura do coordenador de emergência e nomear equipamentos de segurança que devem obrigatoriamente estar disponível no local.

*NBR 12988 - Líquidos Livres - Verificação em Amostras de Resíduos* (1993) - Esta Norma prescreve método para a verificação da presença de líquidos livres numa amostra representativa de resíduos obtida de acordo com a NBR 10007.

### ***3.4.2 - Aterros Industriais***

*P4.240 - Apresentação de Projetos de Aterros Industriais* (1995) - Trata-se de Norma produzida pela CETESB, como parte de suas atribuições e em atendimento ao disposto nos artigos 52 e 53 do decreto estadual nº 8468 de 08/09/1976, que regulamenta a Lei nº 997/76, a qual estabelece as diretrizes para o controle da poluição no Estado de São Paulo.

A presente Norma, fixa as condições mínimas exigíveis para apresentação de projetos de Aterros Industriais. Para tanto define o que é Aterro Industrial, acondicionamento de resíduos, lixiviação, percolado, resíduos industriais, recirculação de percolado, resíduos perigosos, resíduos semi-sólidos e transporte.

Estabelece em suas condições gerais, as partes constituintes do projeto e forma de apresentação; responsabilidade e autoria do projeto; encaminhamento do projeto e solicitação de análise junto ao órgão ambiental; análise do projeto. Nas condições específicas do memorial descritivo, são estabelecidas as instruções para elaboração do memorial descritivo; informações cadastrais; informações sobre o processamento industrial; informações sobre os resíduos sólidos gerados; caracterização do local destinado ao aterro industrial; concepção e justificativa do projeto; manual de operação.

Nas condições específicas do memorial técnico, é estabelecido o seu conteúdo, o qual deve abordar no mínimo o seguinte: cálculo dos elementos do projeto; vida útil do aterro; sistema de drenagem superficial; sistema de coleta e remoção de percolato; sistema de tratamento do percolato; e cálculo da estabilidade dos maciços de terra.

Esta Norma estabelece também as condições específicas para apresentação das estimativas de custo e cronograma, além das condições específicas para apresentação das peças gráficas que devem obrigatoriamente incluir os seguintes desenhos: de informações gerais; de indicação das áreas de disposição dos resíduos; do sistema de drenagem superficial e subsuperficial; do sistema de tratamento de percolato; da apresentação do aterro concluído; dos cortes; e dos detalhes importantes.

*NBR 10157 - Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação (1987)* - Esta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para projeto e operação de aterros de resíduos perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores e populações vizinhas.

Para tanto, é definida uma série de parâmetros que servem de guia na elaboração de projetos para aterros de resíduos perigosos, tais como: chuva de pico, dupla impermeabilização, monitoramento dos gases, período de recorrência, plano de

emergência, plano de fechamento, plano de inspeção e manutenção preventiva, rede de drenagem superficial, rede de drenagem subsuperficial, registro das operações, resíduos perigosos, sistema de detecção de vazamentos, sistema de monitoramento de águas subterrâneas, solo insaturado, núcleos populacionais e áreas sensíveis.

Esta Norma estabelece uma série de condições gerais que visam garantir a instalação e operação adequadas de um aterro de resíduos perigosos, fixando exigências relativas à sua localização, segregação e análise de resíduos, monitoramento, inspeção, fechamento da instalação e treinamento de pessoal.

Atenção específica é dada para a proteção das águas subterrâneas e superficiais, estabelecendo os critérios relativos a seu monitoramento. Enfatizando a necessidade de obedecer os padrões de qualidade; localização adequada dos poços de monitoramento; período de monitoramento; especificação do programa de monitoramento, com indicação dos parâmetros a serem monitorados, procedimentos para coleta de amostras, preservação e análise das mesmas e estabelecimento de valores naturais para todos os parâmetros do programa.

Ainda com relação à proteção das águas, a Norma em pauta, especifica critérios para impermeabilização do aterro, drenagens e tratamento do líquido percolado.

Outro item enfocado relaciona-se com a segurança, que envolve a segregação dos resíduos na área do aterro, plano de emergência e plano de inspeção e manutenção. No que diz respeito à operação, a Norma fixa as condições gerais para recebimento de materiais reativos e inflamáveis; disposição de resíduos líquidos; disposição de embalagens e emissões gasosas.

Finalmente, a Norma em questão, fixa as condições mínimas para um plano de encerramento o qual deve contemplar além do plano em si, as atividades possíveis na área após a finalização das atividades.

*NBR 8418 - Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos* (1984) - Esta Norma fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos, para tanto, estabelece definições para: acondicionamento, aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, aterro de resíduos industriais perigosos, lixiviação, percolado, resíduos industriais comuns, resíduos industriais perigosos e chorume.

Essa Norma, também estabelece nas suas condições gerais, os passos necessários para apresentação de projetos, especificando desde as partes constituintes, responsabilidade e autoria do projeto, encaminhamento deste e solicitação de análise junto ao órgão ambiental, até os procedimentos durante a análise do projeto.

Nas condições específicas do memorial descritivo, a Norma relaciona as partes constituintes do mesmo como segue: informações cadastrais, informações sobre o processamento industrial e o tratamento dos efluentes; informações sobre os resíduos gerados; caracterização dos resíduos a serem dispostos no aterro de resíduos industriais perigosos; caracterização do local destinado ao ARIP-Aterro de Resíduos Industriais Perigosos; concepção e justificativa do projeto; descrição e especificações dos elementos de projeto; operação do ARIP; uso futuro da área do ARIP.

Nas condições específicas do memorial técnico, é estabelecido o seguinte conteúdo mínimo: cálculo dos elementos de projeto; vida útil do aterro; sistema de drenagem superficial; sistema de drenagem e remoção de percolado; sistema de tratamento de percolado; sistema de drenagem e remoção de gases; impermeabilização superior e inferior; cálculo da estabilidade dos maciços de terra; materiais utilizados com especificações dos mesmos, inclusive impermeabilização, se for o caso.

Como condição específica, devem ser apresentadas as estimativas de custo e cronograma físico-financeiro da implantação e operação do ARIP. Finalmente, a Norma especifica as condições para apresentação dos desenhos, como segue:

concepção geral; indicação das áreas de disposição de resíduos; indicação das áreas de estocagem de resíduos; sistema de drenagem superficial e subsuperficial; sistema de tratamento de percolado; sistema de drenagem e remoção de gases; impermeabilização superior e/ou inferior; representação do aterro concluído; cortes e detalhes importantes.

*NBR 13896 - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação (1997)* - Esta Norma estabelece as condições mínimas exigíveis para projetos e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e população vizinha.

*LI.030 - Membranas Impermeabilizantes e Resíduos - Determinação da Compatibilidade - Método de Ensaio (1997)* - Trata-se de Norma elaborada pela CETESB, em dezembro de 1983, a qual prescreve o método para determinação da compatibilidade entre mantas poliméricas e resíduos. O emprego de mantas para proporcionarem estanqueidade a sistemas de disposição ou de estocagem de resíduos, requer que estes não reajam com a impermeabilização, destruindo-a.

O ensaio consiste basicamente em imergir a manta no resíduo e analisar a variação de suas propriedades com relação ao tempo.

### ***3.4.3 - Poços de Monitoramento e Amostragem***

*NBR 13895 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem (1997) -*

Esta Norma fixa as condições exigíveis para construção de poços de monitoramento de aquífero freático e dados mínimos para apresentação de projetos de redes de monitoramento.

A Figura 3.1, mostra o perfil esquemático de um poço de monitoramento e a Figura 3.2 mostra o esquema aproximado da disposição de poços de monitoramento, em torno de uma área de disposição de resíduos sólidos, segundo a Norma em questão.

Vale ressaltar que cada projeto deve ser estudado detalhadamente a fim de que se possa definir com precisão a quantidade e a disposição dos poços de monitoramento, considerando-se o tamanho da área, as características do solo, o caminamento da pluma de águas subterrâneas e as condições de ocupação do entorno. Dessa maneira podem-se obter dados confiáveis e representativos da qualidade das águas subterrâneas e conseqüentemente dos impactos que a atividade está provocando.

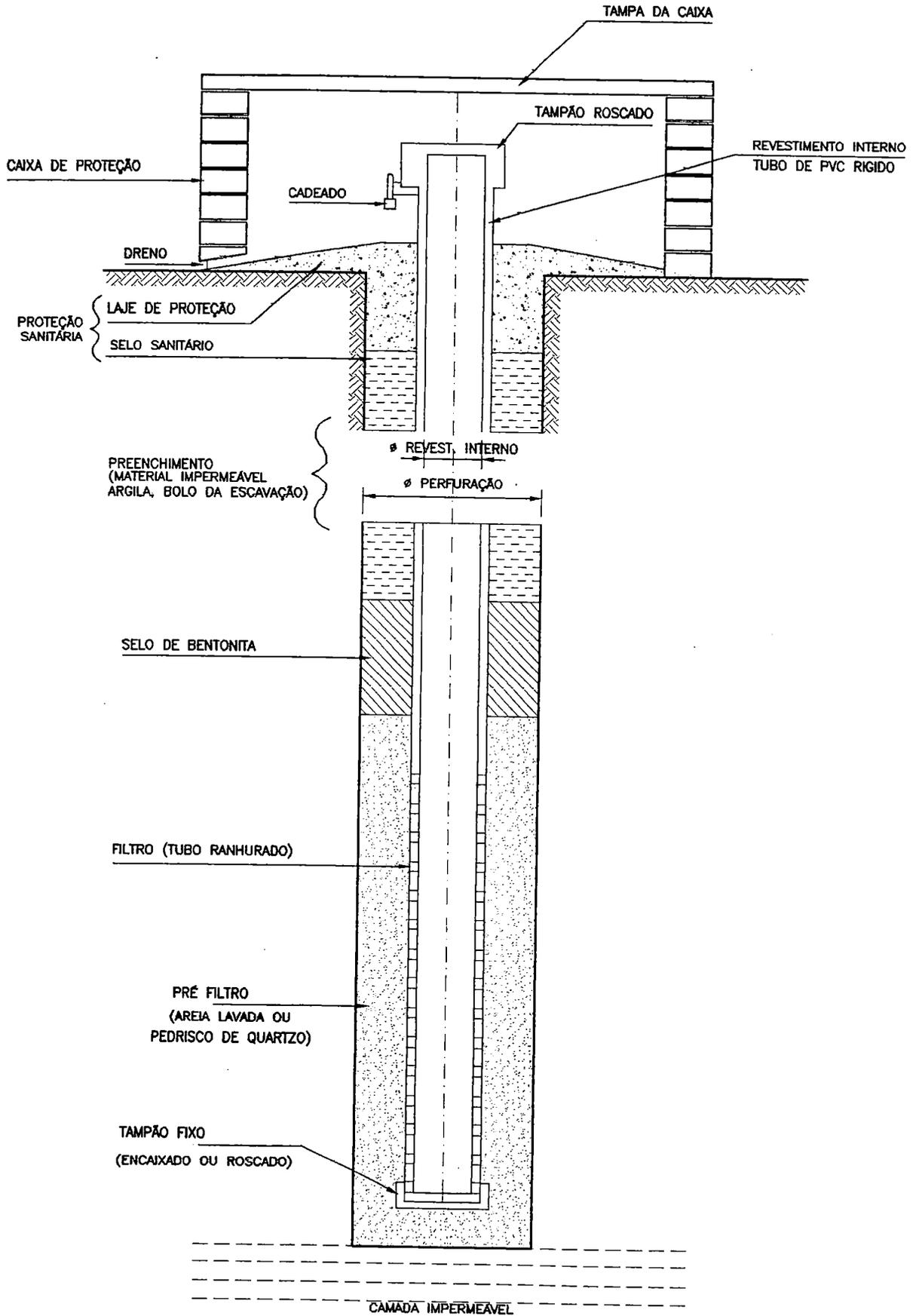
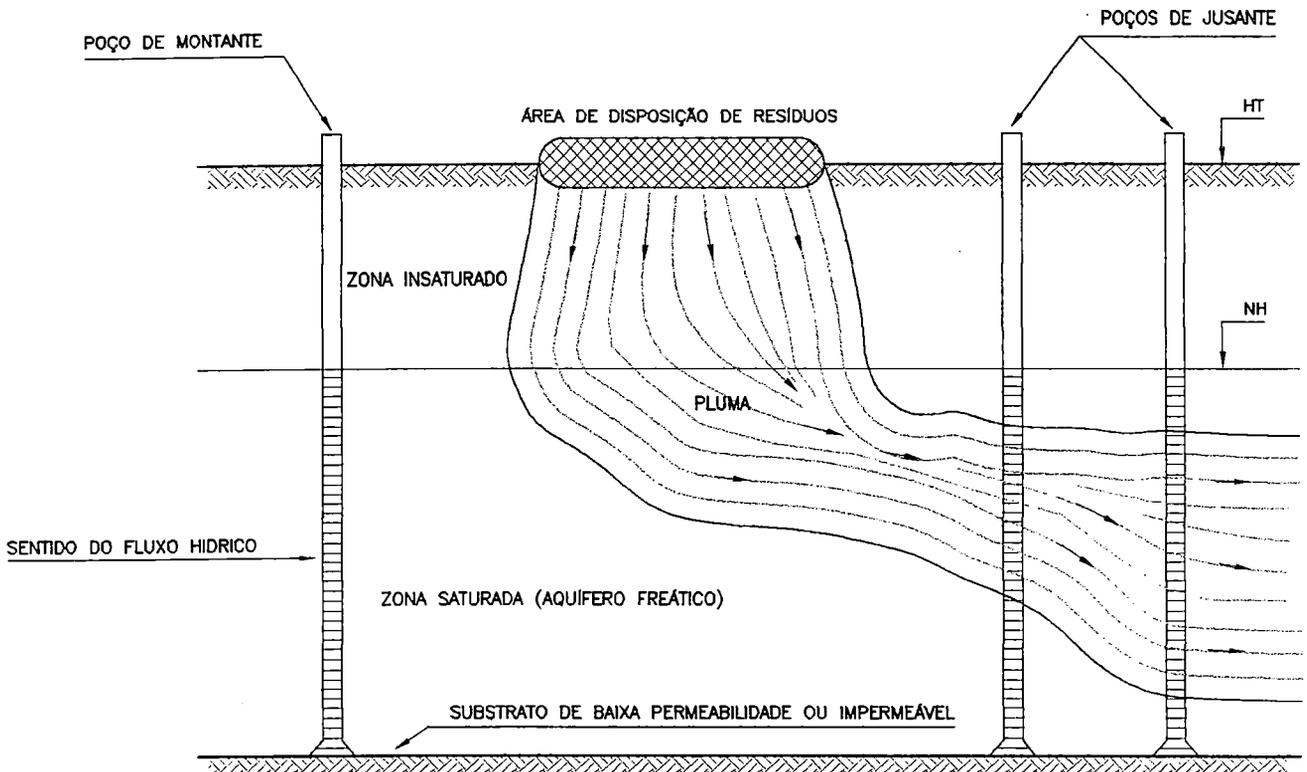
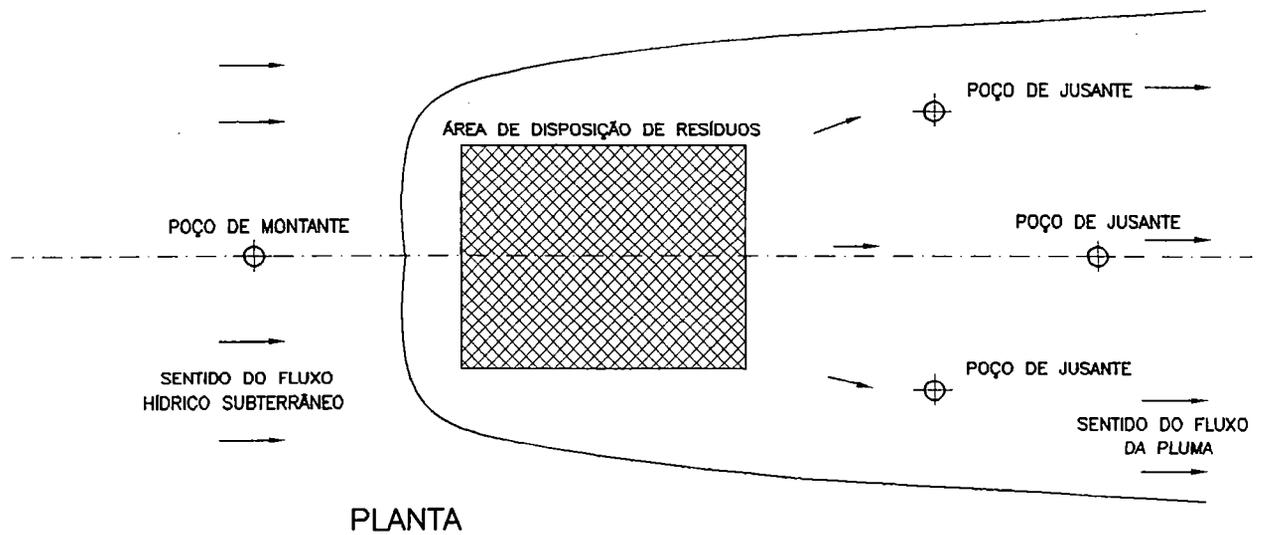


FIGURA 3.1 - PERFIL ESQUEMÁTICO DE POÇO DE MONITORAMENTO  
 FONTE : NBR 13895/1997



SEÇÃO



PLANTA

FIGURA 3.2 - ESQUEMA DE DISPOSIÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO  
 FONTE : NBR 13895/1997

### 3.4.4 - Aterros Sanitários

Assim como para os resíduos industriais, a disposição dos resíduos sólidos domésticos, é objeto de normas e regras específicas, as quais são enfocadas a seguir:

*NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos* - março de 1984 - Esta Norma, fixa as condições mínimas exigíveis para apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Para sua aplicação serão adotadas as definições do seguintes itens, respeitando-se o exposto nas portarias nº 053 de 01/03/79 e nº 124 de 20/08/80.

Para efeito de aplicação, são adotadas definições para os seguintes itens: acondicionamento; aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos; gás bioquímico, gás de aterro ou biogás; lixiviação; percolação; resíduos industriais perigosos; resíduos industriais comuns; resíduos hospitalares sépticos; resíduos hospitalares assépticos; resíduos de aeroportos; resíduos de portos; resíduos sólidos urbanos; e sumeiro ou chorume.

Nas condições gerais, a Norma NBR 8419, define as partes constituintes e forma de apresentação; a responsabilidade e autoria do projeto; o encaminhamento do projeto e solicitação de análise junto ao órgão ambiental; e a análise do projeto.

Nas condições específicas, são fixadas as condições mínimas para apresentação do memorial descritivo, em que segundo a Norma deve conter as seguintes partes:

- Informações cadastrais;
- Informações sobre os resíduos a serem dispostos no aterro sanitário;
- Caracterização do local destinado ao aterro sanitário;
- Concepção e justificativa do projeto;

- Descrição e especificação dos elementos do projeto;
- Operação do aterro sanitário; e
- Uso futuro da área do aterro sanitário.

A Norma em questão, também fixa o conteúdo mínimo para o memorial técnico, como segue:

- Cálculo dos elementos do projeto;
- Vida útil do aterro;
- Sistema de drenagem superficial;
- Sistema de drenagem e remoção de percolado;
- Sistema de drenagem de gás;
- Sistema de tratamento de percolado; e
- Cálculo da estabilidade dos maciços de terra e dos resíduos dispostos.

Outro ponto fundamental, fixado em Norma, é apresentação das estimativas de custo e cronograma.

A forma de apresentação dos desenhos, bem como das partes que devem ser apresentadas, também são especificadas como segue:

- Concepção geral;
- Indicação das áreas de deposição dos resíduos sólidos;
- Sistema de drenagem superficial e sub-superficial;
- Sistema de drenagem de gases;
- Sistema de tratamento de percolado;
- Representação do aterro concluído;
- Cortes; e
- Detalhes importantes.

### ***3.5. Líquidos Percolados***

A umidade no interior dos aterros, que conduz à formação de grande volume de chorume em decorrência das condições que ocorrem durante a degradação da matéria orgânica e a percolação deste para fora, é um dos fatores principais de poluição das águas superficiais, ou subterrâneas. A água em contato com os resíduos sólidos, dissolve rapidamente alguns de seus constituintes e subprodutos da degradação biológica formando assim o chorume, que por si só, tem volume relativamente pequeno, porém o percolado, formado pelas águas das chuvas e afloramento de águas subterrâneas, pode atingir grandes volumes.

A destinação inadequada destes efluentes, ou seja, o seu lançamento em corpos hídricos sem o devido tratamento tem provocado impactos ambientais negativos de proporções significativas, principalmente porque a maioria das áreas de disposição de resíduos sólidos, hoje em operação, não resultou de projetos adequados conforme preconizam a legislação e normas vigentes. O volume e a intensidade com que o líquido percolado é produzido, dependem de atividades físicas, químicas e biológicas do aterro.

A produção de líquido percolado é normalmente observada dentro de poucos meses após o início da operação do aterro, quando a capacidade deste é excedida e o resíduo começa a ser saturado com água. A taxa de saturação dependerá da presença ou ausência de cobertura, material de cobertura, composição do lixo, grau de compactação, condições climáticas e conteúdo inicial de água presente no resíduo MARIS et alii, (1987), SNEIOR et alii, (1987), apud CLARETO, (1996).

A Tabela 3.5 mostra a comparação na composição de líquidos percolados de acordo com a idade de aterros sanitários, situados no Canadá.

**TABELA 3.5** - Comparação na composição de líquidos percolados de acordo com a idade de aterros sanitários, situados no Canadá.

Parâmetros		Aterro Sanitário		
		Keele Valley	Brock North	Beare Road
Idade	ano	1,5	8	18
pH		5,80	6,35	6,58
Alcalinidade	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1.800	880	1.070
DQO	mg/L	13.780	3.750	1.870
DBO <sub>5</sub>	mg/L	9.660	1.100	1.870
Sólidos Totais	mg/L	12.730	5.280	3.070
Sólidos Voláteis	mg/L	6.300	1.350	1.300
Ácidos Voláteis	mg/L	4.600	1.170	1.480
N-Orgânico	mg/L	170	6	65
Fósforo Total	mg/L	0,77	0,11	0,15
Ferro	mg/L	1.070	500	36
Zinco	mg/L	5,04	0,22	0,19
Cádmio	mg/L	0,10	0,02	0,008
Cobre	mg/L	0,19	0,11	0,05
Níquel	mg/L	1,08	0,01	-

FONTE : Henry *et alii* (1987)

STEGMANN e EHRIG (1980) , apud CLARETO, (1996), consideram que a taxa de produção de percolado é dependente de condições climáticas e do grau de densidade da compactação do residuo. Como ocorrem muitas flutuações, tanto das condições climáticas, quanto do grau de compactação, os autores recomendaram o uso de faixa média na taxa de produção de percolado entre 5m<sup>3</sup>/ha.dia, para aterros altamente compactados e entre 7,5m<sup>3</sup>/ha.dia, para aterros com baixa compactação como base de cálculo para vazão e tempo de detenção. Esses valores foram calculados para taxa de precipitação anual média de 750mm.

É difícil estimar o volume de líquido percolado que está sendo produzido em um aterro sanitário. EHRIG (1983), apud CLARETO, (1996), com dados coletados em 15 locais, mostrou que uma média de 4 a 7 m<sup>3</sup>/ha.dia (intervalo de 0,4 a 10,6m<sup>3</sup>/ha.dia) foi gerado em aterros com menos de 12 anos (considerados aterros "jovens"). Segundo MARIS et alii (1987), o uso de modelos não tem tido muito sucesso, como consequência de muitas variáveis.

BENVAN, (1967), apud LIMA, (1988), na Inglaterra, Stockwood vale, propôs o uso de lagoas para tratamento de chorume, obtendo eficiência de 98% na remoção de DQO, 65% de sólidos suspensos e 87% de amônia. REMSON et alii, (1968), apud LIMA, (1988), sugeriram um método de reciclagem de chorume através de sua incorporação na camada final de cobertura do aterro.

OLIVEIRA, (1971), apud LIMA, (1988), descreve os mecanismos básicos pelos quais um aterro sanitário construído e operado inadequadamente, pode poluir as águas subterrâneas e superficiais. Conforme as citações de Oliveira, três são os mecanismos básicos de poluição:

- Lixiviação horizontal direta dos resíduos pelas águas subterrâneas;
- Lixiviação vertical dos resíduos pelas águas de percolação; e,
- Transferência de gases produzidos na decomposição dos resíduos através de difusão e convecção.

KEENAN et alii, (1983), apud LIMA, (1988), apresentam o resultado de um tratamento físico-químico de chorume, operado em escala piloto. O tratamento consiste basicamente de equalização, precipitação, sedimentação e remoção de amônia. De um modo geral o processo apresentou-se de forma satisfatória com elevado índice de remoção de poluentes, inclusive metais pesados, como mercúrio, zinco, ferro, cádmio e chumbo.

A influência da temperatura e do pH na remoção destes metais também foi exaustivamente estudada.

WONG e LEUNG (1992), estudaram os efeitos do chorume na irrigação de árvores e espécies vegetais utilizando diferentes diluições ( 5; 10; 20 e 40%). De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, o chorume poderá ser reciclado utilizado para irrigação, desde que sob diluição adequada. A reciclagem de chorume para irrigação de área de paisagismo de aterro encerrado, parece ser uma alternativa atraente, segundo os autores desse estudo.

KOERNER e KOERNER (1992) desenvolveram estudo focalizando a taxa de fluxo de chorume através de filtros de solo natural e geotêxtil, utilizados na proteção dos drenos de líquidos percolados, face ao entupimento biológico e por partículas destes sistemas de drenagem. Os dois materiais foram trabalhados separadamente e em conjunto, usando chorume oriundo de seis diferentes aterros de resíduos sólidos domiciliares. Foram testadas quatro maneiras de desentupimento: primeiro, fez-se a reversão de fluxo com o próprio lixiviado, resultando numa melhora da permeabilidade.

Após quatro meses de fluxo contínuo, a permeabilidade decresceu novamente, permitindo uma segunda correção, desta vez fazendo-se a reversão do fluxo com água, resultando em novo aumento da permeabilidade que após cinco meses de fluxo contínuo decresceu novamente. Uma terceira reversão foi feita, desta vez utilizando gás nitrogênio, melhorando a permeabilidade que voltou a ficar comprometida após três meses, quando uma quarta e última reversão foi realizada, com a extração a vácuo, resultando numa leve melhora da permeabilidade, que caiu novamente em seguida.

Uma das conclusões do estudo é que as reduções de permeabilidade foram similares aos resultados de testes anteriores; que o foco de atenção deve ser no componente do filtro com relação a capacidade de permeabilidade a longo prazo e que o filtro, geotêxtil ou solo natural, deve ser suficientemente aberto para passar a maioria de sedimentos e microrganismos contidos no lixiviado para o fluxo de drenagem numa maneira equilibrada.

A Tabela 3.6 mostra a variação na composição de líquidos percolados, gerados em aterros sanitários de diferentes locais e idades.

**TABELA 3.6 - Variação na composição de líquidos percolados gerados em aterros sanitários de diferentes locais e idades.**

Parâmetros	F		O		N		T		E	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
pH	6,2	6,2	6,8	6,0	5,8	7,0	6,3	5,5	8,0	
Condutiv. $\mu\text{S/cm}$	-	-	-	14.200	-	13.700	2.620	50.000	19.200	
DQO $\text{mg/L}$	23.800	24.000	10.000	33.800	60.400	10.600	56.373	73.000	33.700	
DBO $\text{mg/L}$	15.800	13.600	4.650	21.800	35.800	4.100	-	-	>4.800	
COT $\text{mg/L}$	8.000	8.000	-	8.280	17.600	3.070	-	24.000	5.690	
Ác. Voláteis $\text{mg/L}$	5.688	5.690	3.600	6.454	13.578	1.702	22.500	13.619	3.025	
Alcalinidade $\text{mg/L}$	-	-	2.600	7.070	-	5.150	7.500	15.000	8.840	
NTK $\text{mg/L}$	-	-	-	-	-	-	-	-	1.820	
N-Amoniacal $\text{mg/L}$	790	590	-	603	900	412	1.483	1.900	1.700	
Nitrato $\text{mg/L}$	3,0	-	-	0,2	-	<0,2	6	<10	32,8	
Nitrito $\text{mg/L}$	0,06	-	-	<0,1	-	0,3	6	<10	1,4	
Fósforo $\text{mg/L}$	0,73	0,70	-	3,0	-	1,80	2,0	-	15,80	
Sulfato $\text{mg/L}$	-	-	-	135	-	321	886	1.500	739	
Cloro $\text{mg/L}$	1.315	1.315	-	1.380	2.160	4.670	3.600	3.100	3.410	
Cálcio $\text{mg/L}$	1.820	-	520	2.900	3.750	1.040	-	3.500	1.440	
Magnésio $\text{mg/L}$	252	-	-	820	370	420	-	570	470	
Sódio $\text{mg/L}$	960	-	-	1.150	1.900	1.360	1.941	2.600	3.000	
Potássio $\text{mg/L}$	780	-	-	900	-	900	2.077	2.700	1.480	
Ferro $\text{mg/L}$	540	540	550	560	-	340	-	1.100	664	
Zinco $\text{mg/L}$	21,50	-	0,80	0,32	145,0	0,09	4.616	29	6,70	
Cobre $\text{mg/L}$	0,12	-	0,30	0,05	0,05	0,04	103,0	-	0,16	
Cádmio $\text{mg/L}$	0,031	-	0,35	<0,01	0,004	0,02	61	-	0,03	
Níquel $\text{mg/L}$	0,57	-	1,20	0,13	1,3	0,10	824	-	0,33	
Manganês $\text{mg/L}$	26,5	-	65	25,6	1.300	2,7	-	44	23,2	
Chumbo $\text{mg/L}$	0,40	-	0,80	0,45	0,5	0,20	393	-	0,28	
Cromo $\text{mg/L}$	0,56	-	0,10	0,17	0,65	0,05	364	<1	0,56	

**a - ROBINSON e MARIS (1985)**

**b - MARIS et alii (1984)**

**c - Aterro Sanitário Chicopee in MARIS et alii (1993) - Dados de valores médios**

**d - Aterro Sanitário Harewood Whin ROBINSON et alii (1991)**

**e - ROBINSON (1985)**

**f - Aterro Sanitário Chapel Farm in ROBINSON et alii (1992)**

**g - Aterro Sanitário Coastal Park (Cape Town) in ROSS (1990)**

**h - Aterro Sanitário Stangate East in ROBINSON (1992)**

**i - ROBINSON (1992) - Dados de valores máximos**

ROBINSON , BARR e S.D. LAST (1991), estudando o tratamento e disposição de chorume através de lagoas aeradas e cama de junco, concluíram que o tratamento de lixiviados, em sistemas automatizados robustos e confiáveis de lagoas aeradas, é bem estabelecido como tecnologia na Inglaterra .

Em muitos outros lugares , tratamentos anteriores à descarga em sistema de esgoto sanitário têm sido feitos, e em alguns locais dados operacionais de 7 a 8 anos demonstram sucesso no procedimento. O uso de sistema de tratamento com cama de junco para polimento de efluentes, pode ajudar a manter padrões mais altos e alcançar alguma desnitrificação.

REINHART e POHLAND ( 1991 ), estudaram a assimilação de resíduos orgânicos perigosos por aterros de resíduos domiciliares. A conclusão é que embora alguns compostos orgânicos possam ter sido atenuados e sujeitos a assimilação "in situ", pode ser inapropriado colocar outros materiais em aterros sanitários, tais como compostos orgânicos extremamente voláteis ou compostos que possam ser transformados em sub-produtos, mais móveis e tóxicos.

Para evitar o escape de poluentes, no entanto, um aterro deve ser operado a fim de otimizar o processo de estabilização biológica, para minimizar a geração excessiva de chorume, preparação do local, gerenciamento do chorume e gás, uso de revestimento e procedimento de após encerramento, que podem incluir a remoção definitiva do chorume acumulado.

A veiculação do chorume deveria ser considerada neste estágio em virtude de sua capacidade de reter compostos móveis e distribuir nutrientes até que a biodegradação seja definitivamente estabilizada.

FARROW e ROBINNSON (1989 ), estudaram a utilização de pedreiras para disposição de resíduos sólidos, concluindo que é difícil adaptar uma pedreira para ser um aterro; em vista das regulamentações, procedimentos e recomendações para as licenças ambientais, porém, os procedimentos operacionais combinados com os

avanços tecnológicos mais modernos em instalações com revestimentos e controle de qualidade, poderiam colocar muitas pedreiras no mapa dos aterros. Na opinião do autor, essa é uma posição questionável, visto que as pedreiras via de regra são locais de afloramento de águas subterrâneas, portanto vulneráveis às contaminações.

VAN REE et alii (1992 ), em trabalho sobre Aspectos de Projeto e teste de permeabilidade de revestimento com argila natural e areia-bentonita, apresentam proposta para controle de sistemas de revestimentos feitos de materiais naturais. concluindo-se dos resultados dos testes de permeabilidade para argila e areia bentonita, que a movimentação das amostras para o laboratório (comparado com valores de permeabilidade das amostras de campo em repouso) diminui a permeabilidade.

Resultados de simulação de transporte de contaminante, bem como teste de compatibilidade, mostram que processos geoquímicos são elementos importantes que deverão ser levados em conta durante o planejamento de sistemas de revestimento.

Esses processos podem ter tanto efeitos adversos como benéficos no transporte de contaminantes como consequência da interação com materiais de revestimento.

FARQUHAR (1988), conclui que é essencial que engenheiros que planejam e operam aterros sanitários sejam capazes de determinar o fluxo e a composição do chorume, pelo tempo que o local permaneça ativo. Isso é necessário tanto para o propósito de tratamento como para a descarga dele no ambiente.

O modelo HELP, no qual a função central é simular o equilíbrio da água, é considerado por muitos como sendo o melhor meio atualmente disponível para predizer fluxos de chorume. Todavia, a experiência de alguns planejadores encontrou diferenças significativas entre o fluxo real de chorume e aqueles previstos pelo modelo HELP.

SOMJAI KARNCHANAWONG et alii ( 1995 ), concluíram deste estudo que a camada de resíduos mais profunda, criaria uma taxa mais baixa de estabilização e produziria concentrações mais altas de poluentes no chorume por um período mais longo. Em contraste, camada de resíduos menos profunda, produziria concentrações mais baixas de poluentes no chorume, mas um volume maior gerado teria que ser manuseado.

### ***3.6 - Discussão da Revisão Bibliográfica***

A revisão bibliográfica apresentada, pode ser dividida basicamente em dois blocos: o primeiro, mostra as legislações e normas existentes a respeito do assunto em questão e o segundo, mostra os resultado de alguns trabalhos experimentais realizados ao longo do tempo.

Com relação às legislações, fica bastante evidente a escassez de diretrizes para o manejo de resíduos sólidos. No nível federal, a resolução CONAMA nº 001 /86, define a necessidade de se elaborar estudos de impactos ambientais para áreas onde se pretenda dispor resíduos sólidos.

O assunto é abordado de maneira global, tratando grandes e pequenos empreendimentos com a mesma importância, quando se sabe que o porte é parâmetro importante na avaliação dos impactos negativos ao meio ambiente, causados por empreendimentos desta natureza.

No final de 1994, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, emitiu a resolução SMA nº 42/94 que aprovou procedimentos para análise de EIA/RIMA, introduzindo a figura do RAP - Relatório Ambiental Preliminar, que nada mais é do que um EIA/RIMA em escala reduzida. Este instrumento legal tem sofrido

contestações de natureza jurídica por ter na prática modificado um outro instrumento legal de nível Federal.

Na opinião do autor, o RAP viabilizou os pequenos empreendimentos que continuam sendo obrigados a realizar estudos de impactos ambientais porém proporcional ao seu potencial poluidor e de recursos financeiros, como é o caso dos pequenos municípios, que não conseguiam arcar com os custos de um EIA/RIMA por ser um estudo complexo e conseqüentemente caro, na maioria das vezes incompatível com a sua capacidade financeira.

Esta situação era motivo para que os resíduos continuassem sendo dispostos inadequadamente, visto que, sem o Estudo de Impacto Ambiental, esses empreendimentos não recebiam as licenças necessárias para se instalarem e funcionarem.

O risco de se poder fazer um estudo simplificado, é que todo empreendedor tem o direito de utilizá-lo, e aí um empreendimento de grande porte ( uma barragem por exemplo), faz um RAP e acha que é o suficiente. Ressalte-se que é a SMA a entidade que decide pela realização ou não de EIA/RIMA, após ter analisado o Relatório Ambiental Preliminar.

Ainda com relação ao aspecto legal, o Estado de São Paulo tratou da questão dos resíduos sólidos em 1976, através do Decreto nº 8468 que regulamentou a Lei nº 997/76, porém de forma bastante tímida para os dias de hoje, limitando-se apenas a abordar os aspectos da proibição da disposição, sem contudo estabelecer critérios ou parâmetros para tal, deixando na alçada do órgão de controle ambiental a responsabilidade por viabilizar os empreendimentos, que passou então a elaborar procedimentos, normas internas e a colaborar de forma decisiva com a ABNT na elaboração de normas gerais que viessem a disciplinar o assunto.

As normas da ABNT ( 10.004 a 10.007 ) editadas em 1987 sobre resíduos sólidos, estabeleceram critérios e padrões para classificação, análises e amostragem de resíduos que é a referência utilizada até hoje para o manejo destes rejeitos. Algumas iniciativas de alteração destas normas têm sido tomadas principalmente na tentativa de se ampliar os parâmetros de referência, porém até o presente não se consolidou, permanecendo o que foi definido em 1987.

Ressalte-se que se forem cumpridas todas as premissas estabelecidas nas normas em questão, os resíduos sólidos no Brasil estariam adequadamente gerenciados, porém apenas o estado de São Paulo acompanha de maneira adequada o que é preconizado. O restante do país, pode-se dizer que ainda necessita tomar iniciativas mais avançadas com exceção de poucos estados como Paraná, Rio Grande do Sul , Minas Gerais, Rio de Janeiro e Santa Catarina.

Outras normas citadas neste trabalho, dizem respeito a armazenagem de resíduos sólidos, critérios para apresentação de projetos, construção e operação destes aterros, construção de poços de monitoramento , além de outras que disciplinam a compatibilidade dos resíduos com membranas impermeabilizantes e ensaios de controle de entrada nos aterros líquidos livres, por exemplo.

Seguir o que é recomendado nas normas em questão, significa gerenciar adequadamente os resíduos sólidos, pois do contrário, pode-se incorrer em infrações legais e causar impactos irreparáveis ao meio ambiente.

O restante da literatura abordada , diz respeito a trabalhos realizados em várias partes do mundo mostrando as mais variadas experiências com a disposição de resíduos sólidos, principalmente os de origem domiciliar.

Pode-se verificar que o principal problema está na geração de líquidos percolados, gerados a partir da degradação do próprio resíduo e influenciado por outros fatores como a precipitação na área do aterro, escoamento superficial e/ou

infiltração subterrânea, umidade natural dos resíduos, grau de compactação e capacidade do solo em reter umidade.

São apontadas várias soluções de manejo de líquidos percolados, porém entende-se que é inevitável o tratamento dos referidos líquidos antes do seu lançamento em corpo receptor, sob pena de se comprometer todo um trabalho de engenharia que é projetar, construir e operar uma área de disposição de resíduos sólidos.

#### **4 - MATERIAIS E MÉTODOS**

Nesta dissertação de mestrado será utilizada primeiramente uma abordagem teórica geral e posteriormente prática, com a apresentação de dois estudos de caso: o aterro sanitário do Município de Piracicaba, "Pau Queimado" e o projeto do aterro industrial da empresa CETRESOL - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais, no que diz respeito a possíveis impactos ambientais que poderão advir da implantação deste empreendimento.

A metodologia consistirá na discussão dos estudos de caso apresentados, à luz das legislações vigentes, normas e literatura técnica disponível sobre o assunto, valendo-se da experiência no acompanhamento da recuperação do aterro sanitário "Pau Queimado" e da participação no processo de licenciamento do aterro da CETRESOL. Para tanto, utilizou-se resultados de monitoramento levantados ao longo do tempo, inspeções das instalações e dados de projeto.

## 5 - ESTUDOS DE CASO

### *5.1 - Aterro Sanitário "Pau Queimado"*

Ao se propor o Aterro Sanitário "Pau Queimado" como estudo de caso, pretende-se ilustrar a realidade da disposição de resíduos sólidos domiciliares no Brasil, utilizando um exemplo do Estado de São Paulo, que apesar de ser o estado mais desenvolvido da Nação, ainda está longe de resolver o problema do manejo dos seus resíduos.

Ao mesmo tempo neste estudo de caso, é possível acompanhar um processo de disposição de resíduos sólidos iniciado de maneira errônea e que, através de intervenções técnicas apropriadas, transforma-se num aterro controlado e com os riscos ao meio ambiente minimizados de maneira significativa, sem contudo perder-se de vista os cuidados permanentes que um local como este requer, como por exemplo, o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas.

### ***5.1.1 - Histórico do Empreendimento***

O Aterro Sanitário Pau Queimado vem sendo utilizado como área de disposição para os resíduos sólidos domiciliares e serviços de saúde do município de Piracicaba, desde 1975, quando começou a se coletar dados sobre descarga de resíduos naquele local. Inicialmente, era apenas um vazadouro de lixo, como tantos outros que ainda existem atualmente.

Permaneceu nesta condição até fins de 1988, quando então tiveram início as primeiras medidas mitigadoras, com vistas a minimizar os impactos ambientais negativos advindos da prática de se dispor lixo diretamente no solo, sem considerar a legislação e normas existentes.

A partir de 1989, iniciaram-se os trabalhos de compactação e cobertura diária dos resíduos, construção de drenos para chorume e gases, além da recirculação do chorume no corpo do aterro, após o mesmo ser recolhido em caixas com o enchimento de pedra britada, cuja intenção era que funcionassem como filtros biológicos, o que nunca ocorreu de fato, pela falta de operação e manutenção adequadas.

A própria recirculação do chorume, funcionava de maneira precária, pelos mesmos motivos citados anteriormente, fazendo com que as caixas de recolhimento transbordassem e este efluente fosse lançado diretamente nos corpos hídricos mais próximos, ou seja, o Córrego Águas das Pedras e o Ribeirão dos Marins, impondo a estes uma alta carga poluidora, fazendo com que se desenquadrassem em relação aos padrões de qualidade previstos na Legislação Ambiental vigente. Vale ressaltar que o Córrego Águas das Pedras, nasce a montante do aterro, desaguardo logo em seguida no Ribeirão dos Marins, que por sua vez é afluente do Rio Piracicaba.

Em fins de 1995, foram iniciadas obras com vistas a reestruturar o sistema de recirculação de chorume, que incluiu desde a recuperação dos drenos, colocação de conjunto de bomba reserva até a contratação de funcionário treinado

exclusivo para operar o sistema. Atualmente, está em fase de construção, um tanque pulmão com capacidade de acumular por 24 horas, todo o chorume recolhido do aterro, em caso de falha no sistema de recirculação, evitando assim o lançamento nos corpos hídricos já citados.

O volume de geração de chorume estimado para o período de chuva que é o mais crítico, é de  $100\text{m}^3/\text{dia}$ .

Outra medida de controle implantada em 1992 na área em questão, foi a construção de quatro poços de monitoramento com o objetivo de avaliar a influência do chorume na qualidade das águas subterrâneas. Os primeiros resultados foram obtidos em agosto de 1995, sendo analisados 25 parâmetros.

É preciso sempre ressaltar que trata-se de um caso de adequação às exigências do órgão de controle ambiental, ou seja, de um empreendimento implantado sem projeto, portanto sem nenhuma medida preventiva prevista em Norma ou em Lei, o que significa dizer, por exemplo, que o lixo está depositado diretamente no solo sem compactação e sem os drenos iniciais de coleta de chorume. Isto obviamente permite uma infiltração muito mais acelerada do que seria em condições de projeto. O que este trabalho discute e avalia, são os impactos causados por esta atividade considerando as condições em que ela se desenvolveu desde o seu início, até o presente. A Figura 4.1, mostra a condição da área do aterro "Pau Queimado" no início dos trabalhos de adequação. Pode-se observar os drenos de líquidos percolados sendo executados sobre o lixo já depositado, além da construção de tanques de recepção desses líquidos.

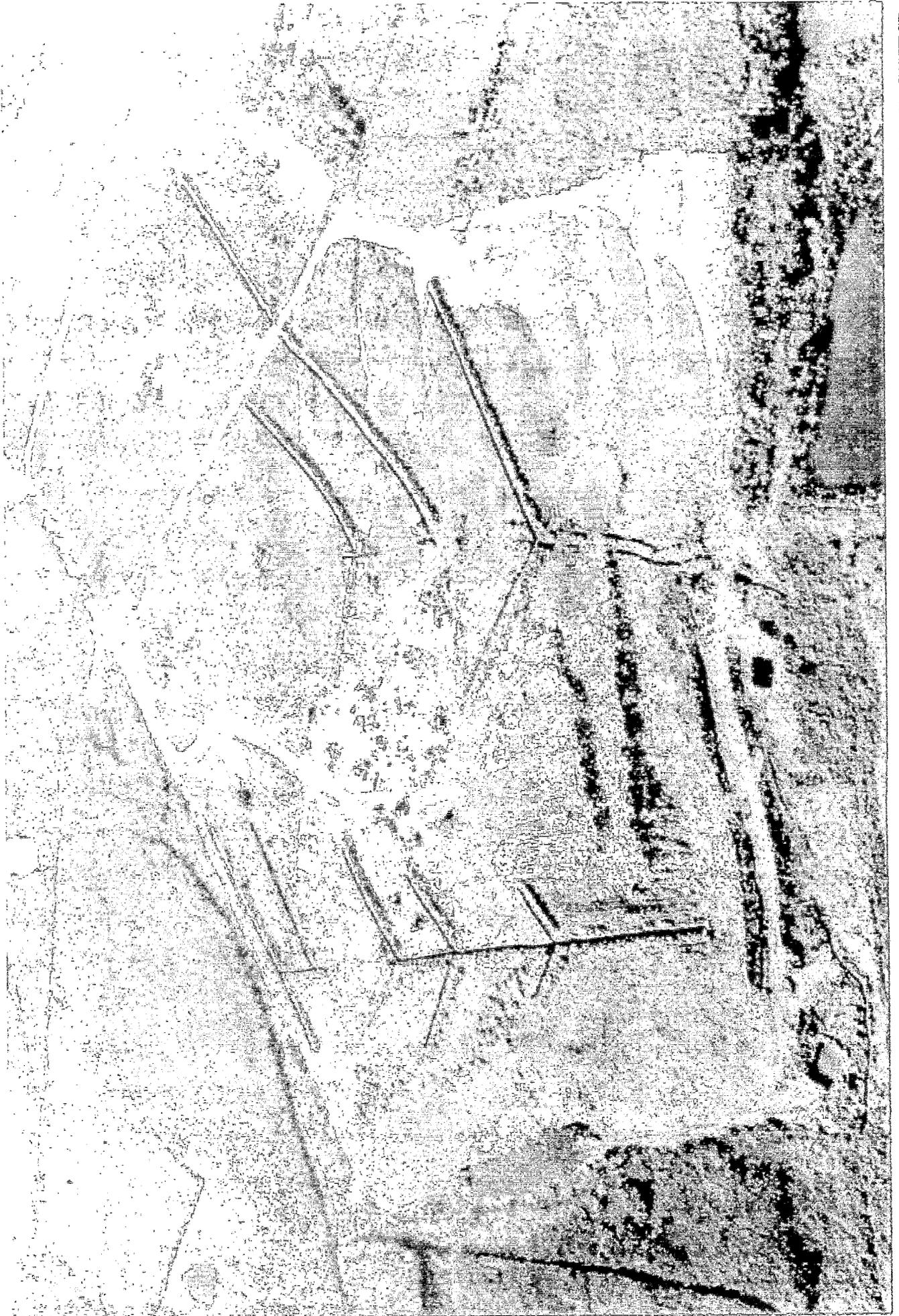


FIGURA 4.1 – Vista aérea da área do aterro no início da recuperação

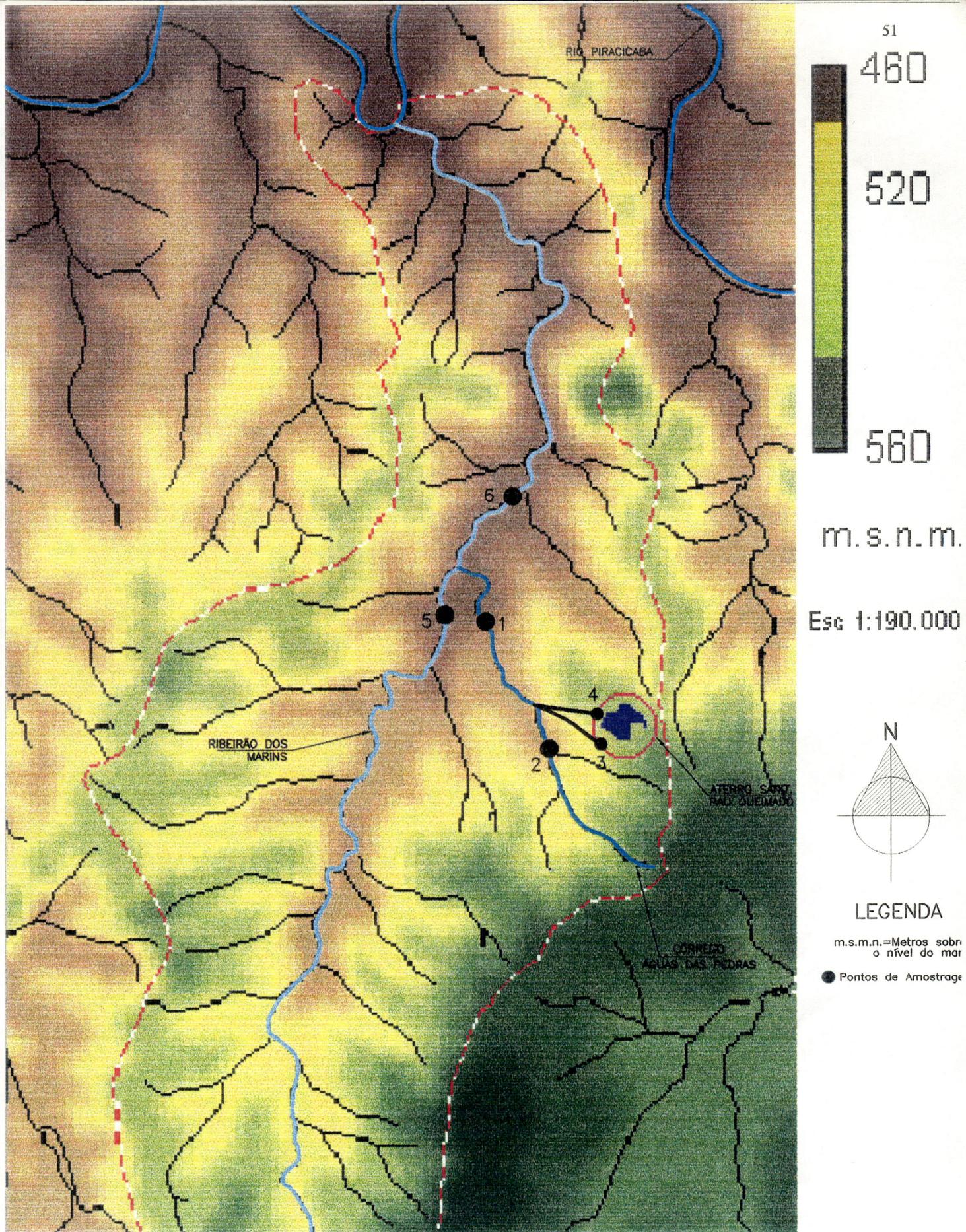
### *5.1.2 - Localização da Área*

A cidade de Piracicaba, localiza-se a 162 km a NW da capital do estado de São Paulo, na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba. O aterro Sanitário do Pau Queimado localiza-se na zona rural, inserido na micro-bacia do Córrego Águas das Pedras, afluente do Ribeirão dos Marins, conforme mencionado anteriormente, distando cerca de 15 quilômetros do centro da cidade. O aterro ocupa área total de 99000 m<sup>2</sup>, sendo que 62000 m<sup>2</sup> são ocupados com a disposição de lixo.

Na área restante, ficam as atividades de apoio, como guarita, balança, área de transbordo para o lixo de serviço de saúde, além de uma área destinada a atividade de separação manual do lixo domiciliar, antes deste ser colocado nas células. O solo do entorno do aterro é ocupado basicamente pela atividade agrícola, em especial por cana-de-açúcar.

No entorno da área em questão, encontram-se, além da nascente do Córrego Águas das Pedras, uma drenagem ativa que desagua no referido Córrego. Este fato torna a área bastante vulnerável no que diz respeito à possibilidade de contaminação das águas, sejam as superficiais ou subterrâneas. A Figura 4.2, mostra a localização da área do aterro "Pau Queimado" em relação aos corpos hídricos que estão sob sua influência.





FONTE : TRS Serviços Especializados s/c Ltda.

FIG 4.2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO "PAU QUEIMADO"

### ***5.1.3 - Geologia e Hidrologia Local***

Na região afloram rochas sedimentares do Permiano Superior (Grupo Passa Dois) e instruções básicas do Meozóico da Bacia Sedimentar do Paraná. Do Grupo Passa Dois, encontram-se as Formações Irati e Corumbataí. A primeira é formada por siltitos, argilitos, folhelhos silticos e pirobetuminosos de cor cinza a preta. Localmente apresenta alternâncias rítmicas de calcáreos com coloração cinza a creme parcialmente silificados e restritos níveis de conglomerados. Tais sedimentos são interpretados como sendo de ambiente marinho de águas rasas passando gradativamente a águas profundas de bacia confinada.

A Formação Corumbataí deposita-se concordantemente acima da Formação Irati e é constituída por argilito, folhelhos e silticos cinza, arrochados ou avermelhados com intercalações de bancos carbonáticos e camadas de arenito fino de provável origem marinha de águas rasas sob influência da maré (IPT, 1981). No local do aterro o solo apresenta uma camada de alteração não muito profunda, variando de dois a cinco metros de espessura, como mostram as sondagens de reconhecimento realizadas pela empresa TECSOLO Engenharia de Fundações Ltda (1992).

A partir desta profundidade, encontram-se os siltitos arroxados com intercalações rítmicas de bandas finas e camadas delgadas de litologia arenosa a argilosa mais claras da Formação Corumbataí, parcialmente alterados e extremamente quebradiços com fraturas conchoidais típicas da mesma. Trata-se de um solo silto-argiloso medianamente arenoso, apresentando densidade média dos grãos de 2,63 g/m<sup>3</sup> e umidade natural de 22,84%.

#### ***5.1.4 - Resultados do monitoramento efetuado pela CETESB e pelo empreendedor***

A partir de janeiro de 1987 começou-se monitorar a qualidade das águas superficiais dos corpos hídricos que estão na área de influência do aterro, ou seja, dois pontos no ribeirão Águas das Pedras e dois pontos no ribeirão dos Marins, a fim de se verificar o grau dos impactos negativos nos mesmos, causados pelo lançamento direto sem tratamento prévio, de todo o líquido percolado gerado no empreendimento em questão. Após a introdução de medidas mitigadoras, o monitoramento passou a servir para se medir a eficácia dessas medidas e possíveis falhas no sistema de recirculação de percolado que foi a principal medida adotada.

Como parte das ações de controle implementado na área em estudo, foram construídos 4 poços para monitorar as águas subterrâneas ( 1 a montante e 3 a jusante da área de disposição ), a fim de se verificar os impactos causados nestas águas, pela possível infiltração de líquidos percolados.

A seguir são apresentados os dados obtidos, desde quando se iniciou o monitoramento da área de influência do aterro "Pau Queimado", tanto das águas superficiais como subterrâneas. O monitoramento tem sido feito pela CETESB e pelo próprio empreendedor, através da contratação de laboratórios particulares. Os dados apresentados também são discutidos à luz da legislação ambiental vigente e literatura disponível. A Tabela 4.1, mostra os resultados do monitoramento das águas superficiais obtidos até o ano de 1998, bem como do efluente do aterro e das lagoas existentes próxima ao mesmo. O valores máximos permitidos utilizados, são os fixados pela resolução CONAMA nº 20/86, para águas superficiais de classe 2. Não foram utilizados padrões de lançamento, assim sendo, os dados do efluente do aterro e das lagoas (pontos 3 e 4), foram apenas informados. A Tabela 4.2, mostra os resultados do monitoramento das águas subterrâneas obtidos nos quatro poços, entre os anos de 1995 e 1997.









### 5.1.5 - *Discussão dos resultados - Águas superficiais*

Os resultados de monitoramento obtidos ao longo do tempo na área de influência do aterro sanitário "Pau Queimado", no efluente e nas lagoas lindeiras ao próprio aterro, mostram claramente o potencial e a intensidade dos impactos ambientais negativos que um empreendimento desta natureza é capaz de causar ao meio ambiente. Os parâmetros analisados, bem como a frequência de amostragem tiveram muitas variações, mesmo assim, são suficientes para permitir a avaliação que será feita a seguir:

- ***Benzeno, Tolueno e Xileno*** : Somente na primeira amostragem (15/01/87), foram realizadas análises de BTX; evidenciando uma contaminação, principalmente, por tolueno. A presença de tais compostos está associada a sua utilização na produção de tintas, vernizes, solventes em geral, resinas, etc; estando presentes, também, em combustíveis (gasolina e óleo diesel). Consequentemente, estopas e outros resíduos contaminados com solventes, coletados juntamente com os resíduos domiciliares, contribuem com os resultados encontrados. Torna-se necessário um monitoramento sistemático de tais parâmetros, objetivando a adoção de ações de controle. Também é necessário o controle dos elementos causadores na origem, ou seja, segregação e destinação adequada dos resíduos contaminados.
- ***DBO/DQO, Coliformes total/fecal, OD, Fenóis*** : Como resultado dos fenômenos de degradação da matéria orgânica presente nos resíduos domiciliares, o chorume apresenta elevada carga orgânica e, seu lançamento desenquadra os corpos d'água na área de influência do aterro (Córrego Águas das Pedras e Ribeirão dos Marins), ambos de classe 2. A presença de coliformes totais/fecais é uma constante, inclusive nos corpos d'água a montante do aterro.

Os níveis de OD não chegaram a atingir concentrações abaixo dos limites para os corpos d'água. Somente em 1987 foram registradas baixas concentrações de fenol.

- **Cor, Turbidez, Resíduos** : Somente as duas primeiras campanhas de amostragem envolveram os parâmetros em pauta. Embora em termos de turbidez haja atendimento à legislação, o resultado excede o limite legislado. Os poucos valores de resíduos impedem maiores considerações sobre percentuais de matéria orgânica/inorgânica contida nas amostras.
- **Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Sn, Fe, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag e Zn** : Os metais pesados constituem uma classe de poluentes, assumindo grande importância, frente aos aspectos de toxicidade e bioacumulação. Cd, Hg, Pb, Cr, Fe, Ni, Cu, Ag e Zn estão relacionados ao tratamento de despejos industriais; outros metais considerados nesta categoria são : Al, Mn, Co, Mo, Se, As e Sb.

Em geral a maioria dos metais pesados encontram-se na forma inorgânica, estando condicionados a vários fatores que determinam sua solubilidade em água. Exceto As, Se, Mo e Co, que não foram analisados, os demais metais não foram detectados ou apresentaram concentrações abaixo do limite estabelecido pela lei no corpo receptor. As concentrações de Al mostraram-se acima do limite legal, conquanto tenham sido constatadas a montante da confluência do Córrego Águas das Pedras com o Ribeirão dos Marins. Em apenas uma campanha de amostragem o parâmetro Cu excedeu os limites da legislação, em ponto na mesma situação do Al.

- **Cloreto, Condutividade específica, Dureza total, pH** : Os níveis de cloreto nos corpos d'água não excederam o limite de 250 mg/L, apesar de ter se detectado valores bastante elevados no efluente que sai diretamente do aterro (ponto de amostragem nº 4). A condutividade específica é um método rápido para estimar a concentração de íons na água; seus valores refletem a natureza e concentração dos íons.

No Ribeirão dos Marins os valores não foram superiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Em geral valores maiores que 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  não são apropriados à vida aquática. O Córrego Águas das Pedras apresenta dureza moderada (apenas dois valores obtidos). A dureza da água é decorrente da dissolução de íons metálicos, principalmente cálcio e magnésio.

O Ribeirão dos Marins apresenta pH entre 7 e 8, não havendo grandes variações devido a mistura com o Córrego Águas das Pedras.

- **Fosfatos e Nitrogênio** : O fósforo assim como nitrogênio são os principais nutrientes que desempenham o papel de produtividade aquática, eutrofização ou florescimento de algas. Apenas uma análise do teor de fosfato total indicou ultrapassagem de valor máximo permitido no Córrego Águas das Pedras, decorrente do elevado teor no chorume.

O nitrogênio, na sua forma amoniacal, apresentou grande variação no Ribeirão dos Marins, ao receber as águas do Córrego Águas das Pedras. O padrão para amônia em águas de classe 2, na sua forma mais tóxica, que é a amônia não ionizável ( resolução CONAMA nº 20/86), é de 0,02 mg/L. A dissociação da amônia está fortemente ligada ao pH e temperatura. A medida que aumenta o pH, aumenta também a porcentagem de amônia não ionizada, agravando a situação nos cursos d'água.

Para pH na faixa de 8,0 e, resultados de nitrogênio amoniacal da ordem de 2 mg/L, como ocorreu nas amostragens de 26/03/98 e 26/06/98, tem-se um percentual de amônia não ionizada de 3,8 %, ou seja : 0,076 mg/L; superior, portanto, ao limite de 0,02 mg/L para a preservação da vida aquática. Certas concentrações encontradas no Córrego Águas das Pedras, a jusante da área do aterro, encontram-se bastantes superiores ao valor permitido pela legislação. O

monitoramento realizado permite inferir um impacto ambiental significativo na área de influência do aterro, devido, principalmente, à carga poluidora em termos de DBO e nutrientes, bem como uma preocupação com a presença de compostos orgânicos (BTX). No anexo B, são apresentados os padrões de qualidade ambiental para água, utilizados no Brasil.

#### **5.1.6 - Discussão dos resultados - Águas subterrâneas**

A implantação de quatro poços de monitoramento de águas subterrâneas, fez parte das medidas de controle implementadas na área do aterro sanitário "Pau Queimado", e durante três anos foram feitas amostragens para análises laboratoriais, cujos resultados obtidos encontram-se na Tabela 4.2. Ressalta-se que tanto a construção dos poços de monitoramento bem como as amostragens realizadas, obedeceram à NBR 13895/87 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem.

- **Profundidade, volume, nível d'água e temperatura** : A profundidade total, volume e nível d'água são variáveis observadas nos poços de monitoramento quando da avaliação das amostragens. A temperatura, fator de influência em muitos equilíbrios físicos e químicos, manteve-se na faixa entre 23 °C e 26° C, acompanhando aproximadamente as estações do ano. Conquanto a temperatura das águas subterrâneas seja quase constante durante o ano (variação de 1° C a 2° C), os aquíferos freáticos podem apresentar variação mais acentuada.
- **Turbidez, sólidos totais, sulfatos, pH, condutividade, cloretos** : A turbidez encontra-se relacionada com a quantidade de sólidos totais numa amostra; sua fração em suspensão, é representada por argila, minerais, sedimentos, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, etc.

Estes resultados, na prática, não mostraram muita relação; embora não tenha sido analisada a fração dissolvida.

Os teores de sulfatos não apresentaram variações significativas ao longo do período. Este ânion deriva, principalmente, da oxidação de sulfetos e pela lixiviação de compostos sulfatados. Apenas uma amostra evidenciou tal oxidação, embora com níveis relativamente baixos.

O pH e condutividade são resultantes dos constituintes iônicos dissolvidos na água. As reações químicas e seu equilíbrio iônico desempenham importante papel na hidrólise dos compostos. Os valores de pH mantiveram-se bastante próximos da neutralidade. A condutividade não apresentou alterações significativas de montante para jusante.

O íon cloreto, de elevada influência na condutividade, também não mostrou alterações significativas ao longo do período.

- **DBO, DQO, OD, fenóis** : A DBO pode ser correlacionada ao teor de sólidos totais, representado na fração dissolvida, a qual não foi analisada, ficando prejudicada a interpretação de tal parâmetro. Entretanto, a DBO, pode ser até mesmo desprezada no monitoramento de um aquífero; mas, importante, é a análise do carbono orgânico total/carbono dissolvido total, objetivando avaliar a solubilização dos metais, principalmente manganês e ferro. A DBO, correlacionada ao parâmetro DQO, o qual reflete as condições de oxidação dos compostos, não apresentou alterações de montante para jusante.

Também o oxigênio dissolvido, não constitui parâmetros de interesse na avaliação do monitoramento realizado. É interessante notar a ausência de fenóis nas determinações realizadas. Estes compostos, presentes no chorume, são mais facilmente carregados através das águas superficiais.

- *Al, Ba, Cr, Zn, Fe, Mn* : Al e Ba também contribuem com a dureza da água, embora os principais ions sejam Ca e Mg. Esta importante análise não foi realizada. Não foram determinados níveis de Al e Ba na maioria das amostras. Entretanto, na amostragem de abril/96, foram obtidos resultados de Ba até da ordem de 5 mg/L, provavelmente, decorrente de fontes antropogênicas uma vez que as concentrações deste metal geralmente são abaixo de 0,1 mg/L.

Cromo e Zinco não foram detectados na maioria das amostras. Em uma das amostras (jul/95) foi detectada Cr total nos poços a jusante, em níveis da ordem de 1,5 mg/L, evidenciando certa contaminação. Após, não foram detectadas outras concentrações.

O ferro foi analisado na forma de  $Fe^{2+}$ , ou seja o ion ferroso, o qual se apresenta muito solúvel em pH entre 6 e 8. Ambientes anaeróbios, devido à presença de matéria orgânica, podem levar a condições redutoras, e tomarem as águas subterrâneas altamente poluídas, contendo concentrações de ferro solúvel até 700 mg/L. Entretanto, tais fatos não foram observados. As concentrações de ferro nas últimas amostragens não foram detectadas e nas primeiras amostragens a média dos resultados nos poços a jusante foi muito baixa, demonstrando, indiretamente, ausência de contaminações devido à matéria orgânica.

Analogamente, as concentrações de Mn também não evidenciaram solutos orgânicos dissolvidos, capazes de dissolver o óxido de manganês e, conseqüentemente elevar as concentrações de manganês a níveis altos. A tendência, será o desaparecimento dos teores de manganês existentes.

- *Nitritos e Nitratos* : São compostos indicadores de contaminação orgânica, devido a relação que estes ions apresentam com os processos de oxidação da matéria orgânica.

Os níveis de nitrato ( $NO_3^-$ ) em água são tipicamente menores que 5 mg/L; para nitritos ( $NO_2^-$ ), concentrações maiores que 0,003 mg/L são indícios de

poluição; já para amônia, os níveis de poluição são de 0,1 mg/L (STRAUS, E.L. 1993), (este parâmetro não foi determinado). Os níveis de nitritos e nitratos, confirmam a não contaminação das águas subterrâneas.

A análise dos resultados obtidos no monitoramento das águas subterrâneas, permite inferir a inexistência de contaminação significativa no aquífero da área em estudo, seja devido à matéria orgânica ou aos metais analisados, apesar do cloreto ter apresentado valores acima do padrão de potabilidade (250 mg/L), no poço de monitoramento P2.

#### *5.1.7 - Discussão do empreendimento*

O aterro sanitário do município de Piracicaba, "Pau Queimado", é hoje o típico exemplo do que é possível ser feito em áreas onde se depositou lixo de forma inadequada. Partindo-se de uma situação aparentemente comprometedoras em termos de qualidade ambiental, chegou-se a um ponto onde as intervenções realizadas mostraram que apesar de não se ter atingido a condição ideal, atingiu-se a condição possível.

Dessa maneira, entende-se que este empreendimento não deva ser avaliado apenas sob o ponto de vista da observância das leis e normas, mas principalmente sob o ponto de vista dos ganhos ambientais advindos das medidas corretivas adotadas.

Sob este prisma é possível afirmar-se que os ganhos foram muitos, bastando para isso, uma comparação simples entre a situação inicial sem nenhum tipo de controle, para a atual situação com os líquidos percolados sendo totalmente recirculados e o encerramento do aterro ocorrendo dentro de princípios estabelecidos nas normas vigentes, como mostra a Figura 4.3, que apresenta uma vista aérea do

empreendimento onde pode se observar a configuração das células já acabadas e a última célula ainda em atividade.

Por esta Figura percebe-se que o aterro está em final de vida útil e à sua direita já se prepara uma nova área para disposição de resíduos domiciliares, esta sim, obedecendo todos os princípios legais e de normas.

As Figuras seguintes ( 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 ), mostram cenas típicas de operação de aterro de resíduos sólidos domiciliares, com máquinas realizando cobertura de lixo, compactação, colocação de canaletas para escoamento de águas pluviais e drenos de gás. A configuração final do aterro sanitário "Pau Queimado" será de acordo com o previsto em normas, fazendo com que os impactos ao meio ambiente se reduzam ainda mais, visto que o acabamento adequado dos aterros de resíduos sólidos são tão importantes quanto o seu início, pois apenas o desvio das águas pluviais faz com que diminua consideravelmente o volume de líquido percolado gerado, sendo este um dos maiores responsáveis pela poluição das águas e do solo em áreas de aterros.

Outro fator que contribui na mesma direção, é a impermeabilização que deve obedecer princípios estabelecido em normas que vão desde a qualidade do solo utilizado até à compactação adequada e colocação de vegetação para fixação do mesmo.

A Figura 4.7 mostra uma vista aérea do Aterro "Pau Queimado" em final de acabamento. Nela pode se identificar detalhes típicos de encerramento de obras como esta, tais como, cobertura final com terra especial, grama, canaletas para águas pluviais. Observa-se também nesta figura, a preparação da outra área contígua a este estudo de caso, que passou a receber os resíduos urbanos de Piracicaba, após 06/07/98.

As informações e dados sobre o empreendimento em questão, foram obtidos junto a CETESB, nos termos Resolução SMA 66 de 17/12/96, que permite acesso público aos processos administrativos que tratam de matéria ambiental.



FIGURA 4.3 – Vista do topo do aterro em fase de acabamento



FIGURA 4.4 – Vista de uma célula em preparo para colocação de canaletas para águas superficiais



FIGURA 4.5 – Vista de célula acabada, dreno de gás e célula em operação



FIGURA 4.6 – Sequência de células em operação, acabada e dreno de gás



FIGURA 4.7 – Aterro sanitário PAU QUEIMADO – Vista aérea no final da utilização

## **5.2 - CETRESOL - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais**

Trata-se de um empreendimento privado, cujo projeto foi apresentado aos órgãos do sistema de meio ambiente do Estado de São Paulo, tendo sido considerado ambientalmente viável por estes, recebendo as devidas licenças para sua implantação, sendo este o "status" em que se encontra atualmente.

Neste trabalho, não se discute os detalhes técnicos do projeto em nenhuma de suas fases de tramitação, mas tão somente trata do seu encaminhamento no que diz respeito à observância da legislação e Normas vigentes, desde a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório, até à elaboração do projeto executivo e os trâmites de licenciamento junto aos órgãos de meio ambiente.

O projeto consiste na construção de células para disposição de resíduos perigosos- classe I e classe II, não perigosos, com a operação de preenchimento das valas e impermeabilização da frente de aterramento, através de geomembranas com 2,5 e 1,5 mm de espessura respectivamente, seguidas de camadas de argila compactadas de 1,0 m de espessura e  $K = 10^{-7}$  cm/s de forma a se ter no final um isolamento o mais completo possível do sistema.

O projeto prevê também ainda o tratamento dos eventuais líquidos percolados, de maneira a atender a legislação ambiental, com parâmetros de análise definidos pelo órgão ambiental, muito embora, não haja previsão para colocação de resíduos com presença de líquidos livres.

Todas as condicionantes impostas ao empreendimento pelo órgão ambiental, serão comentadas no decorrer deste trabalho com maiores detalhes.

Os aterros são empreendimentos passíveis de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), conforme previsto na Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA,

datada de 23/01/86, devendo o estudo elaborado ser submetido à apreciação da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA).

A implantação de um aterro, deve ser realizada de acordo com projeto executivo elaborado de acordo com normas específicas e previamente submetido à avaliação e aprovação do Órgão de Controle Ambiental, que ao final emitirá a licença de instalação com as devidas condicionantes, incluindo aquelas já sugeridas pela SMA, mais outras julgadas necessárias, em face da análise do projeto realizada por este. A Licença de Funcionamento é emitida após o empreendedor ter cumprido as condicionantes que constam da Licença de Instalação.

Na elaboração de projetos de aterros industriais, como é o caso em questão, são observadas as seguintes técnicas: NBR 8418- Apresentação de Projetos de Aterros Industriais"; NBR 10157 - Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação"; e P4. 240 - Apresentação de Projetos de Aterros Industriais".

### ***5.2.1 - Histórico do Empreendimento***

Um grupo empresarial tomou a iniciativa de desenvolver o projeto desde a sua viabilidade econômica e ambiental, até o projeto executivo, incluindo a elaboração do EIA/RIMA e o licenciamento do sistema.

Desde então, a alternativa proposta de uma central regional, implantada e gerenciada por um segmento do setor privado, vem sendo discutida através de um processo que conta com a participação do poder público e da sociedade civil organizada.

Este procedimento representa uma novidade na condução deste tipo de empreendimento, como busca de solução para a questão da destinação de resíduos sólidos e que apesar de trabalhoso, torna a solução encontrada mais adequada sob os aspectos técnicos e de legitimidade.

A discussão desse projeto, foi iniciada em 1990 por uma comissão de resíduos constituída pela Prefeitura Municipal de Piracicaba. Em todas as fases do projeto, principalmente a da escolha da área, os trabalhos foram coordenados por esta comissão e acompanhados pelas demais instituições envolvidas, inclusive a CETESB.

A comissão ficou responsável pelo encaminhamento e busca de soluções para a disposição dos resíduos sólidos industriais da região.

Em 1992, resolveu-se contratar a elaboração do EIA/RIMA, que teve seus custos assumidos pela Brunelli S/A Agricultura, o denominado "Grupo Brunelli", empresa de Piracicaba interessada em explorar a atividade em pauta.

No final daquele ano, o EIA/RIMA foi apresentado à SMA, que após a solicitação de pareceres técnicos junto a universidades e instituições técnicas, além de complementações junto ao empreendedor, manifestou-se favoravelmente à implantação do empreendimento através da Resolução Consema nº 42/95 datada de 21/12/95, emitindo a Licença Prévia nº 000024 datada de 15/03/96, com validade de um ano, atendendo a Resolução SMA 42 de 29/12/94.

Em 28/11/96, o empreendedor solicitou junto à CETESB, a Licença de Instalação, em cumprimento ao disposto no artigo 57, inciso IV do Decreto Estadual nº 8468 de 08/09/76. Em 27/12/96, após todos os procedimentos de análise de projeto, foi emitida a Licença de Instalação com as devidas condicionantes que deverão ser cumpridas integralmente quando da implantação do empreendimento.

Até o presente, as obras ainda não foram iniciadas, face a um novo processo de discussão que se seguiu após a emissão das Licenças, no âmbito da Câmara de

Vereadores de Piracicaba, onde se discute o número de municípios que poderão enviar seus resíduos para o aterro em pauta. A aprovação foi para receber resíduos de 25 municípios.

### **5.2.2 - Escolha da Área**

Considerando a abrangência regional da Central de Tratamento, a escolha da localização contemplou inicialmente um território de 3.000 km<sup>2</sup>, o qual compreende os vários municípios que estariam envolvidos com o empreendimento.

A partir dessa macrolocalização foram definidos critérios para determinar a área mais adequada para a implantação do tipo de atividade proposta. Esses critérios foram principalmente aspectos como uso e ocupação do solo ; restrições legais; áreas urbanizadas; recursos hídricos; geologia; geomorfologia; entre outros. Em seguida essas informações foram sobrepostas através de metodologia desenvolvida pela empresa responsável pelo EIA e RIMA.

Através da metodologia adotada, houve uma subdivisão da área inicial considerada, em blocos regulares de 1 km<sup>2</sup>, os quais receberam valores (pesos) de acordo com as aptidões de interesse do empreendimento e as variáveis ambientais envolvidas.

Finalmente das 2.065 quadriculas obtidas inicialmente pela metodologia proposta, foram selecionadas 7 (sete) que apresentaram as melhores características para receber o empreendimento proposto.

A definição da escolha da área foi realizada em conjunto com a Comissão Especial de Resíduos Sólidos Industriais de Piracicaba, através de visitas às áreas selecionadas com a finalidade de confirmar os resultados através de levantamentos de campo.

A escolha da área levou em consideração ainda a distância dos geradores, bem como, a proximidade de infra-estrutura.

Essa conduta inicial de seleção de áreas serviu evidentemente para batizar o processo, todavia, o detalhamento técnico ambiental que serviu para a definição final na avaliação da viabilidade da mesma em receber o empreendimento, foi realizado através de uma investigação aprofundada das características naturais da gleba.

### ***5.2.3 - Localização da Área***

O empreendimento em pauta, está previsto para ser implantado a uma distância de aproximadamente 20 km da cidade de Piracicaba, a 2 km da Rodovia SP 147, que liga esse município ao de Limeira, próximo à divisa com o município de Iracemápolis-SP. Geograficamente, a área está dentro da bacia hidrográfica do rio Piracicaba, a cerca de 140 km da cidade de São Paulo, considerando-se uma linha reta.

Por via rodoviária, pode se chegar ao local do empreendimento, pelo complexo Anhanguera - Bandeirantes ( SP 330 e SP 348), entrando pela rodovia SP 304 até a cidade de Piracicaba, daí segue-se em direção a cidade de Limeira pela rodovia SP 147, percorrendo-se cerca de 20 km até chegar ao local.

Dista de 500 a 1000 m das habitações mais próximas as quais servem de colônia para os funcionários do empreendedor que é o proprietário da terra e tem como atividade a agroindústria. O corpo hídrico mais próximo, é o Ribeirão das Palmeiras que fica a mais de 800 m do local previsto para implantação do empreendimento em questão.

Em termos de topografia, a área ocupa uma superfície aplainada, a noroeste da cidade de Piracicaba, no interior da zona geomorfológica do Médio Tietê. Tem formato trapezoidal, apresentando declividades regulares e baixas, no máximo de 4%. A diferença entre os pontos mais baixos e os mais altos na área prevista para intervenção, é de aproximadamente 25 metros.

A Figura 4.8, mostra a localização do empreendimento em relação ao estado de São Paulo e ao Brasil, enquanto a Figura 4.9 mostra sua localização em relação aos corpos hídricos e às rodovias de acesso, na região de implantação.

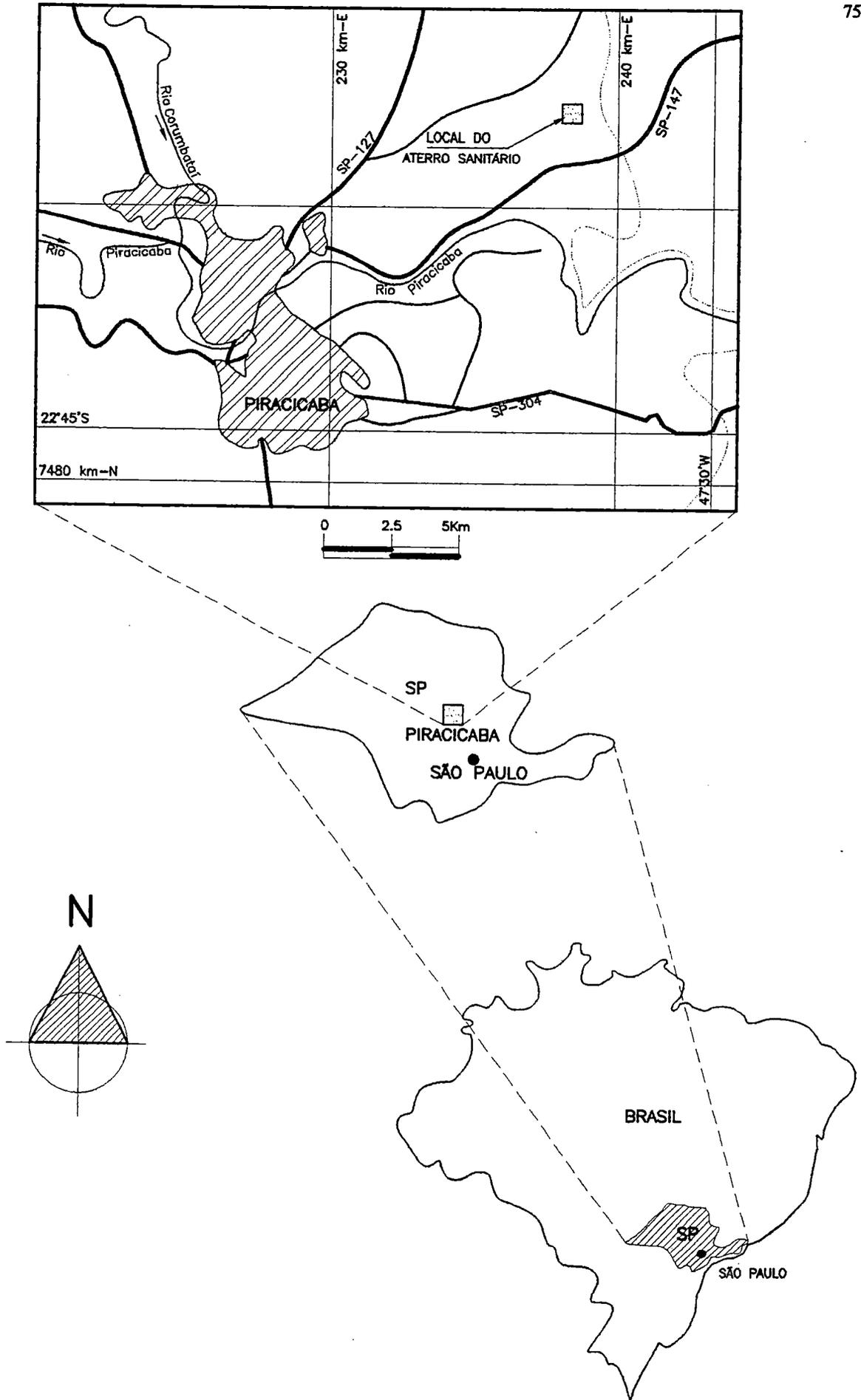


FIGURA 4.8 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO INDUSTRIAL DA CETRESOL EM RELAÇÃO AO ESTADO DE SÃO PAULO E BRASIL.

FONTE : JAAKKO PÖYRY engenharia

# LEGENDA

RODOVIA PAVIMENTADA

ESTRADA DE TERRA/CARREADORES

DRENAGEM

CONSTRUÇÕES

POÇO RASO (CACIMBA)

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO  
ÁREA RURAL (PLANTAÇÃO CANA DE AÇÚCAR)

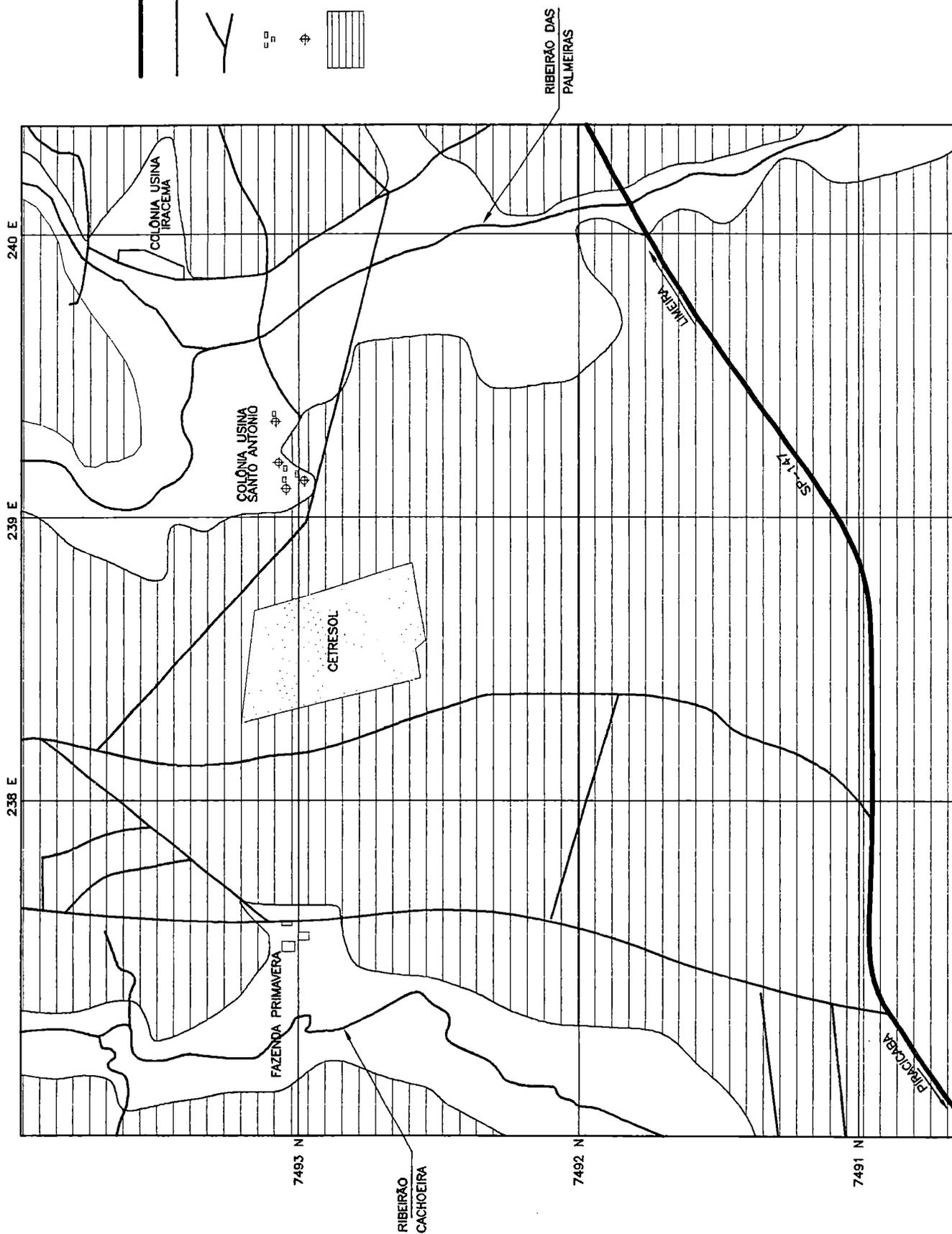
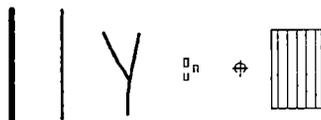


FIGURA 4.9 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO DA CETRESOL EM RELAÇÃO AOS CORPOS HÍDRICOS E RODOVIAS DE ACESSO.  
 FONTE : JAAKKO PÖYRY engenhearia

#### 5.2.4 - Geologia Local

A área em pauta situa-se nos domínios da Bacia do Paraná e sobre a unidade geomorfológica denominada Depressão Periférica, onde os depósitos sedimentares e rochas intrusivas apresentam horizontes de alteração de espessura variável, atingindo mais de 40 m de profundidade.

Na área de influência imediata, assumida como uma faixa de 1 km ao redor da área do projeto, apresentam as seguintes litologias:

- Formação (Ptt) - Grupo Tubarão: depósitos de origem marinha, apresentando siltitos e arenitos finos, estratificados;
- Formação Irati (Pi) - Grupo Passa Dois: constituídos por siltitos, argilitos e folhelhos, com ocasionais níveis de calcário intercalados. A decomposição gera um solo de cor semelhante à terra roxa;
- Suite intrusiva básica: representada na área por corpo de diabásio em vários estágios de alteração, com intenso diaclasamento.

O reconhecimento de campo e as investigações realizadas mostraram que a área do projeto localiza-se parte sobre um corpo de rocha intrusiva básica (diabásio) e parte sobre rochas sedimentares (calcários, argilitos e siltitos).

Durante a fase inicial da campanha de investigações, observou-se que existe na borda oeste da área, espessuras de manto de alteração (solo + rocha argilisada), em torno dos 10 metros, enquanto no restante as profundidades do topo rochoso atingiram de 35 a 43 metros.

O modelo geológico definido pode ser sintetizado através do seguinte perfil geológico:

- Camada de solo superficial: argila arenosa, porosa, mole a média marrom-avermelhada (Latosolo roxo), com espessuras variando de 6 a 12 metros;

- Solo de alteração de rocha: nível de transição constituído de argila silto-arenosa marrom-avermelhada, com manchas/veios amarelados e espessuras de 1 a 4 metros;
- Rocha alterada: silte argilo-arenosas, médio e rijo, variegado, com níveis argilo-arenosos intercalados, com fragmentos de rocha de cor acinzentada na base e espessuras variando de 20 a 30 metros;
- Rocha sã: rocha básica (diabásio), muito fraturada e friável no contato, cor cinza-esverdeada a cinza amarelado, grã fina média e rocha sedimentar mostrando alternância de calcário com siltitos/argilitos, cor cinza claro e escuro.

O contato entre o manto de intemperismo ( solo + rocha argilizada) e a rocha sã, definido como topo rochoso, apresenta-se fragmentado e fraturado/cizalhado, como observado nas sondagens rotativas realizadas.

O "degrau" no topo rochoso , existente na borda Oeste da área ( mais alta) pode ter propiciado uma concentração do fluxo da água subterrânea em direção à parte mais baixa , ocasionando as maiores espessuras de alteração de rocha nesse local. A Figura 4.10 apresenta o mapa geológico da área em estudo.

# LEGENDA

- SEV SONDAEM ELETRICA VERTICAL
- SP SONDAEM A PERCUSSAO
- SP SEV SONDAEM A PERCUSSAO SONDAEM ELETRICA VERTICAL
- SR SEV SONDAEM ROTATIVA SONDAEM ELETRICA VERTICAL
- ⊙ P POÇO
- 80.35 COTA TOPOGRAFICA (m)
- 85 CURVAS DE NIVEL
- AREA DESTINADA AO ATERRO
- DIABASIO
- F.M. IRATI/PRE IRATI CALCARIOS/ARGILITOS/SILTITOS
- CONTATO INFERIDO
- A ↗ SECAO GEOLOGICA

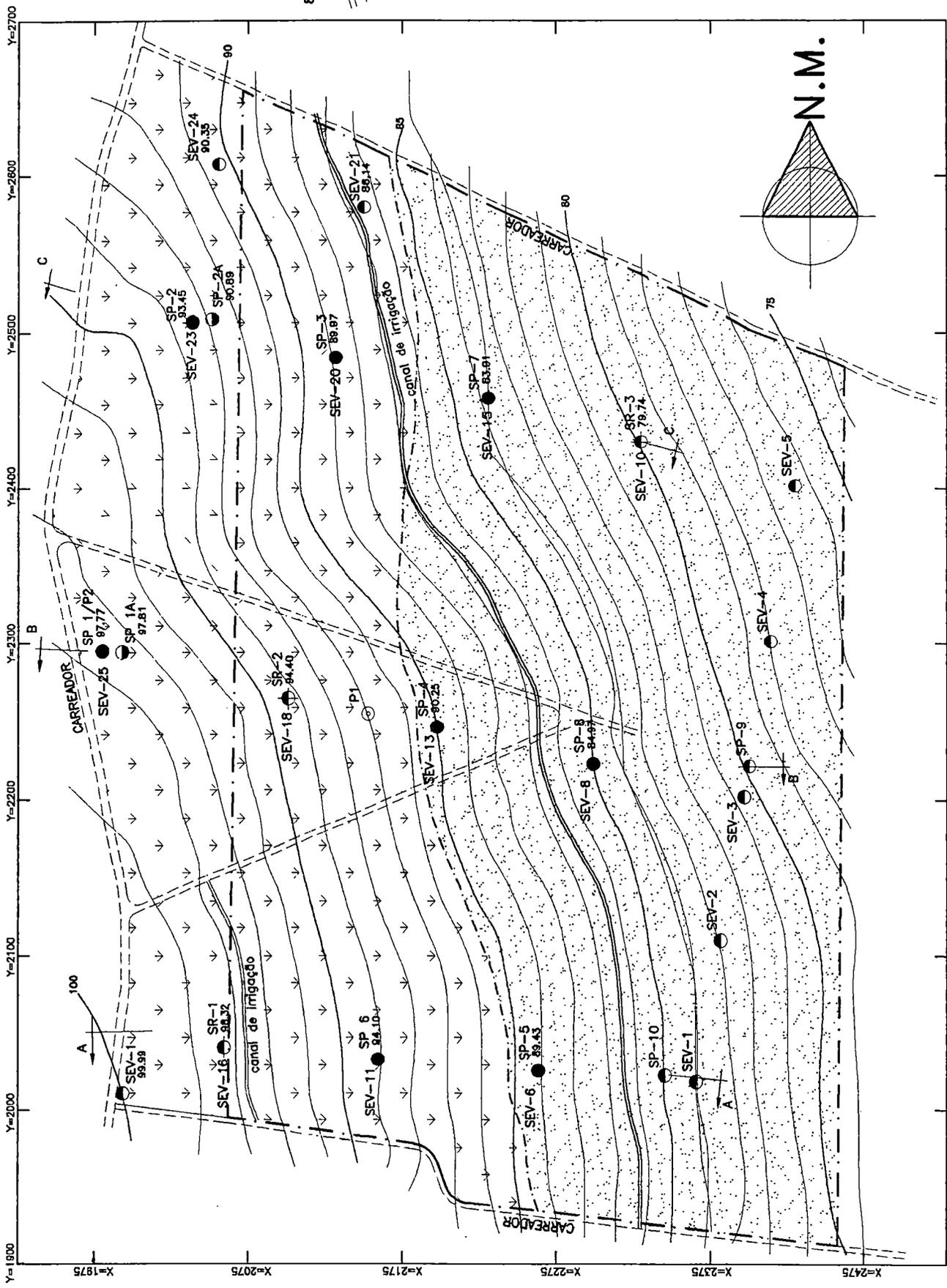


FIGURA 4.10 - MAPA GEOLÓGICO DO LOCAL DO ATERRO DA CETRESOL  
 FONTE : JAAKKO POYRY engenharia

### ***5.2.5 - Hidrogeologia Local***

A caracterização geológica mostra que a área do empreendimento está inserida no denominado aquífero Passa Dois, associado ao Aquífero Diabásio. O Passa Dois, regionalmente, apresenta zonas aquíferas localizadas, armazenando água tanto por porosidade de interstícios como de fissuras, dependendo da litologia e situação estrutural local, não obedecendo a uma distribuição espacial uniforme.

O aquífero associado ao diabásio existente na área, relaciona-se ao fraturamento que normalmente ocorrem nesses corpos, caracterizando-se a nível regional, como de distribuição localizada, descontínua e heterogênea.

O conjunto de informações obtidas nos ensaios de campo e laboratório realizados na campanha de investigação permitiram a caracterização hidrogeológica preliminar para fins do projeto de implantação do empreendimento.

***Aspectos Hidrogeológicos Locais*** : Foram executados ensaios em laboratórios e "in situ" sobre amostras deformadas e indeformadas coletadas durante as investigações, obedecendo às normas estipuladas pela CETESB e ABNT. Realizaram-se análises granulométricas, ensaios de plasticidade/liquidez, determinação dos coeficientes de permeabilidade (natural e compactada), ensaio de perda d'água sobre pressão, de maneira a definir as características hidrogeológicas principais de interesse ao projeto.

Estas informações obtidas, juntamente com o modelo geológico e dados do N.A. e profundidade do topo rochoso determinados nas sondagens e poços executados, levaram a elaborar o quadro hidrogeológico, mostrado na Tabela 4.3

**TABELA 4.3- Quadro hidrogeológico da área em estudo**

<b>Descrição do perfil Geológico</b>	<b>Permeabilidade Natural Ensaio Laboratório</b>	<b>(cm/s) Ensaio "in situ"</b>
Latossolo Roxo	$1,1 \times 10^{-3}$	-
Zona Transição	$3,6 \times 10^{-4}$	-
Rocha Decomposta (Zona Saturada)	$1,0 - 3,6 \times 10^{-4}$	$1,2 - 8,0 \times 10^{-6}$

FONTE: Jaako Poyry - engenharia

- O perfil geológico da área do projeto apresenta a seguinte configuração :
  - Unidade superficial, representada por latossolo roxo, com espessura média de 10 metros ;
  - Unidade intermediária, constituída por rocha decomposta (material argilizado) com espessura média de aproximadamente 28 m, onde se encontra inserido o nível freático (N.A.).
  - Unidade inferior, constituída por rocha sã (diabásico ou rocha sedimentar), com topo fraturado/cizalhado e profundidade média de 38,5 m, com relação à superfície.
- O nível d'água (N.A.) que representa a superfície do aquífero freático, apresenta-se em média a uma profundidade de 26,0 m, sendo que a zona insaturada entre a base do latossolo roxo e o N.A. tem uma espessura média de 16 metros.
- O projeto estipula que as valas para disposição dos resíduos apresentam, profundidades máximas de 5 e 10 metros, para materiais de classe I e II, respectivamente, abrangendo quase exclusivamente o horizonte superficial do solo (Latossolo Roxo);
- Os coeficientes de permeabilidade natural ensaiados nas camadas de interesse, apresentavam os seguintes valores discriminados a seguir :

- Para prever o comportamento do coeficiente de permeabilidade do latossolo, simulando a compactação (100% Proctor Normal) foram realizados ensaios em amostras de sondagem retiradas nesse horizonte, que alcançaram valores médios máximos em torno de  $3,5 \times 10^{-6}$  cm/s.
- O topo da rocha sã (calcário, siltito/argiloso), situado abaixo do N.A., apresentou no ensaio realizado, perda total de água sob pressão. Isto se justifica pela litologia e pelo fraturamento/cizalhamento existente nesse contato, revelado pelas sondagens executadas.

A partir dos dados da profundidade do N.A. obtidos nos diversos pontos sondados foi elaborado o mapa da superfície piezométrica do lençol freático, que permitiu definir o principal sentido de fluxo do escoamento hídrico subterrâneo.

Este fluxo da água subterrânea, segue a orientação aproximada NE, em direção ao ribeirão das Palmeiras, obedecendo a configuração da topografia da área. Estas informações são indispensáveis para o estabelecimento do plano de monitoramento do projeto.

A Figura 4.11 mostra as características geológicas e hidrogeológicas da área do projeto, objeto do estudo de caso em questão.

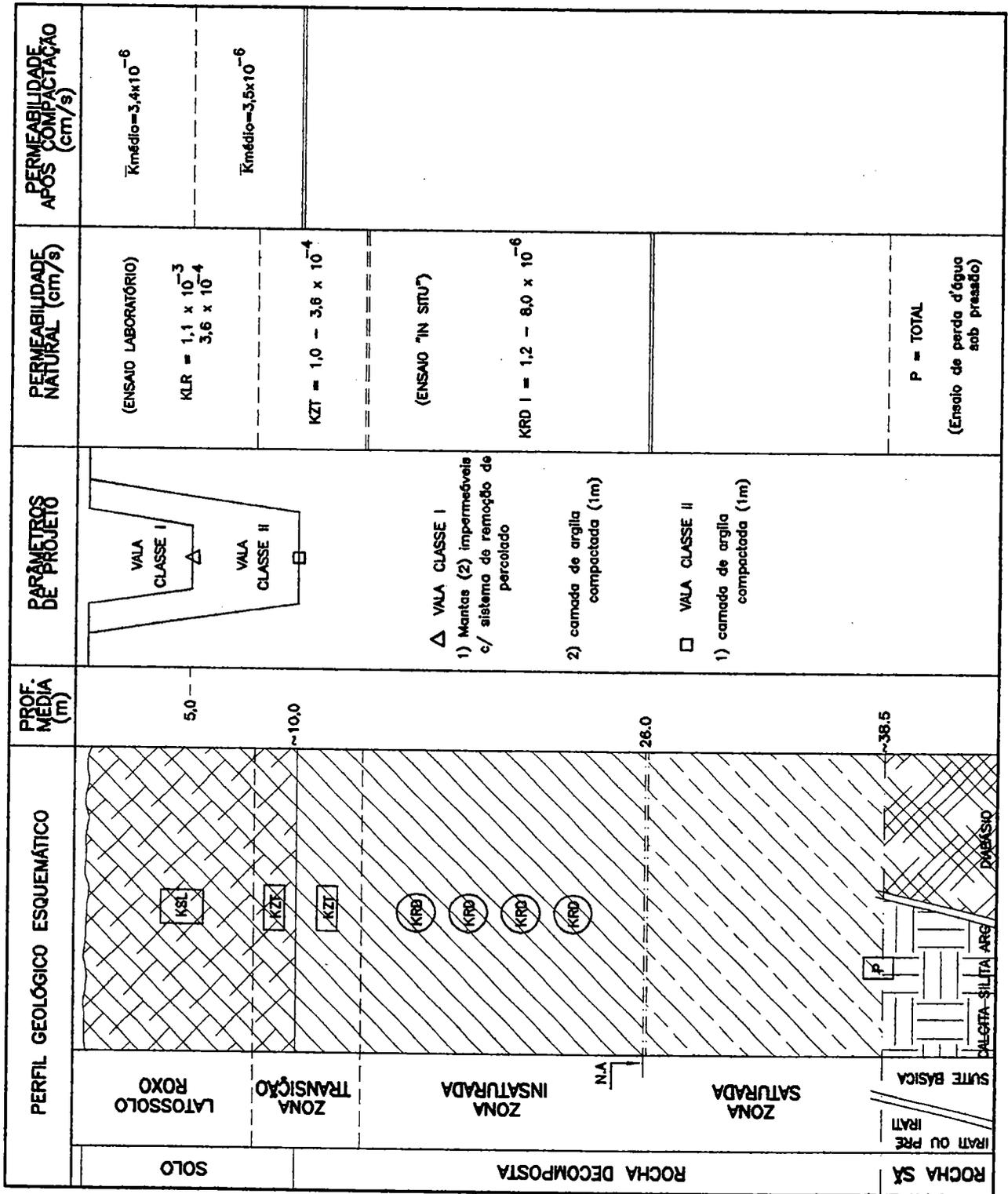


FIGURA 4.11 - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DA ÁREA DO PROJETO  
 FONTE : JAAKKO PÖYRY engenharia

### **5.2.6 - Características do Empreendimento**

A área preconizada para a implantação da central de tratamento está situada, como já mencionado, no município de Piracicaba, nas proximidades da divisa com o município de Iracemápolis. Possui uma extensão superficial de 20 ha, e é ocupada atualmente com cultura de cana-de-açúcar.

Essa área é de propriedade da própria empresa Brunelli S.A. Agricultura, e encontra-se a 2 km da rodovia SP-147 que liga Piracicaba a Limeira.

Nas porções de terreno com as maiores cotas topográficas está prevista a construção das valas para os resíduos classe-I, e no restante da área serão construídas as valas para a disposição dos resíduos classe II. A porção Noroeste, será ocupada pelas edificações administrativas e infra-estrutura básica, junto à entrada principal.

Na porção Sudeste, será implantada a estação de tratamento de líquido percolado. Serão implantadas, ainda, outras obras de infra-estrutura, tais como, melhoria dos dois acessos não pavimentados que levam ao local através da execução de obras de drenagem e pedregulhamento, e construção de acessos internos que permitirão a circulação adequada de veículos.

A Central será dotada também de laboratório, escritório, oficina de manutenção, que ocuparão uma área de 90 m<sup>2</sup>. A água para consumo será retirada de poço tubular profundo.

Sobre os resíduos que se pretende dispor na Central, merecem ser destacados os aspectos a seguir descritos, cuja avaliação está baseada no Diagnóstico dos Resíduos Industriais já comentados anteriormente.

A Central de Tratamento prevê o recebimento dos resíduos industriais passíveis de serem aterrados. Foi realizado um "Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais" na região onde foram identificados os principais grupos de resíduo.

O licenciamento prevê que preliminarmente serão recebidos resíduos classe I, assim descritos:

- lodos de sistemas de tratamento de águas residuárias;
- borras de tinta;
- torta de filtro de recuperação de óleo;
- lama de retífica do processo de recuperação de líquidos oleosos de refrigeração;
- varrição de áreas produtivas;

e classe II, conforme segue:

- areia de fundição do processo de moldagem e escórias de fusão;
- lodo de sistema de tratamento de águas residuárias; e
- sucatas.

Todos os resíduos a serem recebidos terão que obedecer, no mínimo, às características dos acima descritos, mais as condicionantes que constam da Licença de Instalação.

#### ***5.2.6.1 - Aspectos Construtivos***

Está prevista a construção de 15 valas destinadas a receber resíduos classe I e 11 valas destinadas a resíduos classe II, com as seguintes dimensões:

Valas para resíduos classe I	Valas para resíduos classe II
* 20 m de largura	* 60 m de largura
* 50 m de comprimento	* 200 m de comprimento
* 5 m de profundidade	* 10 m de profundidade
* 2.500m <sup>3</sup> de volume	* 100.000 m <sup>3</sup> de volume
* 1000m <sup>2</sup> de área	* 12.000 m <sup>2</sup> de área
* 1 ano de vida útil	* 1 ano de vida útil

Está ainda prevista a seguinte estrutura de apoio:

- depósitos para estocagem provisória de resíduos classe I e II;
- laboratório para análise expedita;
- escritório;
- oficina;
- almoxarifado;
- abrigo de equipamentos;
- balança; e
- portaria.

A Figura 4.12, mostra o "lay out" da CETRESOL envolvendo a distribuição das valas destinadas a receber resíduos classe I e II, bem como a localização da administração e a forma de fechamento que será adotada.

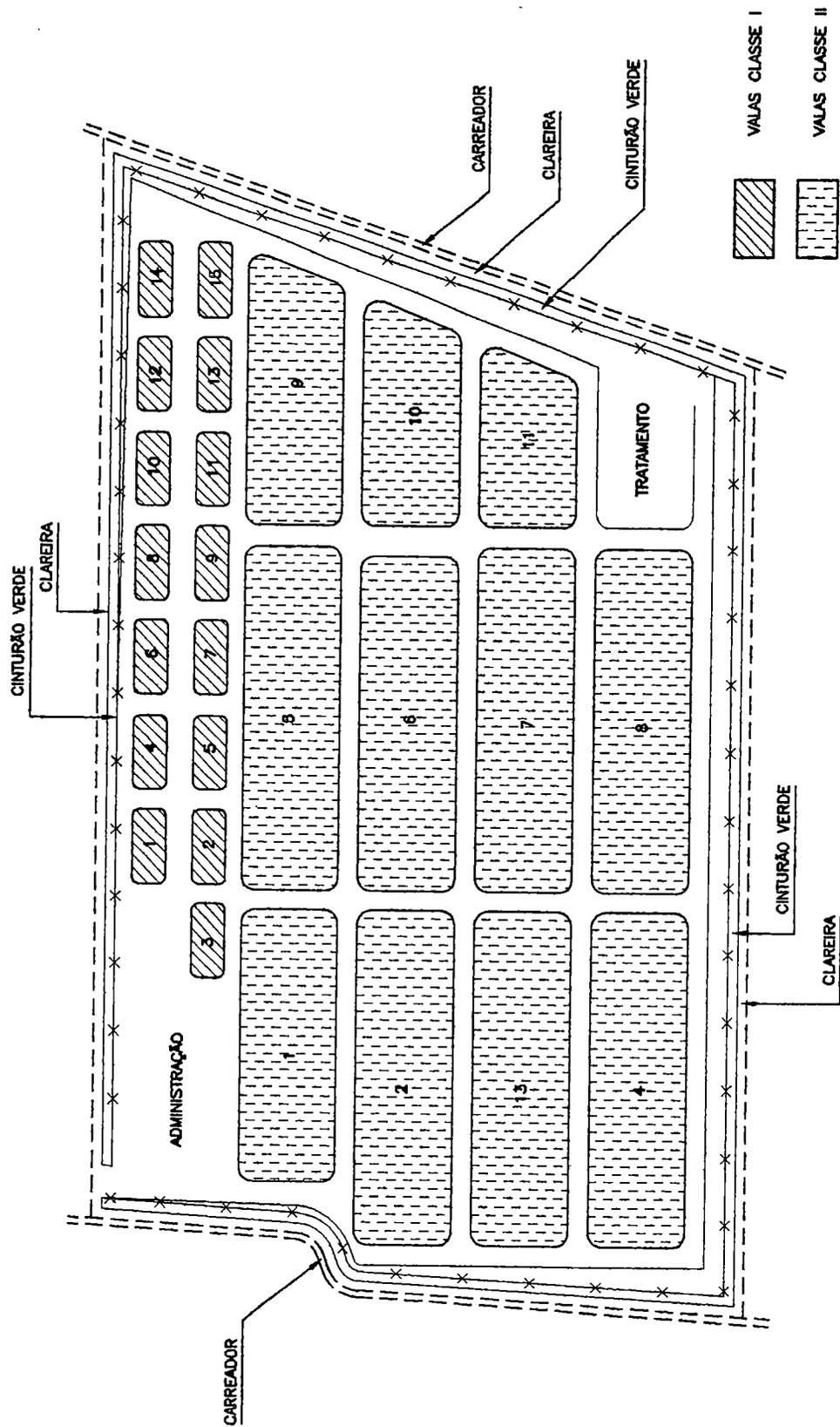


FIGURA 4.12 - ESQUEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE VALAS NO ATERRO INDUSTRIAL DA CETRESOL  
 FONTE : JAAKKO POYRY engenheira

### 5.2.6.2 - Impermeabilização das valas

Para as valas destinadas a receber resíduos classe I, além da camada de 1 m de argila compactada, com coeficiente de permeabilidade  $K = 10^{-7}$  cm/s, serão colocadas mantas de polietileno de alta densidade, no sistema denominado de "Barreiras Duplas Compostas", pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, EPA. Na impermeabilização superior, também será utilizada geomembrana de polietileno de alta densidade.

Para as valas destinadas a resíduos de classe II, o sistema de impermeabilização de fundo foi concebido com a colocação de material terroso compactado de 1,0 m de espessura, com coeficiente de permeabilidade  $K = 10^{-7}$  cm/s. Para o encerramento das células serão colocadas camadas de argila compactada de 60 cm, areia e terra vegetal, perfazendo espessura total de 1,5 m.

As Figuras 4.13 e 4.14, mostram respectivamente a proposta do empreendedor para a impermeabilização das valas. No caso das valas destinadas a receber resíduos classe II, a CETESB colocou como condicionante a adoção de manta impermeável a exemplo das valas para resíduos classe I.

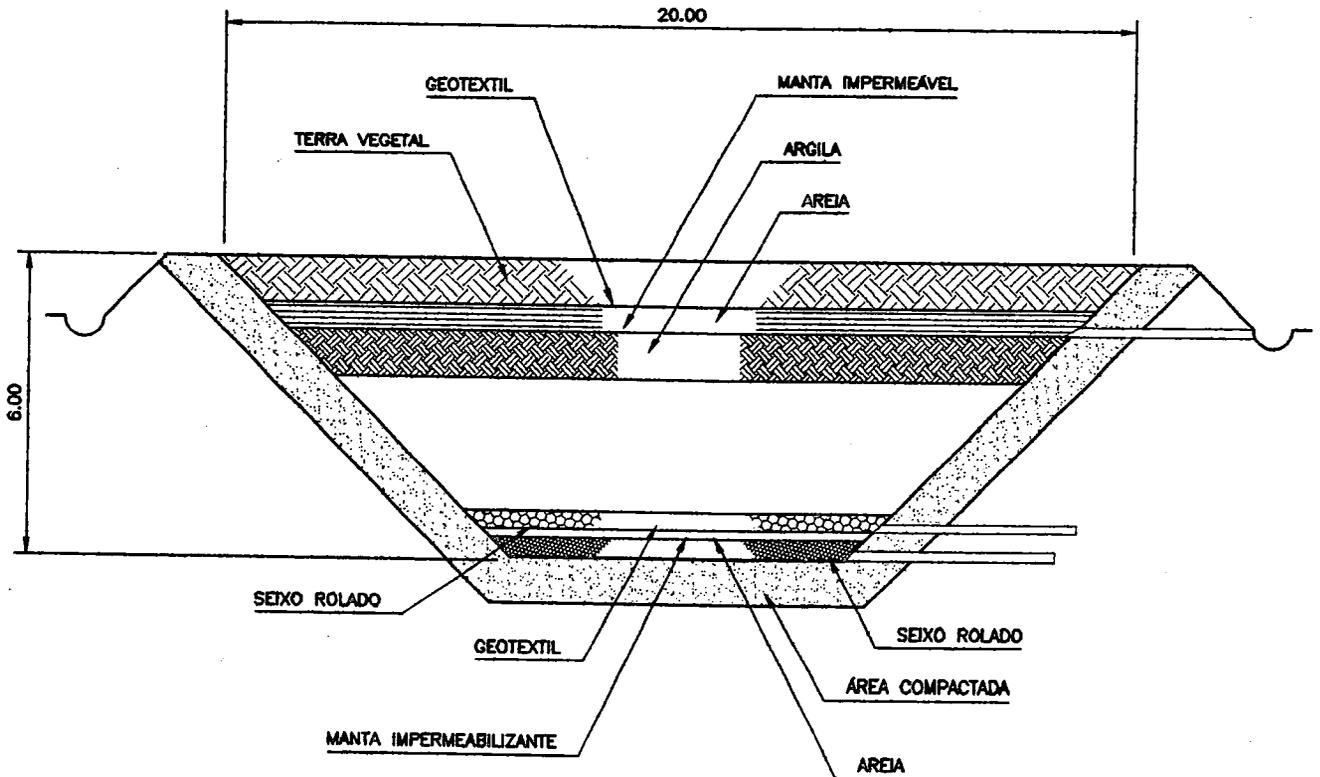
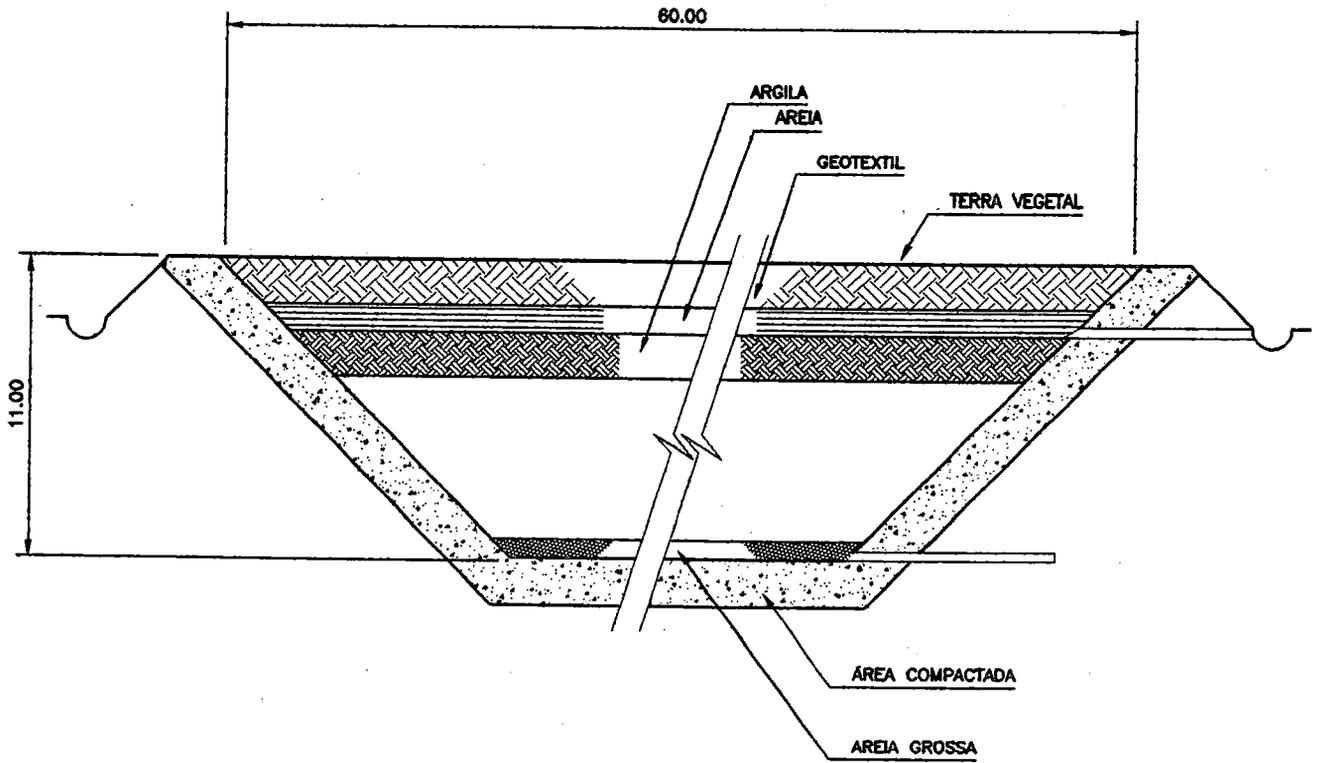


FIGURA 4.13 - CÉLULA TÍPICA-RESÍDUOS CLASSE I-ATERRO INDUSTRIAL CETRESOL  
 FONTE : JAAKKO PÖYRY engenharia



**FIGURA 4.14 - CÉLULA TÍPICA-RESÍDUOS CLASSE II-ATERRO INDUSTRIAL CETRESOL**  
**FORTE : JAAKKO PÖYRY engenheria**

### **5.2.6.3 - Drenagem Superficial**

O sistema de drenagem superficial será construído em meia cana de concreto ao longo dos diques, que se encontram a 1,00 m acima da superfície do terreno. Ambos os tipos de valas terão uma inclinação de 2%, com o objetivo de evitar acúmulo de água sobre as mesmas.

Para reduzir a formação de percolado, ambas as valas contarão com sistema de cobertura provisória, sendo que para as valas destinadas a resíduos classe I, será colocado telhado sobre trilhos removíveis e para as de classe II, adotar-se-á cobertura de argila.

### **5.2.6.4 - Drenagem Sub-Superficial**

Para as valas de classe I, o sistema superior (coletor de percolado), será formado por uma camada de geotêxtil (tipo BIDIM). A camada drenante, imediatamente inferior, é constituída por 30 cm de seixo rolado sob a qual será colocada uma outra manta de geotêxtil.

O sistema inferior (detector de vazamento), será constituído por uma camada de areia grossa de 10 cm de espessura e sob a areia será colocada uma camada de brita ou similar com 20 cm de espessura, que é responsável pela drenagem de eventuais vazamentos e finalmente, tem-se nova manta de geotêxtil.

A remoção de percolado será feita através de tubos de PVC perfurados que o conduzirá a tanque de acúmulo. O líquido que vier a ser coletado pelo sistema de detecção de vazamento será direcionado a uma caixa de inspeção.

Para as valas destinadas aos resíduos classe II, o sistema consistirá de um colchão drenante composto por uma camada de 15 cm de areia grossa coberta por uma camada de 5 cm de pedrisco. A coleta de percolado será formada por tubos de PVC perfurados envolvidos por brita coberta com uma manta de geotêxtil.

O percolado será drenado para um tanque de acúmulo, que a exemplo do que ocorre nas valas de classe I, ficará armazenado por um ano. Após esse período o mesmo será tratado no sistema de tratamento de percolado que será construído no decorrer do primeiro ano de operação do empreendimento.

#### ***5.2.6.5 - Sistema de Tratamento de percolado***

O sistema proposto adotará o tratamento físico-químico, sendo composto pelas seguintes etapas:

- acúmulo do líquido em tanques pulmão;
- correção de pH com adição de leite de cal;
- floculação com sulfato de alumínio e polieletrólito;
- decantação; e
- desidratação do lodo.

O efluente final será lançado no Ribeirão das Palmeiras, classe II, que tem vazão estimada em 20 l/s.

As características do efluente a ser tratado, sua quantidade, bem como as características do lodo a ser gerado, vão depender da predominância dos resíduos

depositados. A destinação do lodo será objeto de estudo posterior, após ser conhecida suas características e quantidade gerada.

#### **5.2.6.6 - Gerenciamento do Empreendimento**

Um dos pontos fundamentais após a concepção de um empreendimento dessa natureza, é o seu gerenciamento, pois, mesmo com o emprego das melhores tecnologias e a obediência às leis e normas na elaboração do projeto, sem ele, não há garantias quanto à segurança ao meio ambiente. A seguir são enfatizadas algumas medidas já definidas para serem adotadas no manejo dos resíduos sólidos que serão dispostos no aterro em questão.

**-Registro e controle de recebimento de resíduos e amostragem** - Todos os resíduos destinados ao aterro, deverão ter Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais-CADRI.

Independentemente de serem previamente classificados conforme as Normas, de todo resíduo que adentrar o aterro deverá ser retirada amostra para análise em laboratório do empreendedor ou de terceiros.

Os registros de recebimento deverão conter no mínimo as seguintes informações:

- descrição, quantidade e origem dos resíduos recebidos;
- data e localização aproximada da disposição na vala ( número da célula e coordenadas);
- registro das análises efetuadas no resíduo;
- registro de ocorrências.

Semestralmente, deverá ser enviado à CETESB, relatório referente ao registro e controle do recebimento de resíduos no aterro, além desses relatórios estarem à disposição da fiscalização no local do empreendimento para serem consultados sempre que se fizer necessário.

**-Acondicionamento e estocagem dos resíduos** - Haverá depósitos para estocagem provisória de resíduos classe I e II, com capacidade para 60 dias de operação, a fim de atender a eventuais interrupções de disposição nas valas. Os depósitos serão construídos em alvenaria, com piso concretado e coberto. A drenagem do local será direcionada ao sistema de tratamento de efluentes, ou aos tanques de acúmulo, durante o primeiro ano de operação do aterro.

A interligação será através do sistema de drenagem sub-superficial que coleta o eventual percolado das valas.

Quanto ao acondicionamento, os resíduos classe I, deverão ficar em "big-bags" ou caçambas, durante a estocagem provisória.

**-Plano de segregação de resíduos** - Para o armazenamento e/ou disposição dos resíduos, deverão ser observados os critérios de incompatibilidade, de acordo com os grupos de resíduos incompatíveis estabelecidos pela EPA/USA.

**-Plano de inspeção e manutenção** - Para todos os componentes, estruturas e equipamentos que compõem o aterro, foi estabelecida uma frequência de inspeção e proposta de ações corretivas em caso de detecção de algum tipo de problema.

**-Acessos e isolamento do aterro** - Toda a área do empreendimento será cercada e receberá sinalização de advertência, também como será circundada com cinturão verde constituído de espécies nativas.

### ***5.2.6.7 - Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas***

O empreendimento em questão deverá contar com programas próprios de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, além do acompanhamento de praxe feito pelo órgão de controle ambiental, que, a seu critério, fará amostragens periódicas.

**Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas** - Deverá ser implantada uma rede de monitoramento dessas águas, composta por 6 poços de monitoramento, construídos e operados de acordo com a Norma específica.

As campanhas de amostragens mensais devem contemplar, no mínimo, os seguintes parâmetros : pH, condutividade, carbono orgânico total, TOX, sólidos dissolvidos, DBO, DQO, cloreto, ferro, manganês, sódio, fenóis, sulfatos, e 5 metais a serem definidos, quando do início da operação do sistema.

**-Monitoramento da qualidade das águas superficiais** - O Ribeirão das Palmeiras deverá ser monitorado mensalmente em dois pontos: um, a montante e outro, a jusante do empreendimento, contemplando no mínimo os seguintes parâmetros:

pH, cor, turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos, DBO, DQO, OD, ferro solúvel, manganês, fenóis, e mais 5 metais.

**-Monitoramento do efluente do Sistema de Tratamento de Águas Residuárias** - Deverão ser contemplados no mínimo os seguintes parâmetros : vazão, DBO, DQO, sólidos sedimentáveis, pH, temperatura, sólidos suspensos, óleos, graxas e metais pesados.

#### **5.2.6.8 - Plano de encerramento do aterro**

O empreendimento conta com plano de encerramento, constituído das seguintes etapas:

- Área central - será totalmente revegetada para utilização como pastagem, sendo previstas vistorias periódicas pelo órgão ambiental para acompanhamento.
- Drenagem superficial - será submetida às manutenções periódicas
- Programa de monitoramento - todos os programas de monitoramento por até 20 anos, após o encerramento das atividades na área.
- Plano de emergência - Após caracterizada a ocorrência, serão contactados os diretores do empreendimento, Corpo de Bombeiros e CETESB. Foi relacionada uma série de situações passíveis de ocorrer e as respectivas medidas a serem tomadas.

#### **5.2.7 - Pareceres de Instituições Científicas**

Para subsidiar a avaliação técnica do EIA/RIMA, foram solicitadas contribuições técnicas de algumas instituições científicas, tais como: Departamento de Geologia Aplicada da UNESP - Universidade Estadual Paulista; IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Escola Politécnica da USP - Universidade de São Paulo; e Instituto de Geologia, também da USP.

Além dessas contribuições solicitadas pelos técnicos da SMA, houveram manifestações espontâneas de outros órgãos que também foram incorporadas ao

processo de avaliação do EIA/RIMA do empreendimento, como segue: ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP; e UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas.

A seguir, apresentam-se os resumos dos comentários feitos pelos técnicos da SMA, acerca de cada uma das manifestações mencionadas.

*-Parecer da UNESP* - O Departamento de Geologia Aplicada do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Rio Claro, elaborou Parecer Técnico contendo análise sobre a viabilidade de implantação da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Piracicaba no local preconizado.

Apresentando uma análise preliminar, o referido parecer concluiu que não foram realizados estudos geológicos suficientes para garantir a melhor definição da adequabilidade do local escolhido.

É mencionado que, num contexto regional, foi acertada a escolha da faixa de afloramento das rochas do Grupo Passa-Dois, uma vez que nessa unidade ocorrem diversas litologias argilosas, porém, não foi levada em conta a ocorrência de áreas de risco locais, onde ocorrem corpos rochosos intrusivos de diabásio, que se apresentam, via de regra, bastante fraturados, constituindo-se em bons aquíferos, porém bastante vulneráveis à contaminação, devido à alta dispersão de poluentes que caracteriza os meios fraturados.

Dessa forma, o Parecer Técnico indicou que deveriam ser realizados estudos de geologia que permitissem definir, com maior precisão, as características hidrogeológicas e as relações estratigráficas e estruturais dos corpos de diabásio, em relação às demais unidades rochosas ali presentes. Além disso, é mencionado que não deveria ter sido caracterizado geologicamente apenas o local do empreendimento, mas também, todas as áreas adjacentes que podem ser consideradas como área de influência geológica, o que não constava do relatório apresentado.

Por fim o Parecer Técnico, menciona que a caracterização de sub-superfície realizada, encontrava-se incompleta uma vez que os perfis geológicos estavam limitados pelo topo de rocha sã, observando, ainda, que os ensaios de perda d'água sob pressão realizados na rocha sã, resultaram em perda total de água.

Como conclusão à essa análise preliminar, foi sugerido que fossem realizados outros levantamentos complementares sendo os mesmos solicitados pelo DAIA. Esses levantamentos compreendem, basicamente os seguintes :

- mapeamento geológico da área da influência em escala 1:10.000;
- identificação dos afloramentos naturais de água e das oscilações do nível freático;
- realização de uma campanha de geofísica de eletrorresistividade visando à comprovação do comportamento espacial dos corpos rochosos e de suas relações estruturais;
- elaboração de perfis geológicos em escala 1:10.000.

Após a análise das informações complementares apresentadas pela consultora, o referido Departamento de Geologia Aplicada, emitiu novo Parecer Técnico, que concluiu que as mesmas não responderam satisfatoriamente aos quesitos formulados, principalmente devido aos seguintes aspectos :

- os estudos geológicos de superfície, apesar de abrangerem corretamente a área de influência, não abordaram a questão mais importante, ou seja, a caracterização geológico-estrutural;
- os levantamentos geofísicos solicitados, não foram realizados de forma satisfatória, não sendo esclarecidos de forma clara, os aspectos estratigráficos e estruturais da área.

De forma complementar ao Parecer Técnico solicitado, o "Departamento de Geologia Aplicada do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP", procedeu a uma análise geológico-estrutural através da interpretação de fotos aéreas. Através dessa análise foi identificado um intenso sistema de juntas e falhas que ocorre na área em questão, o que demonstra, segundo o parecer, fortes evidências da inadequabilidade do local para as finalidades pretendidas, em função, basicamente, da existência de uma tectônica rúptil compressiva muito intensa, que deu origem a quatro sistemas principais de fraturamento.

Finalmente, o Parecer Técnico concluiu que os relatórios apresentados, continuam sem esclarecer as reais condições geológicas do local do empreendimento, e que frente às evidências de inadequabilidade do local para as finalidades pretendidas demonstradas pela análise estrutural fotogeológica, o referido Departamento manifestou-se contrariamente à aprovação dos estudos apresentados.

A partir da análise desse parecer técnico foram feitas as seguintes considerações, pelos técnicos da SMA:

- do intenso intemperismo que atuou na área em análise decorreu a formação de um espesso manto de alteração, dessa forma as estruturas geológicas que funcionam na rocha são como caminhos preferenciais de percolação de água subterrânea, também encontram-se alteradas nos níveis mais superiores do solo, não sendo verificado pela análise dos dados apresentados e nas verificações de campo, que essas estruturas sejam penetrantes nesse manto de alteração;
- não foi considerado na análise o fato de a migração de elementos contaminantes pelo solo, tanto nos níveis insaturados quanto saturados, estar condicionada a vários fatores de retardamento e dispersão como degradação biológica, adsorção e absorção, volatilização, hidrólise, precipitação, etc; além da ocorrência de um

déficit hídrico anual de 96 mm e da percolação profunda somente ocorrer nos meses de fevereiro e março, num total de 20 mm ao ano;

- não foi considerada para a análise, a dinâmica hidrogeológica local, pois caso os contaminantes atinjam o lençol freático, há a tendência de sua migração ser condicionada pelo mesmo, sendo esperado que esses contaminantes aflorem na área de descarga local, ou seja, ribeirão das Palmeiras, e não migrem até os aquíferos mais profundos;
- não foram considerados os atuais usos da água subterrânea na área de influência do aterro, bem como, a possibilidade do estabelecimento de restrições a esse uso;
- não foram considerados os aspectos do ante-projeto apresentado que trata da impermeabilização do substrato do aterro, ou seja, da implantação dos "LINERS".

- *Parecer do IPT* - Em abril de 1993, foi solicitado ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, um Parecer Técnico, referente à avaliação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório (RIMA) do empreendimento em análise.

O relatório nº 32.029 emitido pelo IPT, apresentou as seguintes conclusões gerais :

- a adoção da designação "Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais" para o empreendimento proposto, é inadequada uma vez que o estudo apresentado limita-se, basicamente, à descrição e análise dos processos de disposição final de resíduos;
- a metodologia utilizada para a seleção de áreas não foi a mais adequada, sendo recomendada a adoção de procedimento de multi-etapas, ou mesmo, uma reavaliação da escolha efetuada, através de um processo de retro-análise;



- a caracterização do meio-físico da área do empreendimento apresentada no EIA/RIMA, não foi apresentada de forma satisfatória, sendo recomendada a antecipação da execução do poço tubular profundo, previsto para atender às demandas das instalações auxiliares;
- os parâmetros que comprovariam as características atenuadoras do solo em relação à migração de poluentes não foram estudados;
- a caracterização dos resíduos a serem dispostos na unidade não foi feita a contento;
- não foi justificado de maneira clara, como o solo natural poderá atender às condições de permeabilidade preconizadas para a impermeabilização das valas, sendo recomendado que durante a execução dos "LINERS", os trabalhos tenham fiscalização especializada;
- o relatório conclui que a implantação do empreendimento em análise, constitui-se numa contribuição importante para a resolução do quadro extremamente adverso do gerenciamento de resíduos sólidos no Estado de São Paulo, recomendando que a emissão da Licença de Instalação esteja condicionada à apresentação de informações complementares, relativas aos itens comentados.

O referido relatório recomenda, ainda que sejam observados os seguintes aspectos:

- após a liberação da vala nº 2 (classe I) de sua função de tanque de armazenamento provisório, seja feita uma reavaliação para verificar a sua adequabilidade para a disposição de resíduos;
- constante avaliação da eficiência dos sistemas de drenagem superficial de forma que os mesmos não sirvam como deflagradores de processos erosivos;
- compactação adequada do material escavado e reaterrado de forma que sejam evitados problemas de erosão e instabilização do mesmo;

- investigação da capacidade atenuadora da migração de contaminantes pelos solos da área de influência;
- adoção de uma opção de tratamento dos líquidos percolados a serem gerados no empreendimento no caso da não adequação da Estação de Tratamento;
- fiscalização externa das operações da impermeabilização das valas de forma que sejam atingidos os valores mínimos de permeabilidade preconizados, ou seja, da ordem de  $10^{-7}$  cm/s;
- as observações apresentadas devem ser estendidas para todas as valas a serem construídas, bem como, para toda a vida útil do empreendimento.

Deve-se observar que com relação à capacidade atenuadora do solo em termos de migração de contaminantes, uma análise mais precisa sobre o assunto somente poderá ser realizada a partir da caracterização dos líquidos percolados a serem gerados pelo aterro, sendo possível, a partir dessa caracterização, a realização de ensaios utilizando-se esses líquidos percolados e o solo da área, de forma a possibilitar a obtenção de dados para a elaboração de uma modelagem matemática, sendo possível, dessa forma, a projeção da evolução da pluma de contaminação.

Uma primeira abordagem sobre essa questão, foi feita pelo EIA/RIMA no item denominado Estudos Acidentais de Percolados que apresentou como conclusões gerais as seguintes:

- a percolação de metais pesados e compostos orgânicos não representa problemas no local;
- sem retardamento um composto mais solúvel como o fenol necessitaria de 157 anos para atingir o lençol subterrâneo.

Essas conclusões basearam-se no tipo de solo da área, que apresenta elevado teor de argila, e à baixa percolação local (20 mm/ano), além de terem sido utilizadas premissas bastante conservadoras, uma vez que a análise não considerou a degradação do fenol, considerando ainda, que o solo teria um teor de matéria orgânica zero.

Relativamente, a caracterização dos resíduos a serem dispostos, os técnicos do DAIA entendem que esse detalhamento deva dar-se no âmbito do Projeto Executivo da Central, projeto este a ser encaminhado à CETESB por ocasião do pedido de Licença de Instalação, além disso, deve-se ressaltar que os resíduos só poderão adentrar a Central com prévia autorização da CETESB, através da emissão do CADRI - Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais devendo ser nesta fase também analisadas a incompatibilidade entre resíduos a serem dispostos e as reações destes resíduos com os materiais utilizados (manta, solo, tubos, etc).

*- Parecer da Escola Politécnica - USP -* Conforme já mencionado foi solicitado um Parecer Técnico à Escola Politécnica da USP, referente à conceituação utilizada para os sistemas de cobertura e impermeabilização das valas de disposição de resíduos.

Com relação à proposição apresentada pelo EIA/RIMA para os sistemas de impermeabilização inferior das valas destinadas à disposição dos resíduos classe I tem-se basicamente o seguinte :

- fundo e laterais iniciando com a compactação de uma camada de argila de 1 metro de espessura, pretendendo-se que a mesma atinja valores de condutividade hidráulica da ordem de  $10^{-7}$  cm/s;
- colocação de uma manta de Polietileno de Alta Densidade-PEAD, sobre a base argilosa;
- recobrimento da manta de polietileno com geotêxtil na base das células e com material terroso na lateral das mesmas;
- recobrimento do geotêxtil por camada de agregado graúdo (brita), seguido por outra camada de geotêxtil e de areias, com o objetivo da formação de um sistema de detecção de vazamentos;

- recolhimento do sistema de detecção de vazamentos por geomembrana de PEAD;
- recobrimento dessa última geomembrana por geotêxtil, seguida de brita e por outra camada de geotêxtil, para fins de servir de dreno do percolado;
- recobrimento dessa última camada de geotêxtil por camada de material terroso.

Observa-se, ainda, que no sistema de detecção de vazamentos, deverá ser instalado dreno testemunho para a eventual condução de líquidos percolados, caso a primeira barreira de impermeabilização não estanque a migração do líquido percolado.

O sistema de cobertura dessas células está preconizado da seguinte forma :

- inicialmente prevê-se o lançamento de uma camada de argila compactada, objetivando a impermeabilização da cobertura;
- colocação de uma manta de Polietileno de Alta Densidade-PEAD, por sobre a camada anterior;
- lançamento de uma camada de areia, objetivando a drenagem das águas pluviais;
- recobrimento da camada de areia com manta geotêxtil para filtragem;
- lançamento de terra vegetal e tratamento paisagístico das células.

Após análise da proposição apresentada, o representante da Escola Politécnica considerou que o sistema de barreira inferior pode ser considerado como mais rigoroso do que aqueles identificados como Barreira Dupla pela CETESB, uma vez que incorpora uma camada de PEAD na interface superior do material argilo-siltoso compactado de base, estando a concepção utilizada em perfeita sintonia com os quesitos das denominadas "Barreiras Duplas Compostas" definidas pela EPA (Environmental Protection Agency) e GLR (Geotechnics of Landfill Design and Remedial Works Technical Recommendations - 1993).

Finalmente o documento apresentado conclui que os sistemas de impermeabilização propostos mostram-se adequados para atender as suas proposições.

O sistema proposto para impermeabilização do fundo e laterais das células para disposição de resíduos classe II encontra-se conceituado da seguinte forma :

- implantação no fundo e nas laterais de uma camada compactada de material argilo-siltoso de um metro de espessura, preconizando-se que o mesmo atinja valores de condutividade hidráulica da ordem de  $10^{-7}$  cm/s;
- recobrimento dessa camada de impermeabilização com uma camada drenante de areia grossa e pedriscos onde deverão ser instalados os drenos de percolado.

Para o encerramento da célula serão colocadas camadas de argila, areia e terra vegetal, numa espessura total de 1,50m, prevendo-se que seja atingido o nível dos diques, situados 1,00m acima do terreno natural.

A concepção do sistema de impermeabilização apresentada no documento indica que para que sejam atingidos os quesitos impostos pela CETESB, para sistemas denominados de Barreira Simples, em locais onde predominam condições climáticas e hidrogeológicas insatisfatórias, deve ser incorporada uma camada de geomembrana, a ser instalada logo acima da camada de aterro compactado e ainda, que os drenos de percolado sejam implantados acima da camada de impermeabilização e não sejam inseridas nessa camada, de forma que a espessura de material compactado abaixo do dreno de percolado seja de 1 metro.

As outras recomendações consistem na incorporação de uma geomembrana na cobertura das células classe II, bem como, indução de uma declividade pronunciada para forçar o escoamento das águas infiltradas, minimizando-se, dessa forma, o gradiente hidráulico atuante sobre a geomembrana.

Como recomendação geral observa-se que caso se demonstre necessário, ensaios adicionais podem ser realizados de forma a se comprovar, de maneira mais exata, as características de permeabilidade do maciço.

- *Pareceres da ESALQ e UNICAMP* - Os Pareceres Técnicos elaborados pela ESALQ e UNICAMP foram solicitados pelo Conselho Coordenador das Entidades Cíveis de Piracicaba.

- *Parecer da ESALQ* - O parecer técnico dessa entidade foi elaborado pelo Prof<sup>o</sup> Dr. Guido Razani, que após análise do EIA/RIMA, concluiu que pode ser identificada uma predominância de impactos ambientais de intensidade média a fraca, tendo sido demonstrado que a implantação e operação do empreendimento são ações pouco adversas ao meio ambiente, sendo possível, dessa forma, uma destinação adequada dos resíduos sólidos industriais da região de Piracicaba.

- *Parecer da UNICAMP* - O parecer da UNICAMP, foi elaborado pelo Prof<sup>o</sup>. Dr. Newton Roberto Boni e pelo Prof<sup>o</sup>. Dr. Durval Rodrigues de Paula Junior, podendo ser destacadas as seguintes conclusões : Os levantamentos efetuados para a caracterização do meio físico, permitiram definir o local escolhido como o mais apropriado para a implantação do empreendimento; o empreendimento configura-se como uma disposição de resíduos e não como tratamento; o meio físico local poderá suportar o empreendimento, desde que o projeto seja conduzido de forma proposta; o sistema como um todo pode ser considerado como de baixo risco, mas de alto impacto para o ribeirão das Palmeiras, caso as medidas mitigadoras propostas não forem

cumpridas; a implantação do empreendimento viria solucionar parte do problema de destinação dos resíduos provenientes das atividades urbanas e industriais, sendo o local selecionado o mais adequado dentre as opções analisadas; as medidas propostas de monitorização e mitigação de possível poluição, se efetivamente implantadas e devidamente fiscalizadas, dariam à Central a confiabilidade desejada.

- *Parecer do Instituto de Geociências - USP* - O Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, emitiu um Parecer Técnico, que avalia os aspectos geológicos, sobretudo no que se refere à litologia, estratigrafia e geologia estrutural, da área de influência considerada no EIA/RIMA da "Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais de Piracicaba".

Para a elaboração do referido parecer foi designado o Prof<sup>o</sup> Dr. Cláudio Riccomini, que desenvolvia trabalhos de mapeamento geológico na porção leste da Bacia Sedimentar do Paraná. Para tanto, foi analisado o EIA/RIMA apresentado, bem como, realizada uma vistoria em 12/05/94.

Segundo o referido Parecer Técnico, afloram na região sedimentos dos grupos Tubarão, Passa-Dois, São Bento e da Formação Rio Claro, além da ocorrência de depósitos fluviais inconsolidados ao longo das principais drenagens.

Em termos estruturais foi ressaltada a relativa complexidade da área, analisada como maior do que em outras porções da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo reconhecidas 6 (seis) fases de deformação de origem tectônica.

Na análise da geologia local foram considerados os aspectos litológicos e estruturais, sendo considerado que a área preconizada para implantação da Central está localizada no domínio dos diabásios da Formação Serra Geral, que se constitui numa intrusão do tipo "sill" que se encontra encaixada em rochas da Formação Irati.

Foi mencionado também que é comum nessas rochas o desenvolvimento de fraturas de resfriamento com espaçamento médio de uma a dez fraturas por metro, ortogonais às paredes de contato, porém, a proeminente alteração dessas rochas não permite a verificação do padrão de fraturamento presente.

Subjacente ao diabásio foram identificados sedimentos da Formação Irati (folhelhos e calcários) e Tatuí (siltitos e arenitos), sendo mencionado que os sedimentos dessas formações não se constituem em camadas eficazes para impedir a percolação de líquidos.

Em termos estruturais, em primeiro lugar, considera-se que a verificação das estruturas tectônicas na área de interesse é extremamente dificultada pela intensa alteração das rochas.

Apenas em cortes situados na SP-147, pode ser observada a presença de famílias de fraturas, aparentemente abertas, que mereceriam investigação mais detalhada.

A presença dessas estruturas, aliada ao notável alinhamento do ribeirão das Palmeiras e a situação estratigráfica verificada na porção leste do ribeirão das Palmeiras, permitiu inferir a existência de uma falha com componente normal, onde o bloco é aquele situado a leste do referido ribeirão.

Basicamente foram apresentadas três conclusões gerais :

- na área preconizada para implantação da Central foram identificadas unicamente rochas básicas da Formação Serra Geral, sendo que as condições locais, sobretudo o estágio avançado do intemperismo que atuou nessas rochas, não permite a observação do padrão de estruturas associadas ao resfriamento do diabásio, nem das estruturas tectônicas posteriores, que certamente encontram-se presentes na área;

- o mapa geológico elaborado para a área apresenta imperfeições que devem ser corrigidas como, por exemplo, o afloramento de Formação Tatuí a leste do ribeirão das Palmeiras, além de necessidade de incorporação das estruturas tectônicas, num nível de detalhe compatível com a escala 1:10.000;
- a melhor avaliação das condições estruturais locais poderá ser efetuada através do acompanhamento das escavações, devendo ser realizados o cadastramento e análise de dados de fraturamento, podendo resultar dessa análise alterações de projeto, de forma a incorporar as medidas corretivas necessárias, ou até mesmo, o estudo de área alternativa, se as condições geológicas constituírem impeditivo à instalação da obra.

#### ***5.2.8 - Discussão do Empreendimento***

O empreendimento em questão foi concebido de forma diferenciada desde o início, com a formação de comissão composta pelas partes interessadas até àquele momento ( Prefeitura local, Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba e Capivari, Estado, iniciativa privada e sociedade civil ).

Esse processo culminou com a elaboração de um projeto de aterro de resíduos industriais com concepção avançada, não só pelo fato de incorporar as melhores tecnologias disponíveis, mas porque durante a sua análise pelos órgãos do Sistema Estadual de Meio Ambiente, considerou-se e incorporou-se visões técnicas das mais conceituadas instituições científicas Nacionais, expressadas através de pareceres cujos resumos compõem esse trabalho.

Mesmo sem ainda ter sido implantado, esse empreendimento trouxe à tona algumas discussões de extrema importância para os dias atuais, tais como a participação das partes interessadas no planejamento de políticas públicas e a abordagem regional para questão do gerenciamento dos resíduos sólidos.

Dessa maneira, entende-se que o empreendimento em questão, uma vez implantado deverá amenizar um problema crônico desta região, que é o equacionamento do passivo de resíduos sólidos industriais atualmente existente, além de contemplar a geração dinâmica de resíduos passíveis de serem aterrados.

Mesmo entendendo que aterro não é a única solução para se destinar resíduos sólidos, pode-se afirmar que sem um local para destinar adequadamente os resíduos sólidos industriais nesta região, a situação tende a se agravar, face ao processo de geração permanente e a dificuldade das empresas em manter armazenagens provisórias, principalmente devido aos custos envolvidos para adequar as áreas às exigências das normas.

O risco de se ter armazenagens provisórias em várias empresas, é sempre maior do que se tivesse um local centralizado com concepção técnica adequada, como é o caso do projeto em discussão.

No entendimento do autor, é necessário que as partes envolvidas com a questão dos resíduos sólidos ( gerador, órgãos de controle ambiental e sociedade civil ), assumam uma posição de vanguarda para fazer frente a um problema que é real e não pode aguardar, indefinidamente, os debates técnicos e econômicos se esgotarem, sob pena de se ter danos irreversíveis ao meio ambiente.

É necessário ressaltar, que a geração de resíduos sólidos, coincide com a atividade humana e tem crescido sem a resistência dos consumidores com a modernização dos meios de produção.

Por outro lado, a busca de soluções para gerenciamento desses resíduos gerados tem encontrado resistência para sua implementação, muito embora haja um considerável avanço tecnológico na solução do problema, mas ainda falta confiabilidade, uma barreira que terá que ser superada com a mudança de mentalidade das partes interessadas, que ocorrerá com o amadurecimento na negociação do conflito, um processo que teve lugar no desenvolvimento do projeto em questão, mas que precisa continuar durante a implantação e operação do empreendimento.

## 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As soluções para o gerenciamento dos resíduos, de qualquer natureza no Brasil, devem levar em conta as influências que eles representam na região, de origem, sejam de caráter ambiental ou até mesmo econômico, uma vez que os problemas não são estanques e não respeitam fronteiras, fazendo com que as soluções sejam vistas de maneira holística e dinâmica. Também passam pela tomada de decisão em aplicar normas e leis para resolver antigas pendências que atormentam o poder público e a sociedade, no que diz respeito a destinação dos seus resíduos.

Os aterros como solução para destinação de resíduos sólidos, sempre causaram polêmicas entre os especialistas e medo na população. As duas partes têm razão. Os especialistas porque sabem dos riscos que se incorre ao se dispor resíduo no solo sem os devidos cuidados técnicos na fase de projeto e as garantias operacionais durante a vida útil do empreendimento. A população tem razão, porque ao longo da história, tem sido vítima de problemas de várias naturezas, em face da disposição inadequada seja de resíduos sólidos industriais ou domiciliares, por esse motivo não confia nos empreendedores e nas autoridades públicas.

O fato concreto, é que tem-se um problema a ser resolvido e não há uma única solução. Os aterros como forma de destinação final de resíduos sólidos representam uma das alternativas possíveis, após se ter esgotado outras, como intervir no processo

para diminuir a geração, reaproveitar estes resíduos no próprio processo industrial, reciclar, tratar e só aí deve-se dispor em solo. É esta a tendência mundial e o Brasil já trabalha no mesmo caminho. Portanto quando se discute a implantação de um aterro, está se pensando em construir uma das partes necessárias ao processo de gerenciamento destes rejeitos inerentes à atividade humana.

Desta maneira acredita-se que é possível trabalhar na perspectiva de diminuir cada vez mais o volume de resíduos aterrados, porém ainda não dá para se ter o chamado "aterro zero", visto que tem situação onde a melhor solução ainda é a disposição em solo. Para tanto, as tecnologias disponíveis, a experiência dos órgãos de fiscalização, aliados à experiência das empresas na elaboração de projetos e operação desses empreendimentos, garantem que os riscos ao meio ambiente e à saúde pública são bem menores atualmente.

Essas garantias, são sustentadas pela qualidade e o equilíbrio das leis e normas vigentes, as quais aplicadas na sua íntegra tem contribuído para produção de grandes projetos como é o caso do aterro industrial da CETRESOL, que após tramitar por análises dos órgãos ambientais, receber pareceres de instituições científicas, ser complementado, foi considerado ambientalmente viável. No entender do autor, este projeto além de contemplar as melhores tecnologias disponíveis, seguir as normas e leis, coloca em prática o conceito da solução regionalizada para o gerenciamento dos resíduos sólidos que é sem dúvidas a tendência a ser seguida.

Também acredita-se que as mesmas leis e normas que sustentam a elaboração de bons projetos para construção e operação de aterros, podem e devem ser aplicadas para reabilitar antigas áreas de disposição inadequada de lixo, como foi o caso do Aterro Sanitário "Pau Queimado", em Piracicaba - SP.

# ANEXOS

# ANEXO A

↳ PADRÕES DE POTABILIDADE

## ANEXO A

## PADRÕES DE POTABILIDADE

Parâmetro	Unidade	Dec.Federal nº79637 09/03/77 Portaris 56 BSB13.3.77	Portaria 36 Ministério da Saúde 19/01/90 (1)	De.Estadual 12.486 20/10/78 NTA-60 (2)	Organiz. Mundial da Saúde-OMS (Recomen.)	Organiz. Mundial da Saúde - OMS (Recom. p/ Europa)
I - Físicos e Organolépticos						
Cor	Pt/L	20	5 <sup>(4)</sup>	10 - 20	15	-
Odor	-	N.O.	N.O.	Isento ou Lev. cloro	inofensivo	-
Sabor	-	N.O.	N.O.	-	inofensivo	-
Turbidez	UNT	5	1	2 - 5	5	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
pH	-	-	6,5 - 8,5	5 - 9	6,5 - 8,5	-
Condutividade	µ Scm -1 à 25°	-	-	-	-	-
Aspectos	-	-	-	limpido	-	-
II-Químicos						
a) Compon. Inorgânicos						
Antimônio	mg/L Sb	-	-	-	-	-
Arsênio	mg/L As	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05
Bário	mg/L Ba	1,0	1,0	1,0	-	0,1
Boro	mg/L B	-	-	-	-	-
Cádmio	mg/L Cd	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01
Chumbo	mg/L Pb	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1
Cianetos	mg/L CN	-	0,1	0,2	0,1	-
Cromo Hex.	mg/L Cr	-	-	0,05	-	-
Cr. Total	mg/L Cr	0,05	0,05	-	0,05	0,05
Cl.Residual	mg/L Cl <sub>2</sub>	-	-	0,3	0,2 - 0,5	-
Fluoretos	mg/L F	0,6 - 1,7	0,6 - 1,7	1,0	1,5	1,5
Mercurio	mg/L Hg	0,002	0,001	-	0,001	PC
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	-
Nitrito	mg/L N	-	-	-	-	-
Níquel	mg/L Ni	-	-	-	-	-
Ox. Consumido	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	2,5	-	-
Potássio	mg/L K	-	-	-	-	-
Prata	mg/L Ag	0,05	0,05	-	-	-
Selênio	mg/L Se	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
II b) Afetam a qualidade Organoléptica						
Alumínio	mg/L Al	0,1	0,2 (6)	-	0,2	-
Surfactantes	mg/L LAS	0,5	0,2	-	-	-
Cloretos	mg/L Cl	600	250	250	250	-
Cobre	mg/L Cu	6,0	1,0	1,0	1,0	0,005
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	500	-	500	-
Ferro Total	mg/L Fe	1,0	0,3	0,3	0,3	0,1
Manganês	mg/L Mn	0,5	0,1	0,05	0,1	0,05
Magnésio	mg/L Mg	-	-	-	-	-
Sódio	mg/L Na	-	-	-	200	-
Sól. Tot.Dissol.	mg/L	1000	1000	-	1000	-
Sólidos Tot.	mg/L	1500	-	500	-	-
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	-	400	250	400	-
Sulfeto de Hidrogênio	µ /L S	-	0,025 - 0,25	-	N.D.	-
Zinco	mg/L Zn	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

FONTE : Compilação de Padrões Ambientais - CETESB/1990

## ANEXO A

## PADRÕES DE POTABILIDADE

Parâmetro	Unidade	Comunidade e Economia Euro-CRE	Canadá	E.U.A.	Alemanha	URSS	Japão
I - Físicos e Organolépticos							
Cor	Pt/L	20	15	15	-	20	-
Odor	-	2-12°C(4) 3-25°C(4)	inofensivo	3 (4)	2-12°C (4) 3-25°C(4)	-	-
Sabor	-	2-12°C(4) 3-25°C(4)	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	4	5	1 - 5	-	-	-
Temperatura		25	15	-	25	-	-
pH	°C	9,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 9,5	6,5 - 8,5	-
Condutividade	µS cm <sup>-1</sup> à 25°C	-	-	-	2.000	-	-
Aspectos	-	-	-	-	-	-	-
II-Químicos							
a) Componentes Inorgânicos							
Antimônio	mg/L Sb	0,01	-	-	-	-	-
Arsênio	mg/L As	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
Bário	mg/L Ba	-	1,0	1,0	-	0,1	-
Boro	mg/L B	-	5,0	-	-	-	-
Cádmio	mg/L Cd	0,005	0,005	0,01	0,005	-	0,01
Chumbo	mg/L Pb	0,05	0,05	0,05	0,04	0,1	0,1
Cianetos	mg/L CN	0,05	0,2	-	0,05	-	N.D.
Cromo Hex	mg/L Cr	-	-	0,05	-	-	0,05
Cr. Total	mg/L Cr	0,05	0,05	0,05	0,05	-	-
Cl. Residual	mg/L Cl <sub>2</sub>	-	-	-	-	0,3 - 0,5	-
Fluoretos	mg/L F	1,5	1,5	4,0	1,5	1,5	-
Mercurio	mg/L Hg	0,001	0,001	0,002	0,001	-	0,0005(5)
Nitratos	mg/L N	50	10	10	50	10	-
Nitrito	mg/L N	0,1	1,0	-	0,1	-	-
Níquel	mg/L Ni	0,05	-	-	0,05	-	-
Ox. Consumido	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
Potássio	mg/L K	12	-	-	12	-	-
Prata	mg/L Ag	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05	-
Selênio	mg/L Se	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
II b) Afetam a qualidade Organolépt.							
Alumínio	mg/L Al	0,2	-	-	0,2	0,5	-
Surfactantes	mg/L LAS	0,2	-	0,5	0,2	-	-
Cloretos	mg/L Cl <sub>2</sub>	-	250	250	-	350	-
Cobre	mg/L Cu	-	1,0	1,0	-	1,0	-
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-
Ferro Total	mg/L Fe	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1
Manganês	mg/L Mn	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	-
Magnésio	mg/L Mg	50	-	-	50	0,1	-
Sódio	mg/L Na	175	-	-	150	-	-
Sólidos Totais dissolvidos	mg/L	-	500	500	-	-	-
Sólidos Totais	mg/L	1500	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	250	500	-	240	500	-
Sulfeto de Hidrogênio	µg/L S	N.D.	0,05	-	-	-	-
Zinco	mg/L Zn	-	5,0	-	-	5,0	-

FONTE : Compilação de Padrões Ambientais - CETESB/1990

**PADRÕES DE POTABILIDADE****OBSERVAÇÕES :**

- (1) A vigorar a partir de 23/01/92
- (2) Não são tolerados resíduos de pesticidas e outras substâncias estranhas
- (3) Cor aparente
- (4) Taxa de diluição
- (5) Média anual
- (6) Valor experimental
- (7) Para compostos organofosforados e carbamatos
- (8) Expresso em unidades pCi/L
- (9) Soma de Ra (226) e Ra (228), expresso em unidades pCi/L

**NOTAS :**

- UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez
- Não Objetável
- Não Detectável
- PC - Presença deve ser controlada
- Bq/L - Becquerel/Litro
- pCi/L - Pico Curie/Litro

**FONTES DE CONSULTA :**

- Diário Oficial da União/Ministério da Saúde - Portaria n° 36 (90)
- Legislação Federal - CETESB (86)
- Código Sanitário - Decreto 12.342 (78)
- Journal Water Works Association (02/90)
- Materialien Zur Ermittlung Und Sanierung Von Altlasten - NRW - Band 2 (89)
- Guidelines for Canadian Drinking Water Quality (87)
- Quality of the Environment in Japan (85)
- Hygienic Criteria of Drinking Water Quality, WHO (86)
- Water Quality Criteria Summary Usepa (87)
- Heavy Metals in Wastewater and Sludger Treatment Processes Vol. (87)

FONTE : Compilação de Padrões Ambientais - CETESB/1990

# ANEXO B

↳ PADRÕES DE QUALIDADE AMBIENTAL - ÁGUA

## ANEXO B

## PADRÕES DE QUALIDADE AMBIENTAL - ÁGUA

PARÂMETRO	Classificação Unidade	Classe Especial (3)	Brasil (1)										CETESB (2)			
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe B	Classe 1 (3)	Classe 2	Classe 3	Classe 4		
pH	-	-	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	5,0 - 9,0	-	-	-	-	
OD	mg/L O <sub>2</sub>	-	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≤ 2	≥ 6	≥ 4	≥ 5	≥ 5	≥ 3	-	-	-	-	
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	-	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-	≤ 5	≤ 10	≤ 5	≤ 5	-	-	-	-	≥ 5	
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 5	
Turbidez	UNT	-	≤ 40	≤ 100	≤ 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sólidos Suspensos	ppm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cor	mgPt/L	-	natural	≤ 75	≤ 75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mat. Part. Ind. não naturais	-	-	V.A.	-	-	-	-									
Óleos e Graxas	-	-	V.A.	V.A.	V.A.	IT.	V.A.	IT.	V.A.	IT.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	
Subs. Q. Com. Gasto ou Odor	-	-	V.A.	V.A.	V.A.	N.O.	V.A.	N.O.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	N.O.	
Corantes Artificiais	-	-	V.A.	- (9)	- (9)	-	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	-	-	
Subst. Q. Formam Dep. Obj.	-	-	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.									
Temperatura	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<u>Subs. Potenc. Prejudiciais</u>																
Alumínio	mg/L Al	-	0,1	0,1	0,1	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	
Amônia	mg/L N	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Amônia não Ionizável	mg/LNH <sub>3</sub>	-	0,02	0,02	-	-	0,4	-	0,4	-	-	-	-	0,5	0,5	
Arseno	mg/L As	-	0,05	0,05	0,05	-	0,05	-	0,05	-	-	-	-	0,1	0,1	
Bário	mg/L Ba	-	1,0	1,0	1,0	-	1,0	-	1,0	-	-	-	-	1,0	1,0	
Berílio	md/L Be	-	0,1	0,1	0,1	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	
Boro	mg/L B	-	0,75	0,75	0,75	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzeno	mg/L	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cádmio	mg/L Cd	-	0,001	0,001	0,01	-	0,005	-	0,005	-	-	-	-	0,01	0,01	
Cianetos	mg/L CN	-	0,01	0,01	0,02	-	0,005	-	0,005	-	-	-	-	0,2	0,2	
Chumbo	mg/L Pb	-	0,03	0,03	0,05	-	0,01	-	0,01	-	-	-	-	0,1	0,1	
Cloreto	mg/L Cl	-	250	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

FONTE : Compilação de Padrões Ambientais - CETESB/1990

## PADRÕES DE QUALIDADE AMBIENTAL - ÁGUA

## ANEXO B

PARÂMETRO	Classificação Unidade	Classe Especial (3)	Brasil (1)								CETESB (2)							
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5 Salinos	Classe 6 Salinos	Classe 7 Salinos	Classe 8 Salinos	Classe 1 (3)	Classe 2	Classe 3	Classe 4				
Cloro Residual	mg/L Cl <sub>2</sub>	-	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobalto	mg/L Co	-	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	mg/L Cu	-	0,02	0,02	0,5	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-
Cromo Hexavalente	mg/L Cr	-	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total	mg/L Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Trivalente	mg/L Cr	-	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	-	0,5
Estanho	mg/L Sn	-	2,0	2,0	2,0	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	2,0	2,0	-	2,0
Índice Fenol	mg/L H OH	-	0,001	0,001	0,3	1,0	0,001	-	-	0,001	-	-	-	-	0,001	0,001	-	0,001
Ferro	mg/L Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro Solúvel	mg/L Fe	-	0,3	0,3	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoretos	mg/L F	-	1,4	1,4	1,4	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	1,4	1,4	-	1,4
Fosfato Total	mg/L P	-	0,025	0,025	0,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganês	mg/L Mn	-	0,1	0,1	0,5	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercurio	mg/L Hg	-	0,0002	0,0002	0,002	-	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	0,002	0,002	-	0,002
Níquel	mg/L Ni	-	0,025	0,025	0,025	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato	mg/L N	-	10	10	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	10	10	-	10
Nitrito	mg/L N	-	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	1,0	1,0	-	1,0
Prata	mg/L Ag	-	0,01	0,01	0,05	-	-	-	-	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentaclorofenol	mg/L	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selênio	mg/L Se	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Sól. Dissol. Totais	mg/L	-	500	500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	-	0,01
Surfactantes	mg/L LAS	-	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	-	250	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfetos (H <sub>2</sub> O N. Dissoc.)	mg/L S	-	0,002	0,002	0,3	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	0,002	0,002	-	0,002
Zinco	mg/L Zn	-	0,18	0,18	5,0	-	-	-	-	0,17	-	-	-	-	5,0	5,0	-	5,0
Coliformes (7) Total	n. 100 ml aeróbios (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes (7) Fecal	n. 100 ml	-	200	1.000	4.000	-	-	-	-	1.000	-	-	-	-	1.000	4.000	-	4.000

FONTE : Compilação de Padrões Ambientais - CETESB/1990

**OBSERVAÇÕES :**

- (1) Resolução CONAMA nº 20/86
- (2) Decreto Estadual nº 8468/76
- (3) Prevalece a Qualidade Natural do Corpo Receptor
- (4) Quando para Uso de Abastecimento sem Prévia Desinfecção

**ADENDO : (2) Classe 4**

- Índice Fenol  $\leq 1,0$  mg/L
- Índice de Concentração para Substâncias Potencialmente Prejudiciais quando do uso para Abastecimento Público.

**NOTAS :**

- V.A. - Virtualmente Ausente
- N.O. - Não Objetável
- I.T. - Indiscência Tolerável
- UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez
- LAS - Alquibzeno Sulfonado

**FONTES DE CONSULTA:**

- Legislação Federal - CETESB (86)
- Legislação Estadual - CETESB (88)
- Materialien Zur Ermittlung Und Samierng Von Altlasten /Nordrhein - Westfalen Band 2 (89)
- Quality of the Environment Japan (85)

FONTE : Compilação de Padrões Ambientais - CETESB/1990

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). *NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). *NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). *NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). *NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). *NB 1183 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). *NBR 10157 - Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *NBR 8418 - Apresentação de Aterros Industriais Perigosos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). *NBR 13896 - Aterro de Resíduos Não Perigosos - Critério para Projeto, Implantação e Operação*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). *NBR 13895 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). *NBR 1264 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Classe II - Não Inertes e III Inertes*. Rio de Janeiro, ABNT.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). *NB 1183 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993). *NBR 12988 - Líquidos Livres - Verificação em Amostragem de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos*. Rio de Janeiro, ABNT.
- BRASIL. LEIS etc. (1986). *Resolução CONAMA nº 001 de 23/01/86*.
- CASARINI, D. C.P., et alii (1997). *Estabelecimento de Padrões de Referência de Qualidade e Valores de Intervenção para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo, CETESB.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo (1995). *Normalização Técnica P4.240 - Apresentação de Projetos de Aterros Industriais*.
- CLARETO, C.R.(1997). *Tratamento de Líquidos Percolados Gerados em Aterros Sanitários Utilizando Reator Anaeróbio Compartimentado*. São Carlos. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FARROW, ALBERT E ROBINSON, NIGEL (1989). *Mine and Quarry*, v. 18 nº 6 June 1989, p 50-51.
- FARQUHAR, G.J. (1988). *Leachate : Production and Characterization*. *Journal Civil Engineering* v.16, 1989, p. 317-324. *Canadá. Geomembranes* v. 11, 1992, p. 401- 430. USA.
- HEAVY METALS REMOVAL (1977) - *Chemical Emgineerung Deskbook Issne/ october ; Kenneth H Lomonette; Ind. Pol. Control , inc. pags. 73-80*.
- HEAVY METALS REMOVAL (1973) - *From coatcoater beatment plant by chemical treatment -Procedimngs of the 28 th industrial constecoater conference may 1,2 and 3 - Purdw University - La Fayette In . pags 117-128*.
- JAAKKO PÖYRY ENGENHARIA - *Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais Piracicaba/SP - Licença de Instalação*. vol. I e II, 1996.
- KARNCHANAWONG, SONJAI; IKEGUCHI, TAKSHI; KARNCHANAWONG, SENI e KOOTTATEP, SUORN (1995). *Characteristics of Leachate Produced from Simulation of Landfill in a Tropical Country*. *Water Science and Tecnology*, v. 31 nº 9, 1995, p.119 - 127.

- KIRCHMER - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria - *Parâmetros físicos químicos de calidad de águas - Yciencias del Ambiente CEPIS - Lima - Peru - pags 79-94 e pags 001-133.*
- KOERNER e KOERNER (1992). *Leachate Flow Rate Behavior through Geotextile and Soil Filters and Possible Remediation Methods.* Geotextiles and Geomembranes v. 11, 1992, p. 401 - 430. USA.
- LIMA, L.M.Q. (1988). *Estudo da Influência da Reciclagem de Chorume na Aceleração da Metanogênese em Aterro Sanitário.* São Carlos. 242 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- NORMALIZAÇÃO TÉCNICA - CETESB (1997). *LI - 030 - Membranas Impermeabilizantes e Resíduos - Determinação da Compatibilidade - Método de Ensaio.*
- PAULA JR., D.R.; BONI, N. R.; SCHALCH, V. (1995). *Avaliação de Impacto Ambiental de Aterros de Resíduos Sólidos Industriais : Estudo de Caso.* Parecer Técnico USP/UNICAMP, 1995.
- POMPEU, J. S. - Hidroquímica das águas subterrâneas - curso por correspondência : construção, operação e manutenção de poços - capítulo 16, São Paulo, CETESB, 1976.
- QUALITY CRITERIA FOR WATER - EPA - *Washington DC - julho/76 - pags 16-21.*
- ROBINSON, BARR E S.D. LAST (1992). *Leachate Colection, Treatment and Disposal.* J. IWEM, 1992, june.
- ROCCA, et alii (1993). *Resíduos Sólidos Industriais, 2.ed.* - São Paulo, CETESB.
- STRAUS, E.L.(1993) - Monitoramento de águas subterrâneas : código de prática e considerações sobre limitações de laboratório -Trabalho publicado nos Proceedings do "Third International Landfill Symposium". São Paulo, CETESB.
- SÃO PAULO (Estado). LEIS, etc. Legislação Estadual : controle da poluição ambiental. Estado de São Paulo. Série Documentos. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 1995.
- SÃO PAULO (Estado). LEIS, etc.(1995). *Resolução SMA 42/94, de 29/12/1994.* Aprova os procedimentos para análise de Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), no âmbito da Secretaria.

- SÃO PAULO (Estado). LEIS, etc.(1996). *Resolução SMA 66/96*, de 17/12/96.  
Aprova procedimentos para acesso público a processos administrativos junto aos órgãos da administração direta, indireta e fundacional vinculados a Secretaria do Meio Ambiente.
- VAN REE et alii (1992). *Design aspects and permeability testing of natural clay and sand-bentonite liners*. *Geotechnique* 42, n° 1, p. 49-56.
- WONG e LEUNG (1989). *Landfill Leachate as Irrigation Water for Tree and Vegetable Crops*. *Water Management & Research*, 1989, v. 7, p. 311- 324.