



## **Campus de São Carlos**

Carta de zoneamento para seleção de áreas  
frente à instalação de aterros sanitários no  
município de São Carlos-SP

**Marcos Domingues Muro**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**



**ESCOLA DE ENGENHARIA  
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 26./10./00.

Ass.: Danilo

CARTA DE ZONEAMENTO PARA SELEÇÃO DE  
ÁREAS FRENTE À INSTALAÇÃO DE ATERROS  
SANITÁRIOS NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS-SP

Escala 1:50.000

VOLUME I

DEDALUS - Acervo - EESC



31100016636

Marcos Domingues Muro

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  
Geotecnia

ORIENTADOR: Prof. Titular Antenor Braga Paraguassu

São Carlos

2000



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

M977c Muro, Marcos Domingues  
Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à  
instalação de aterros sanitários no município de São  
Carlos-SP - escala 1:50.000 / Marcos Domingues Muro.  
-- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de  
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área: Geotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Antenor Braga Paraguassu.

1. Aterro sanitário. 2. Carta de zoneamento.
3. São Carlos. I. Título.

*"O segredo da vitória, em todos os setores da vida,  
permanece na arte de aprender, imaginar,  
esperar e fazer mais um pouco".*

(Autor desconhecido)

## DEDICATÓRIA

---

A Deus e minha Família

## AGRADECIMENTOS

---

Ao Prof. Dr. Antenor Braga Paraguassu pela orientação, confiança, dedicação e amizade durante essa fase.

Ao Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette pelo apoio e ajuda durante todo o trabalho.

Aos colegas, amigos e professores do Departamento de Geotecnia.

Aos colegas da Universidade Federal do Paraná, principalmente ao amigo AbdelMajid Hach-Hach por toda a ajuda e incentivo no mestrado.

Aos funcionários e técnicos do Departamento de Geotecnia EESC/USP pela ajuda nos trabalhos de laboratório e campo.

Ao Eng. Joaquim Bordini, da Casa de Agricultura de São Carlos, Delegacia Agrícola, órgão ligado à Secretaria da Agricultura do Estado, pelo material aerofotográfico cedido.

Aos funcionários do Laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica da EESC - USP.

Às minhas amigas do Departamento de Geotecnia, em especial Irahya e Ezilma, pela descontração, convivência e amizade neste período;

À minha namorada Sandra pela ajuda nos momentos difíceis.

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa;

A FAPESP pelo apoio no processo nº 96/1502-2.

## SUMÁRIO

---

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	vi
RESUMO.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	2
2.1 Objetivos.....	2
2.2 Métodos e Metodologia.....	2
3 ATERROS SANITÁRIOS.....	09
3.1 Introdução.....	09
3.2 Resíduos Sólidos.....	09
3.2.1 Classificação dos resíduos sólidos.....	10
3.2.2 Resíduos sólidos x Contaminação.....	12
3.3 Definição e Características dos AS.....	14
3.4 Tipos de AS.....	18
3.5 Relação do AS com o Meio Ambiente.....	23
4 METODOLOGIA PARA A ESCOLHA DE SDR.....	28
4.1 Metodologia proposta por LEITE (1995).....	29
4.1.1 Informações Básicas.....	30

4.1.2	Informações do Meio Físico.....	31
4.1.3	Informações do Substrato Rochoso.....	32
4.1.4	Informações dos Materiais Inconsolidados.....	34
4.1.5	Informações da Geomorfologia.....	35
4.1.6	Informações da Dinâmica da Água.....	35
4.1.7	Informações das Águas Superficiais.....	37
4.1.8	Informações Geotécnicas.....	37
4.2	Atributos Envolvidos.....	40
5	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
5.1	Localização e Acessos.....	43
5.2	Ocupação.....	44
5.2.1	Breve Histórico.....	44
5.2.2	Aspectos Demográficos.....	47
5.2.3	Plano Diretor.....	48
5.3	Caracterização do Meio Físico.....	63
— 5.3.1	Aspectos Climáticos.....	63
— 5.3.2	Drenagem Superficial.....	69
— 5.3.3	Dinâmica das Águas de Subsuperfície.....	70
— 5.3.4	Vegetação.....	83
— 5.3.5	Aspectos Geomorfológicos.....	84
5.3.6	Pedologia.....	87
— 5.3.7	Geologia Regional.....	89
5.3.7.1	Formação Corumbataí.....	90
5.3.7.2	Formação Pirambóia.....	90
5.3.7.3	Formação Botucatu.....	91
5.3.7.4	Formação Serra Geral.....	91



5.3.7.5 Grupo Bauru.....	92
5.3.7.6 Sedimentos Cenozóicos.....	92
5.3.8 Tectônica.....	93
5.3.9 Áreas de Impacto Ambiental.....	93
6 FONTE CONTAMINANTE.....	99
7 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES DO ATUAL ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS.....	114
7.1 Localização e Caracterização.....	114
7.2 Ensaio Realizados.....	119
8 TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	122
8.1 Mapas Básicos.....	122
8.1.1 Mapa de Documentação.....	122
8.1.2 Mapa de Substrato Rochoso.....	123
8.1.2.1 Formação Corumbataí.....	125
8.1.2.2 Formação Pirambóia.....	125
8.1.2.3 Formação Botucatu.....	126
8.1.2.4 Formação Serra Geral.....	128
8.1.2.5 Grupo Bauru.....	130
8.1.2.6 Sedimentos Cenozóicos.....	131
8.1.2.7 Aspectos da Tectônica Local.....	131
8.1.3 Carta de Declividade.....	133
8.1.4 Mapa de Modelo Digital de Terreno.....	134
8.1.5 Mapa de Águas Superficiais.....	135
8.1.6 Mapa de Materiais Inconsolidados.....	135
8.1.6.1 Materiais Residuais.....	136
8.1.6.1.1 Residual do Bauru.....	136

8.1.6.1.2 Residual do Serra Geral.....	137
8.1.6.1.3 Residual do Bauru.....	140
8.1.6.1.4 Residual do Pirambóia.....	141
8.1.6.1.5 Residual do Corumbataí.....	143
8.1.6.2 Materiais Retrabalhados.....	143
8.1.6.2.1 Arenoso I.....	143
8.1.6.2.2 Arenoso II.....	144
8.1.6.2.3 Arenoso III.....	145
8.1.6.2.4 Aluvionar / Orgânico.....	146
8.1.6.2.5 Coluvionar.....	147
8.1.7 Mapa de <i>Landforms</i> .....	148
8.1.7.1 Morrotes Suaves.....	149
8.1.7.2 Platôs.....	149
8.1.7.3 Vales Abertos.....	150
8.1.7.4 Vales Fechados.....	151
8.1.7.5 Terraços Aluvionares.....	152
8.1.7.6 Morros Estreitos Alongados.....	153
8.1.7.7 Morrotes com Topos Arredondados.....	154
8.1.7.8 Encostas Íngremes.....	155
8.2 Cartas Interpretativas.....	156
8.2.1 Carta de Zoneamento para seleção de Aterros Sanitários.....	157
9 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	160
10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162
APÊNDICE I - RESULTADO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS	

## LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 01 - Articulação das folhas que compõem a área estudada..	05
FIGURA 02 - Mosaicos das fotografias aéreas.....	06
FIGURA 03 - Resíduos sólidos e suas vias de contaminação.....	13
FIGURA 04 - Ecossistemas de um aterro sanitário (modificado).....	16
FIGURA 05 - Fluxo de água em um aterro sanitário.....	18
FIGURA 06 - Métodos de disposição de RSU.....	21
FIGURA 07 - Perfil típico de um aterro sanitário.....	22
FIGURA 08 - Esquema que representa as interações relacionadas aos aterros sanitários e o meio ambiente.....	27
FIGURA 09 - Fluxograma para escolha de locais para disposição de resíduos.....	29
FIGURA 10 - Fluxograma da pluviosidade.....	32
FIGURA 11 - Fluxograma mostrando as informações gerais para a escolha de áreas para disposição de resíduos.....	39
FIGURA 12 - Articulação da área de estudo.....	43
FIGURA 13 - Isolinhas de pluviosidade acumulada, de acordo com os postos pluviométricos.....	64
FIGURA 14 - Pluviograma médio acumulado.....	66
FIGURA 15 - Pluviograma máximo diário.....	67
FIGURA 16 - Balanço Hídrico para a estação E12.....	68

FIGURA 17 - Vegetação original presente em áreas esparsas, principalmente como mata ciliares de alguns rios.....	84
FIGURA 18 - Divisão geomorfológica do Estado de São Paulo.....	86
FIGURA 19 - Diagrama espaço-tempo para os ciclos sedimentares e erosivos no flanco nordeste (Bacia do Paraná).....	89
FIGURA 20 - Voçoroca do rio Água Quente.....	94
FIGURA 21 - Assoreamento do rio Água Quente.....	95
FIGURA 22 - Mineração em ambas as margens do córrego Água Fria	95
FIGURA 23 - Entulho na Cidade Aracy, às margens do rio Água Quente.....	96
FIGURA 24 - Entulho no bairro Antenor Garcia, próximo a uma nascente.....	96
FIGURA 25 - Mineração Bandeirantes, de diabásio.....	97
FIGURA 26 - Mineração Mirim, de areia, às margens do rio Mogi-Guaçu.....	97
FIGURA 27 - Ravinamento em encosta, em material coluvionar da Formação Serra Geral, ocasionada pelas chuvas.....	98
FIGURA 28 - Lagoa de disposição de vinhoto, próximo do rio Monjolinho.....	113
FIGURA 29 - Localização do Aterro Sanitário.....	115
FIGURA 30 - Vista em planta do Aterro Sanitário.....	116
FIGURA 31 - Perfil Norte-Sul do Aterro Sanitário.....	116
FIGURA 32 - Perfil Oeste-Leste do Aterro Sanitário.....	116
FIGURA 33 - Visão geral do Aterro Sanitário.....	117
FIGURA 34 - Bloco de arenito Botucatu encontrado no aterro.....	118

FIGURA 35 - Vegetação morta, devido à contaminação do AS.....	119
FIGURA 36 - Perfil do Substrato Rochoso AB.....	124
FIGURA 37 - Perfil do Substrato Rochoso CD.....	124
FIGURA 38 - Afloramento do arenito Pirambóia, ponto LM 32.....	126
FIGURA 39 - Estratificação cruzada de pequeno porte, ponto LM96	127
FIGURA 40 - Sill de diabásio, próximo ao ponto LM06.....	129
FIGURA 41 - Afloramento do Bauru, ponto LM125.....	130
FIGURA 42 - Fraturamento em diabásio, mostrando 3 famílias de fraturas, ponto LM16.....	132
FIGURA 43 - Fraturamento incipiente em arenito Botucatu, estratificado, de pequena persistência.....	133
FIGURA 44 - Perfil de alteração de magmatitos basálticos.....	138
FIGURA 45 - Solo residual de magmatitos basálticos, pouco profundo, .....	139
FIGURA 46 - Gretas de contração em solos argilosos.....	140
FIGURA 47 - Residual do arenito Botucatu, com estruturas preservadas.....	141
FIGURA 48 - Perfil de alteração do arenito Pirambóia.....	142
FIGURA 49 - Material retrabalhado arenoso I.....	144
FIGURA 50 - Material arenoso sobre o Bauru.....	146
FIGURA 51 - Planície aluvionar próximo ao rio Mogi-Guaçu.....	147
FIGURA 52 - Talude coluvionar.....	148
FIGURA 53 - Morrotes suaves que predominam na área estudada.....	149
FIGURA 54 - Platô, próximo a uma encosta.....	150
FIGURA 55 - Vale aberto, situado no rio Araras.....	151
FIGURA 56 - Vale com encostas íngremes, no rio Quilombo.....	152

FIGURA 57 - Terraço aluvionar, com meandro abandonado.....	153
FIGURA 58 - Unidade visualizada ao fundo da foto.....	154
FIGURA 59 - Morrote arredondado, próximo ao rio Monjolinho.....	155
FIGURA 60 - Encosta íngreme em arenito Botucatu.....	156

## LISTA DE TABELAS

---

TABELA 01 - Ficha de descrição de campo.....	07
TABELA 02 - Classificação dos resíduos sólidos quanto a periculosidade.....	11
TABELA 03 - Alterações de processos do meio físico por processos tecnológicos de aterro sanitário.....	24
TABELA 04 - Atributos e níveis que devem ser considerados na metodologia proposta por ZUQUETTE <i>et al.</i> 1994.....	40
TABELA 05 - Censos demográficos de São Carlos, conforme IBGE...	47
TABELA 06 - Estações pluviométricas do Município de São Carlos....	65
TABELA 07 - Dados pluviométricos acumulados, do período entre 1936 a 1997.....	66
TABELA 08 - Dados pluviométricos de máximos diários, entre 1936 a 1997.....	67
TABELA 09 - Poços profundos da região estudada.....	72
TABELA 10 - Possíveis fontes geradoras de contaminação no Município de São Carlos e tipo genérico de contaminação.....	111
TABELA 11 - Caracterização dos líquidos percolados.....	120

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	- Área de Proteção Ambiental
AS	- Aterro Sanitário
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	- Capacidade de Troca Catiônica
DAEE	- Departamento de Águas e Energia Elétrica
DNAEE	- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
ETAR	- Estação de Tratamento de Águas Residuais
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
SAEE	- Serviço Autônomo de Águas e Esgotos
SDR	- Sítio de Disposição de Resíduos



## RESUMO

---

MURO, M. D. (2000). *Carta de Zoneamento para seleção de áreas frente a instalação de aterros sanitários no Município de São Carlos-SP, Escala 1:50.000*. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Sempre houve uma preocupação com relação a disposição final do lixo, tanto nas grandes como nas pequenas cidades. Este trabalho consiste em analisar áreas para uma disposição adequada de aterros sanitários no Município de São Carlos.

O Município de São Carlos, localizado no Estado de São Paulo, apresenta uma área de 1.151 km<sup>2</sup> e conta com uma população de aproximadamente 180.000 habitantes. Está assentado sobre as Formações geológicas: Pirambóia, Botucatu, Serra Geral, Itaqueri, que são recobertas por materiais inconsolidados retrabalhados; o Botucatu constitui um grande manancial de águas de subsuperfície. Algumas áreas devem ser protegidas, visto que constituem zonas de recarga de aquíferos.

A metodologia Leite (1995) foi usada neste trabalho para a escolha dos atributos e análise dos resultados. Os principais atributos considerados foram: bacias hidrográficas, declividade, poços profundos, precipitação pluviométrica, substrato rochoso, mineralogia, espessura de materiais inconsolidados, *landforms*, distâncias do centro urbano, existência de outros aterros; esses atributos foram associados às informações geotécnicas analisadas em laboratório. Estas informações, permitiram avaliar as áreas mais favoráveis para a disposição de resíduos e a produção da Carta de Zoneamento em escala 1:50.000.

## ABSTRACT

---

MURO, M. D. (2000). *Favorable areas for waste sanitary landfills: 1:50,000 scale Zoning Chart of São Carlos region, SP, Brazil*. São Carlos. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The final disposal of waste has always been a matter of trouble in big or small urban centers. This work presents the results acquired during the application of engineering geological mapping techniques in the evaluation of favorable areas for the development of waste sanitary landfills in São Carlos region.

São Carlos region is located in the center State of São Paulo, Brazil, has an area of 1,151 km<sup>2</sup> and a population 180,000. It's geology is characterized by the Pirambóia, Botucatu, Serra Geral and Itaqueri formations, which are covered by residual and reworked unconsolidated materials; Botucatu represent large aquifer.

The methodology from LEITE (1995) was used in this work, both for choosing the attributes or analyzing the results. The main considered attributes were the drainage basins, slope dips, rainfall, underlying rocks, thickness of unconsolidated materials, landforms, distance from the urban center and the occurrence of other landfills; these attributes were associated to laboratorial test informations. These informations, as a whole, led to an evaluation of the most favorable areas for waste disposal and the elaboration of a 1:50,000 scale zoning chart.

Keywords: sanitary landfills, zoning chart, São Carlos.

## 1 - INTRODUÇÃO

---

A maioria das cidades brasileiras enfrenta um grande problema: o grande volume de lixo produzido, mais especificamente o lixo domiciliar. A disposição em locais inadequados desprovidos de instalações seguras pode prejudicar o solo, as águas de subsuperfície, e, conseqüentemente, o Homem.

Muitas cidades possuem lixões que são locais onde é disposto o resíduo domiciliar sem haver qualquer controle. Aterro sanitário é o local mais seguro onde podem ser dispostos os resíduos, desde que sejam feitas obras que amenizem e protejam o meio físico.

Para conhecer todos os processos de escolha de locais e disposição final do lixo, faz-se necessário mostrar todos os tópicos que definem e expliquem o que são os aterros sanitários e quais as relações com o meio físico.

Para a seleção de áreas é necessário conhecer todos os atributos essenciais responsáveis na tomada de decisões para cada carta gerada, precisando, para isso, levantar as informações de dados anteriores e dados de campo.

Com todas as informações podem ser analisadas áreas geológica-geotécnicamente apropriadas para a instalação de aterros sanitários no Município de São Carlos.

## 2 - OBJETIVOS E METODOLOGIA

---

### 2.1 - Objetivos

O objetivo central é avaliar as características do meio físico, no que se refere à contaminação das águas de sub-superfície, para determinar sítios de disposição de resíduos, ou seja, aterros sanitários, afim de que estes não alterem o meio ambiente, muito menos a qualidade de vida da população do município.

### 2.2 - Métodos e Metodologia

Os dados e elementos disponíveis, fornecidos por mapas e demais parâmetros, serviram como base para avaliar e classificar as unidades geotécnicas, de modo a produzir novos levantamentos de informações, reconhecimento de atributos e análise dos dados.

Como o problema de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é uma constante em cidades do Brasil e do mundo, isto é, cada vez mais procuram-se locais seguros, que atendam todos os requisitos, de normas, confiabilidade, proteções contra contaminações. Este estudo mostra como é possível selecionar áreas para acondicionamento de Aterros Sanitários (AS), dentro de uma localidade.

Para isso, estudos preliminares da região devem ser feitos cuidadosamente, de modo a analisar os atributos favoráveis e desfavoráveis para a disposição de AS, conforme analisados por LEITE (1995).

A metodologia, que avalia a seleção de áreas para os AS, foi proposta por esta autora e serviu de base para o estudo dentro do Município de São Carlos, no Estado de São Paulo.

Mas antes de escolher essas áreas deve-se salientar um tópico muito importante, para entendimento do problema: o atributo. Este, nada mais é do que a qualidade pertinente aos componentes do meio físico e que é considerada como dado básico e necessário para sua classificação geológico-geotécnica. Com os atributos podem ser selecionados sítios, ou cenários (ZUQUETTE 1987).

A obtenção dos atributos é fundamental no mapeamento de sítios de disposição de resíduos (SDR), portanto um bom levantamento de trabalhos realizados no local, trabalhos de campo, laboratório e outras análises geotécnicas, é essencial.

Ao se deparar com dados anteriores uma pergunta sempre é feita: qual o grau de incerteza? Por isso deve ser feita uma escolha criteriosa dos dados disponíveis, como: mapas topográficos, geológicos, hidrológicos, pedológicos, ensaios laboratoriais, dentre outros, para não comprometer o trabalho.

Com os dados anteriores, mais os dados produzidos, compilou-se um mapa base preliminar, ou seja, mapa de identificação.

A primeira etapa do trabalho foi a seleção da área a ser estudada e separar as folhas topográficas que abrange o Município de São Carlos, que são as seguintes folhas: Pôrto Pulador (SF23-V-C-IV-1), Luís Antônio

(SF23-V-C-IV-2), Ibaté (SF23-V-C-IV-3), Descalvado (SF23-V-C-IV-4), São Carlos (SF23-Y-A-I-1), Corumbataí (SF23-Y-A-I-2), e Ribeirão Bonito (SF22-Z-B-III-2), nas escalas 1:50.000, conforme visualizados na Figura 1. A etapa seguinte foi interpretar as fotografias aéreas na escala 1:25.000, vãos 1971 e 1972, conforme o mosaico visualizado na Figura 2.

Posteriormente digitalizaram-se esses mapas topográficos com o auxílio de software *AutoCad 14* e outro de interpretação, *Idrisi*.

Com esses dados passou-se para uma primeira etapa de reconhecimento de campo, tendo uma idéia do meio físico para uma segunda etapa de descrição dos perfis de campo, materiais inconsolidados, litologia, perfis de caminhamento e descrição de unidades.

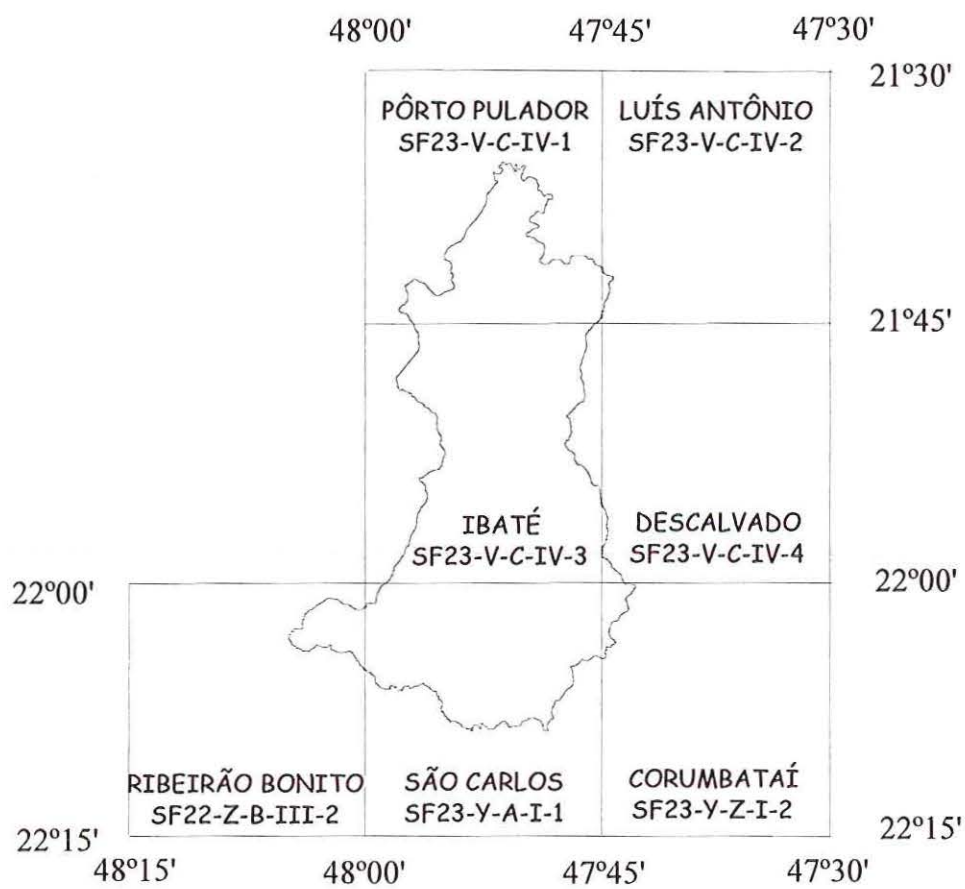


FIGURA 1. Articulações das folhas do IBGE - 1:50.000, que compõem a área estudada.

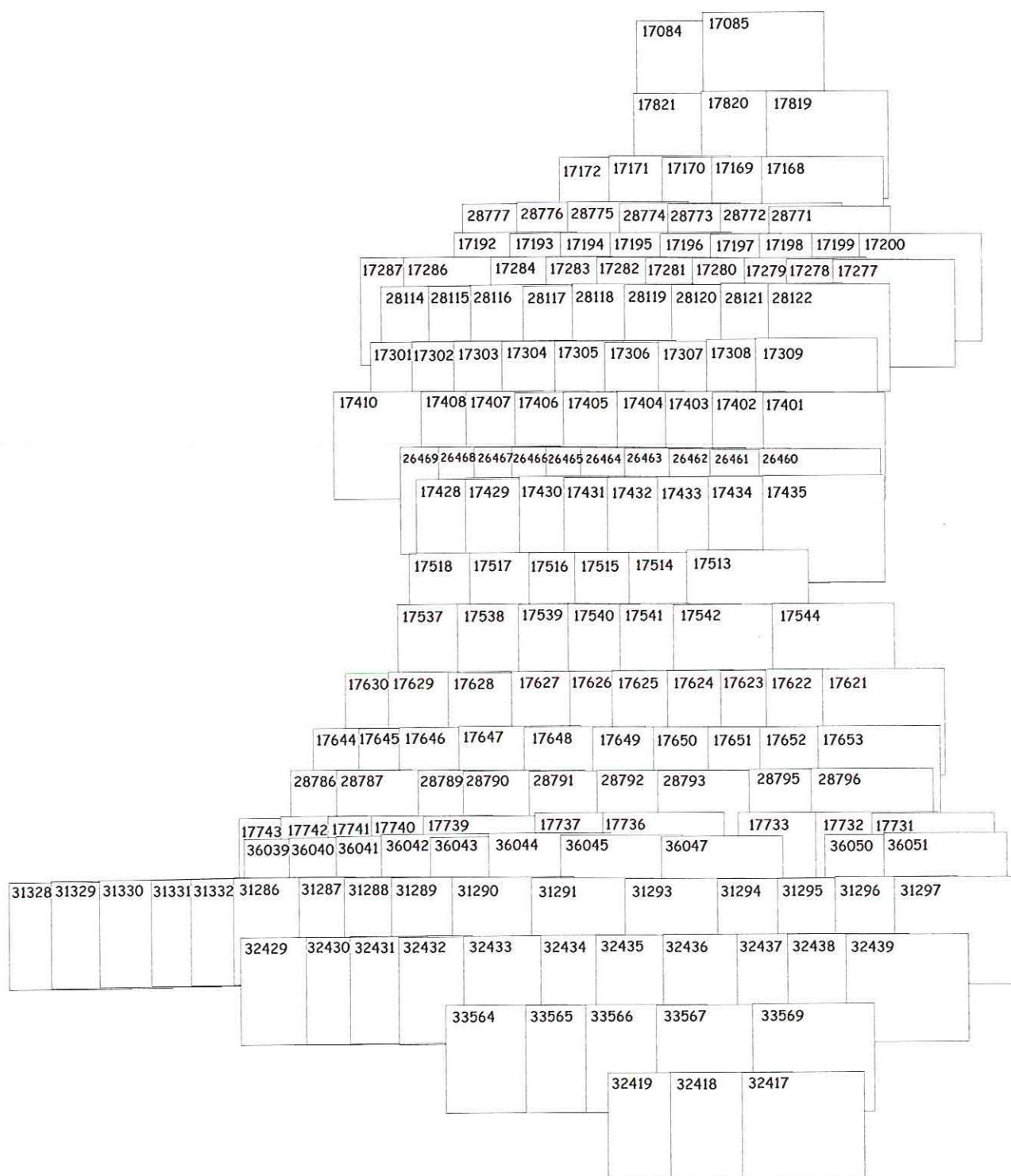


FIGURA 2. Mosaico das fotografias aéreas, vôo 1971 e 1972, escala 1:25.000.



TABELA 1. Ficha de descrição de campo.

<b>Ficha de descrição de afloramento n°.</b>			<b>Data:</b>
<u>Localidade:</u>			
<u>Condição Climática:</u>	<u>Sol:</u>	<u>Chuva:</u>	<u>Nublado:</u>
<u>Finalidade do Trabalho</u>			
Carta Decl.	Mapa de Mater. Inconsol.	Mapa Substr:	Mapa Dren:
<u>Tipo de Afloramento:</u>			
Meia Encosta (m):	Área plana:	Corte de estrada (m):	
<u>Drenagem mais próxima ao afloramento:</u>			
<u>Ordem de drenagem:</u>		<u>Obs:</u>	
<u>Tipo de Eventos perigosos:</u>	MMG: Erosão:	<u>Descrição:</u>	
<u>Tipo litológico:</u> Sedim.: <u>Poço Profundo:</u> N.A.	<u>Tipo de solo:</u> Areia, Silte, Argila:	<u>Disposição Vertical do pacote:</u>	
<u>Tipo de materiais Inconsolidados:</u> Residual: Transportando: Rocha alterada: Rocha sã: Profundidade Aproximada:	<u>Tipo de vegetação:</u>  <u>Área rural</u> <u>Casa, Faz.:</u> <u>Amostra:</u>	<u>Descrição da amostra representativa de cada horizonte do pacote, de cima para baixo:</u> (textura, cor, material da alteração, espessura, mineralogia, raízes, mat. orgân.,etc)	
<u>Fotografia terrestre n°</u>		<u>Fotografia aérea n°</u>	
<u>Mapa base disponível:</u>		<u>Acesso:</u> Bom      Ruim	<u>Tipo de acesso:</u>
<u>Ponto de referência: (faz., esc., etc):</u>			

Posteriormente procedeu-se à coleta de amostras indeformadas de material inconsolidado, bem como de deformadas, e informações para avaliar o aterro sanitário existente no Município.

Somados esses dados, a etapa seguinte foi de ensaiar as amostras de campo, realizadas no laboratório da Geotecnia da EESC/USP.

Procedeu-se para estruturar os dados nos mapas e interpretá-los, gerando-se vários mapas e cartas derivadas, em escala adequada.

De acordo com ZUQUETTE (1987), a escolha da escala utilizada é fundamental no estudo e apresentação dos resultados, direcionando os objetivos do trabalho. Segundo este autor, as escalas menores que 1:100.000 representam escalas gerais; de 1:100.000 a 1:25.000, escalas regionais; e de 1:25.000 a 1:10.000 as escalas de semi-detalle.

Por isso escolheu-se a escala 1:50.000 que representa uma escala regional, ou de detalhe, onde possam ser representados os materiais inconsolidados e rochosos, geomorfologia, águas superficiais, ações antrópicas, fatores climáticos e formas de ocupação.

Mas, antes de ser analisados os atributos que selecionam as áreas de disposição de RSU, é preciso conhecer as características de um aterro sanitário e como ele se comporta no meio.

Para isso, no capítulo seguinte far-se-á um breve resumo comentando os aterros sanitários, definições, tipos e outras características, juntamente com a metodologia proposta por LEITE (1995), para os SDR.

Com essas informações e os dados do local de estudo, que será posteriormente mencionado, pode-se avaliar o trabalho como um todo, apresentando-se os resultados.

## 3 - ATERROS SANITÁRIOS

---

### 3.1 - Introdução

Com o aumento da industrialização e o desenvolvimento dos centros urbanos, a produção e estocagem do lixo são tarefas difíceis de serem solucionadas, principalmente quando se quer preservar o meio ambiente. Tendo em vista esta preocupação, muitos trabalhos estão sendo realizados com o intuito de assegurar a correta disposição deste lixo, sem causar danos ao meio ambiente.

O aterro sanitário é a forma mais utilizada de disposição de resíduos sólidos urbanos. Por esta razão será focado seus conceitos e a localização de áreas-alvo, conforme os atributos envolvidos.

### 3.2 - Resíduos Sólidos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, resíduos sólidos são definidos como: "os resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividade da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de

controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas peculiaridades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Segundo ZUQUETTE (1991), as principais causas da disposição inadequada de resíduos são:

- Falta de conhecimento regional das características do meio físico e do meio ambiente como um todo;
- Não caracterização e separação dos tipos de resíduos;
- Falta de bases mais reais das normas existentes no Brasil para escolha dos locais;
- Baixo índice de estudos em aterros existentes ou experimentais;
- Falta de fiscalização pelos órgãos públicos e punição aos responsáveis pela disposição inadequada dos resíduos.

### 3.2.1 - Classificação de Resíduos Sólidos

De acordo com sua origem, os resíduos sólidos podem apresentar volumes e periculosidade bem distintos, com implicações complexas na sua disposição final. De acordo com a periculosidade do resíduo, da sua origem e das formas de disposição final, pode-se classificá-lo segundo a Tabela 2.

TABELA 2. Classificação dos resíduos sólidos quanto a periculosidade (ABNT NBR 10004).

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Classe I (perigosos)	Apresentam riscos a saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por ter uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade
Classe II (não-inertes)	Podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém não se enquadram como resíduo I ou III.
Classe III	Não tem nenhum dos seus constituintes (inertes) solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas.

Schalch *et al.* (1990) classificam os resíduos sólidos segundo a origem e o grau de biodegradabilidade:

- Segundo a origem:

- Residencial: é chamado lixo domiciliar, constituído de restos de alimentação, invólucros diversos, varredura, folhagem, ciscos e outros;
- Comercial: é proveniente de diversos estabelecimentos comerciais, como escritórios, lojas, hotéis, restaurantes, supermercados, quitandas e outros. É constituído principalmente de papéis, papelão, plásticos, caixas, restos de lavagem, etc;
- Industrial: proveniente de diferentes áreas da indústria e portanto, de constituição muito variada;

- Lixo do serviço da saúde: é constituído de resíduos das mais variadas áreas do estabelecimento: refeitório e cozinha, área de patogênicos, administração, limpeza e outros;
- Especial: lixo constituído por resíduos e materiais produzidos esporadicamente como: folhagem de limpeza de jardins, restos de poda, animais mortos, entulhos;
- Feira, Varrição e Outros: Proveniente de varrição regular de ruas, conservação da limpeza de núcleos comerciais, limpeza de feiras, constituindo-se papéis, cigarros invólucros, restos de capinação, areia, ciscos e folhas.

- Segundo o grau de biodegradabilidade dos resíduos:

- F.D.: Facilmente degradáveis: matéria orgânica;
- M.D.: Moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos;
- D.D.: Dificilmente degradáveis: trapo, couro, borracha e madeira;
- N.D.: Não-degradáveis: vidro, metal, plástico, pedras, terra e outros.

### 3.2.2 -Resíduos Sólidos x Contaminação

SCHALCH *et al.* (1990) expõem que o Homem está sujeito a ser atingido pelos efeitos indesejáveis do lixo, como, por exemplo, contaminação por agentes patogênicos, intoxicação com resíduos industriais, seja por contato direto ou indireto. Alguns compostos químicos, eventualmente existentes no lixo, que foram utilizados pelo Homem à superfície do solo e subsolo, como fertilizantes, adubos,

defensivos agrícolas e outros, podem atingir águas subsuperficiais e chegarem até o homem, conforme mostrado na Figura 3.

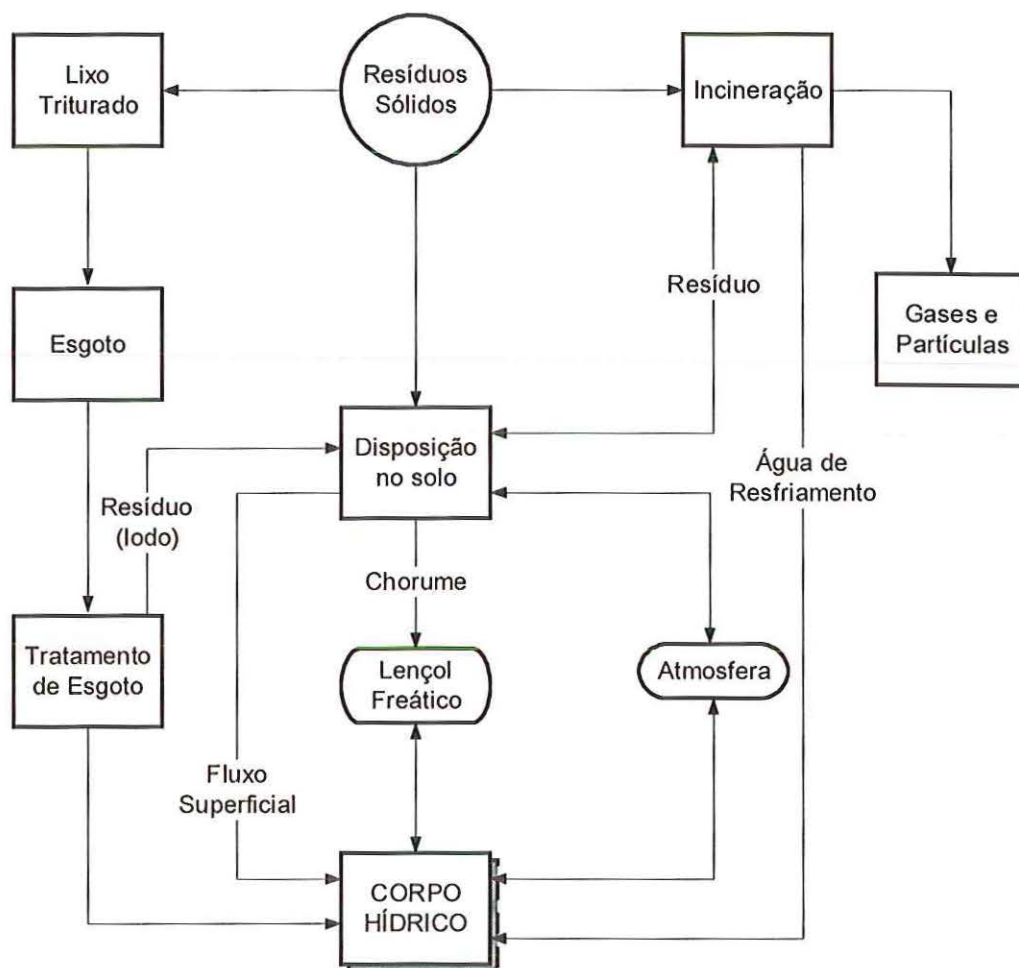


FIGURA 3. Resíduos sólidos e suas vias de contaminação (ROCHA 1979 apud SCHALCH *et al.* 1990)

Sob enfoque sanitário e ecológico, as atividades de tratamento dos resíduos sólidos mais comuns são: a compostagem e incineração, e a atividade de disposição: o aterro sanitário.

Compostagem, segundo IPT (1995), é o processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou

vegetal. Este processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. As principais vantagens da compostagem são: economia de aterro (70%), aproveitamento agrícola da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes para o solo, processo ambientalmente seguro e eliminação de patógenos.

Segundo essa mesma instituição, incineração é a queima de materiais em alta temperatura (geralmente acima de 900 °C), em mistura com uma quantidade apropriada de ar durante um tempo pré-determinado. No caso de incineração do lixo, compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente dióxido de carbono gasoso e vapor d'água e sólidos orgânicos (cinzas). As vantagens são: redução do volume descartado, redução do impacto ambiental, destoxificação e recuperação de energia por vapor ou eletricidade. Suas desvantagens são: o custo elevado, exigência de mão-de-obra qualificada, problemas operacionais, e não existência de um limite de emissão dos incineradores.

### 3.3 - Definição e características dos A.S.

Segundo a NBR 8419 (ABNT-1984), "aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área



permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou intervalos menores se necessário".

O papel de um aterro sanitário, segundo SAMPSON & RUSSEL (1995), deve ser conhecido e planejado para:

- Neutralizar e estabilizar detritos reativos e putrecíveis de uma forma controlada;
- Funcionar como um depósito de materiais, energia ou recursos que não tem valor; e
- Atuar como um repositório a longo prazo para materiais inertes e não aproveitáveis.

As lagoas, os tanques e as fossas sépticas constituem outros meios de disposição, além do aterro sanitário, conforme ZUQUETTE (1987).

Os mecanismos primários envolvendo o assentamento do aterro sanitário, segundo EDIL *et al.* (1990 *apud* KRINITZ *et al.* (1997)), são:

- 1 - Mecânico (distorção, flexão, esmagamento e reorientação, similar a consolidação de solos orgânicos);
- 2 - Desagregação (movimento de finos para os vazios);
- 3 - Trocas físico-químicas (corrosão, oxidação e combustão); e
- 4 - Decomposição bioquímica (fermentação e decaimento, ambos processos aeróbios e anaeróbios).

Pela sua fração significativa com alta energia de matéria orgânica, em aterros sanitários, a atividade bioquímica é a que rege. Isso resulta em quebras químicas de constituintes sólidos e líquidos, transformando-os em produtos líquidos e gasosos. Grande parte dessa atividade é dada sob condições anaeróbias e o gás metano é o produto comum. As taxas de decomposição variam de 0,012 a 0,788 % ao ano, mas são altamente variáveis (KRINITZ *et al.* 1997).

SCHALCH (1992) assinala, que no processo anaeróbico o carbono combina-se com o hidrogênio, formando o metano ( $\text{CH}_4$ ), que é inflamável quando misturado com o ar na proporção de 10 a 15%. O controle da geração de gases pode ser realizado através da implantação de tubos de drenagem, verticais, de PVC, com revestimento de camada de brita e distantes de 50 a 100m. Os aterros sanitários representam um ecossistema complexo, com variáveis que interferem na degradação da matéria orgânica. Um esquema representativo desse ecossistema é apresentado na Figura 4.

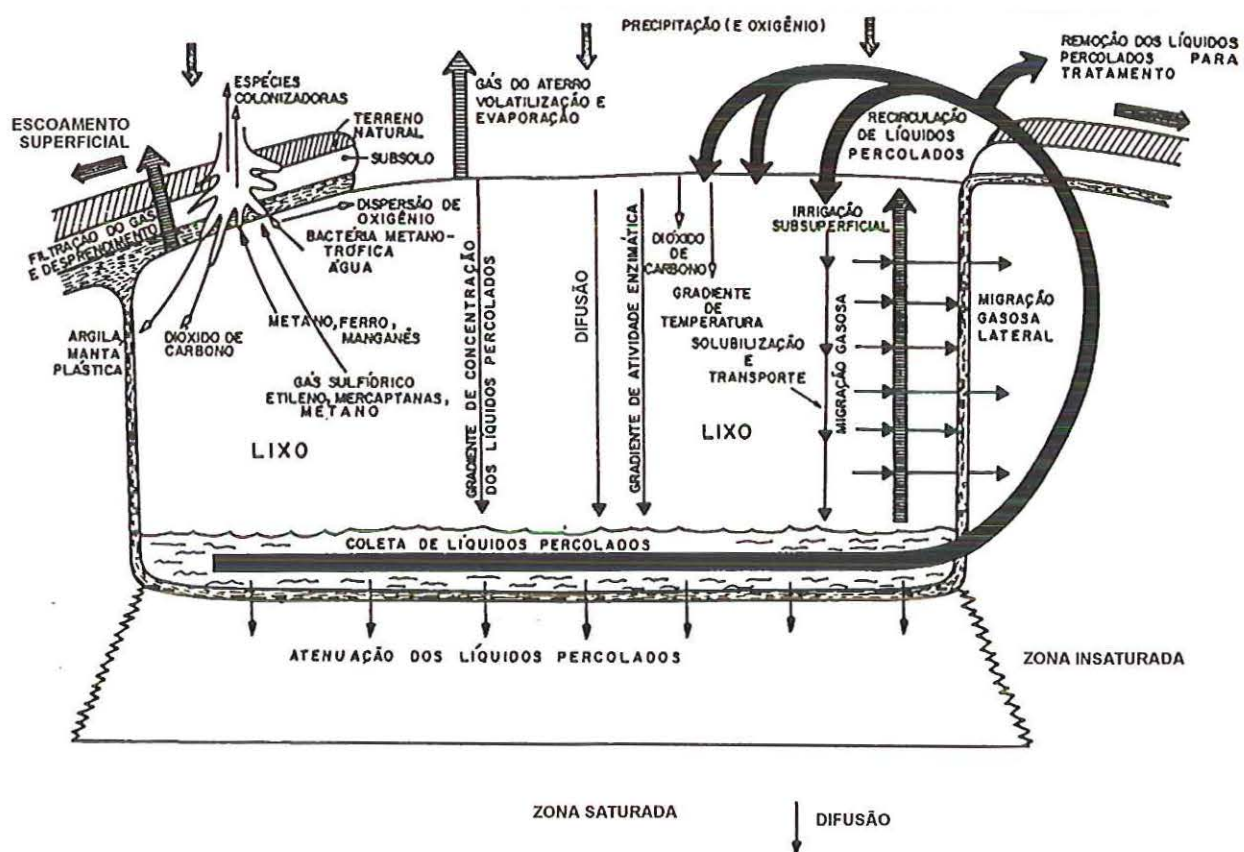


FIGURA 4. Ecossistema de um aterro sanitário (modificado de SCHALCH 1992).

CUNHA & CONSONI (1995) admitem que é necessário um contínuo monitoramento e manutenção nos diversos aspectos de um aterro sanitário, levando em consideração a vida útil e o período de pós-fechamento (fases de projeto, instalação, operação, encerramento e pós-fechamento).

Os componentes orgânicos do lixo sofrem decomposição bacteriana e a umidade que se desprende arrasta consigo substâncias sulfurosas, nitrogenadas e cloradas, tóxicas e de odor desagradável, formando o que se denomina de "chorume", conforme SCHALCH *et al.* (1992). Essa degradação é também denominada biodegradação, transformando os componentes orgânicos, não somente em líquidos, como o chorume, mas também em gases, sólidos inorgânicos e orgânicos relativamente inertes. A intensidade do processo varia de acordo com a granulometria, composição e idade do resíduo, umidade contida no aterro, aspectos quantitativos e qualitativos de nutrientes, pH dos líquidos no aterro, densidade e compactação dos resíduos e condições climáticas (TCHOBANOGLIOUS *et al.* 1993).

O chorume, segundo SCHALCH (1984), é um líquido oriundo da decomposição do lixo e constitui-se um problema mais sério, quando da operação de aterros sanitários. A decomposição anaeróbia é a maior responsável pela produção de chorume. Devido a sua alta concentração de materiais sólidos, o tratamento por processos químicos torna-se muito oneroso. O chorume apresenta características diferentes às dos esgotos domésticos, com grande porcentagem de matéria orgânica biodegradável de difícil decantação, daí a aplicação de tratamento biológicos para solucionar o problemas, dentre eles, destacam-se as lagoas de

estabilização e os filtros biológicos. Os líquidos poluidores, que percolam dessas descargas, dão origem a uma enorme poluição dos cursos d'água. A infiltração da precipitação através do solo, conforme esse mesmo autor, é um processo natural e faz parte do ciclo de recarga do lençol freático. A percolação é a infiltração de água em qualquer meio poroso, carreando com ela as substâncias solúveis suspensas no mesmo. As águas de chuva, que caem sobre os aterros sanitários, bem como de nascentes, percolam através do lixo e carregam o chorume e a matéria orgânica, dando origem ao percolato. A Figura 5 mostra os detalhes da percolação.

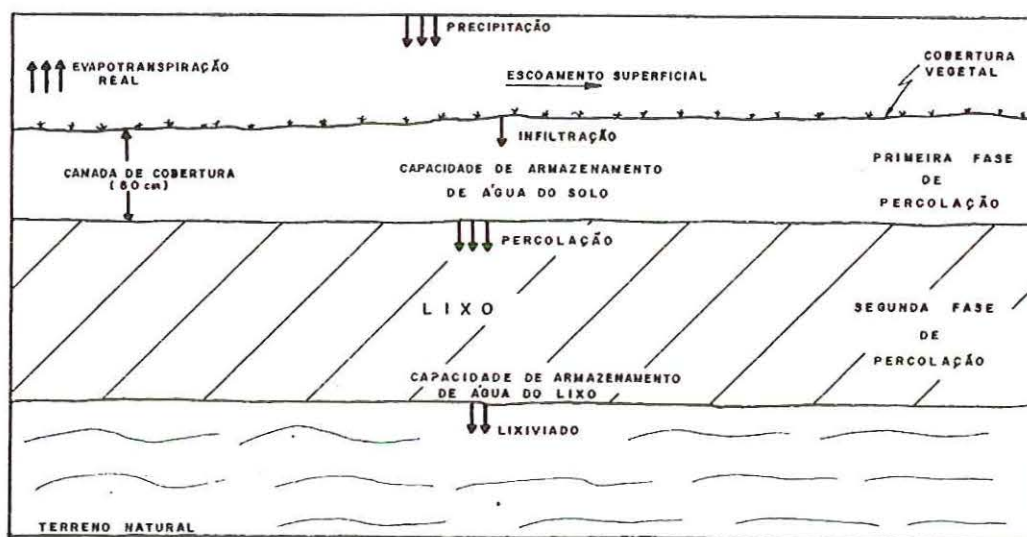


FIGURA 5. Fluxo de água em um aterro sanitário (SCHALCH 1984).

### 3.4 - Tipos de Aterros Sanitários

Devido às mudanças das características dos resíduos na disposição, pelo fato de haver sempre uma transformação dos materiais utilizados, pelas leis ambientais, e outros fatores, a concepção dos aterros está

cada vez mais se modificando (CARVALHO 1996). Mesmo assim é possível classificá-los sob duas maneiras:

- a) Quanto ao tipo de aterro, destacam-se os aterros sanitários convencionais para resíduos sólidos, para resíduos sólidos triturados e para resíduos especiais;

Os aterros convencionais são os usados para a disposição de resíduos sólidos urbanos e materiais inertes, empregando os processos de compactação. Já os aterros de resíduos sólidos triturados, recebem resíduos previamente triturados, perdendo muitas características insatisfatórias num aterro convencional. Assim podem atingir altas densidades, cerca de 35% maior que em aterros convencionais. Além disso, os resíduos podem ser dispostos sem recobrimento diário dependendo da legislação local, acarretando um aumento de vida útil do aterro. Os aterros de resíduos específicos são conhecidos como monoaterros (cinzas, amianto e outros).

- b) Quanto às formas construtivas e operacionais adotadas na disposição, os aterros podem ser classificados em aterros em trincheiras, de superfície e de depressão.

O aterro em trincheira deve ser usado para comunidades que geram baixa quantidade de resíduos ou em casos onde a composição química ou biológica do resíduo for duvidosa e trazer riscos à saúde pública ou ao meio ambiente. Para esse tipo de aterro, o lençol freático não deve estar próximo à superfície e as dimensões da trincheira são função da quantidade de resíduos a ser aterrada e da vida útil requerida. Os resíduos são dispostos em células ou trincheiras escavadas no solo

com taludes 1,5:1 e 2:1 (relação horizontal/vertical), compactados e recobertos, diariamente, por uma camada de solo, conforme mostrado na Figura 6a. O fundo da escavação deve ser impermeabilizado com uma membrana sintética e/ou solo compactado.

O aterro de superfície é usado em locais, de topografia plana, impróprios para a execução de trincheiras e células, onde os desníveis para a disposição dos resíduos são obtidos com um dique de terra ou do próprio resíduo, mostrado figura 6b. Esse método é de custo elevado, por requerer cuidados especiais.

O aterro de depressão (*canyons*) são empregados em regiões de topografias acidentadas, como grotas, fundo de vales, pedreiras extintas e encostas (figura 6c). A variabilidade da geometria, hidrologia e geologia local e disponibilidade do material de cobertura influi nas técnicas de disposição e compactação do resíduo, nesse tipo de aterro.

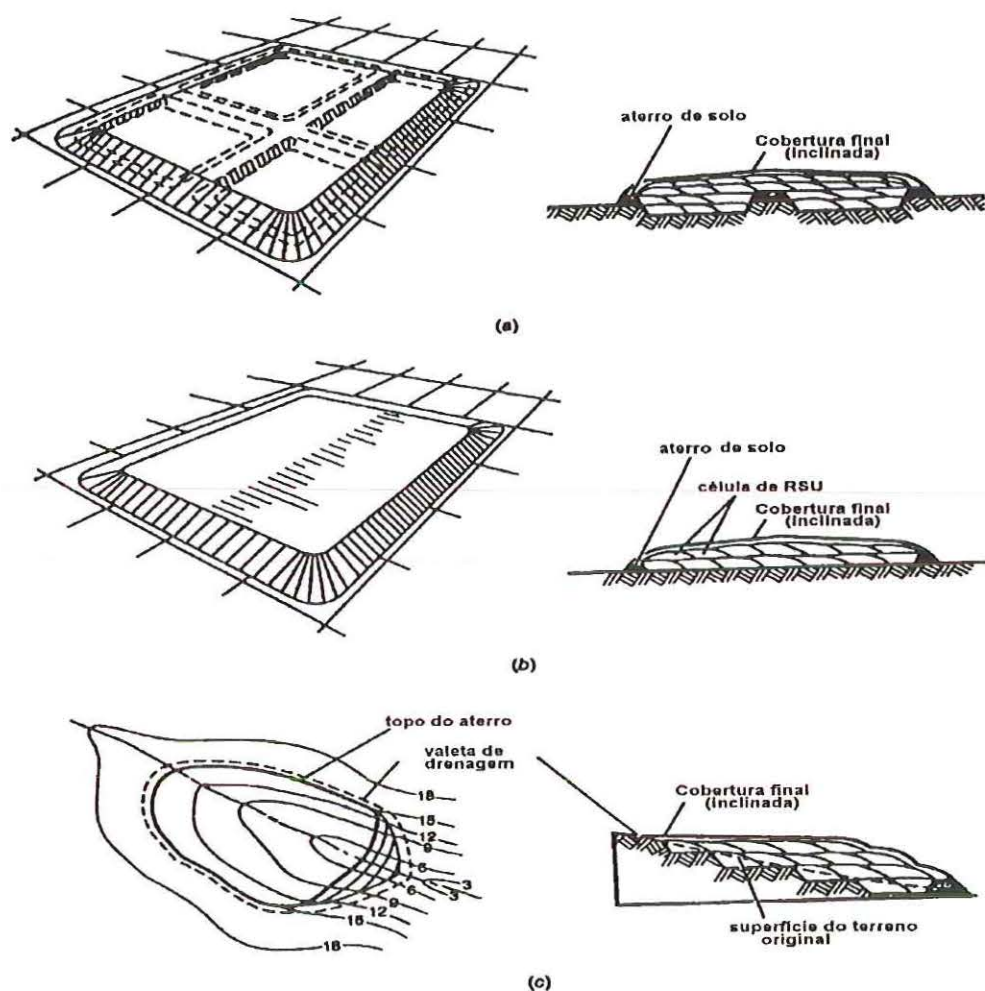


FIGURA 6. Métodos de disposição de RSU: a) trincheira/ célula escavada; b) Superfície; c) Depressão (TCHOBANOGLIOUS *et al.* 1993).

Quanto ao tipo de tratamento, em relação à disposição os aterros podem ser, segundo IPT 1995:

- ✓ tratamento por digestão anaeróbia, de forma simples e pura, onde a inertização do lixo (término das reações orgânicas alcançando-se o estágio de mineralização) pode demorar dezenas até centenas de anos;

- ✓ tratamento por digestão aeróbia, onde é necessário injetar ar no lixo, operando sistemas de bombeamento;
- ✓ tratamento por digestão semi-aeróbia, onde elimina as desvantagens da aeróbia, colocando sistemas de drenagens de gases e percolados onde o fluxo ocorre naturalmente por convecção;
- ✓ tratamentos biológicos, usando microorganismos específicos para decomposição da matéria orgânica.

Segundo ANEX (1996), a configuração de um aterro sanitário é descrito na Figura 7. Apresenta três segmentos: a cobertura, preenchimento e o *liner*. A cobertura é composta por uma camada designada para minimizar o fluxo de umidade para o aterro. O preenchimento é uma série de camadas de aterros sólidos compactados, separados por camadas de solo intermediárias. Existe uma variedade de sistemas de *liner* em uso, incluindo os argilosos, simples e duplos. Um *liner* simples consiste de uma camada arenosa, geomembrana flexível (com sistema de coleta de lixívia), e camada de argila compactada.

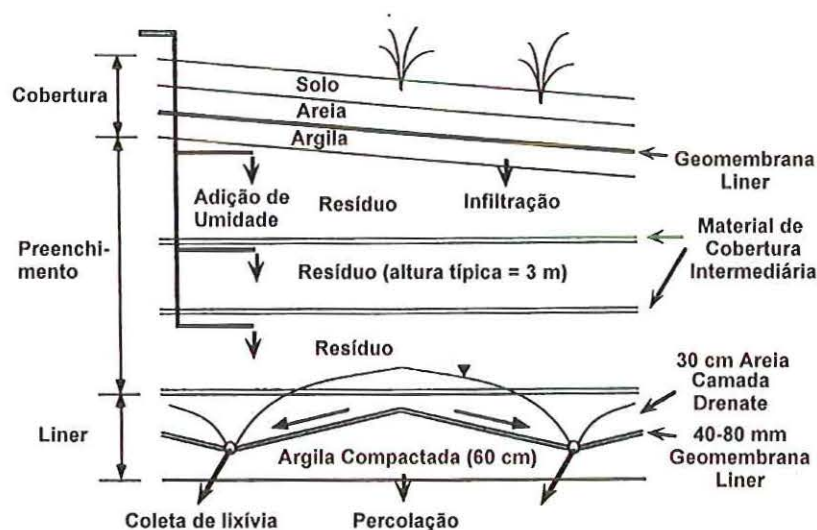


FIGURA 7. Perfil típico de um aterro sanitário (ANEX 1996).



### 3.5 - Relações do Aterro Sanitário com o Meio Ambiente

Para identificar as causas dos problemas ambientais, tomando como base a inter-relação Homem x meio ambiente, faz-se necessário agrupar todas as características globais interdependentes de âmbito econômico, político, social, ecológico e dos recursos da Terra.

Na Tabela 3 são apresentados o intercruzamento de processos do meio físico com o aterro sanitário, onde são identificadas as principais alterações do meio físico, segundo FORNASARI FILHO *et al.* (1992).

TABELA 3. Alterações de processos no meio físico por processos tecnológicos de aterro sanitário.

FASE	PROCESSO DO MEIO FÍSICO		EROSÃO PELA ÁGUA	DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS OU PARTÍCULAS
I M P L A N T A Ç Ã O	PROCESSO TECNOLÓGICO			
	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO E ROCHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigação geológico-geotécnica;</li> <li>- remoção da cobertura vegetal;</li> <li>- nivelamento do terreno;</li> <li>- execução das vias de acesso;</li> <li>- escavações para os sistemas de drenagem (água e gases);</li> <li>- escavações para o sistema de tratamento de líquidos percolados; e</li> <li>- preparação da "área de emergência".</li> </ul>	A movimentação de solo tende a intensificar o processo erosivo ao desestruturar solos e ao expor seus horizontes mais susceptíveis à erosão. Esta alteração se manifesta na forma de erosão laminar mais intensa, sulcos, ravinas e boçorocas, nas áreas escavadas e aterros.	O processo deposição de sedimentos ou partículas em corpos d'água está condicionada, em grande parte, à quantidade de materiais de aporte liberados através do processo erosão pela água e, conforme o caso, à vazão de cursos fluviais. A intensificação do processo deposição de sedimentos ou partículas provoca o assoreamento de corpos d'água.
	CONSTRUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE INFRA-ESTRUTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- guarita, prédio da administração, prédio de garagem e de manutenção de frota operacional, balanço, cercas e tapumes.</li> </ul>	A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- implantação do sistema provisório de drenagem das águas pluviais;</li> </ul>	A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- implantação do sistema de drenagem de líquidos percolados; e</li> <li>- implantação do sistema de tratamento de líquidos percolados.</li> </ul>	A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM DE GASES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- implantação do sistema de drenagem (escape) de gases (drenos verticais interligados com drenos horizontais, em geral, do sistema de drenagem de líquidos percolados).</li> </ul>	A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
F U N C I O N A M E N T O	TRATAMENTO DO LEITO DO ATERRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- preparação e impermeabilização do leito.</li> <li>- exposição e compactação das camadas de lixo; e</li> <li>- cobertura com solo ou outro material inerte.</li> </ul>	A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
	CONSTRUÇÃO DE CÉLULAS DE LIXO		A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
	EXTRAÇÃO DE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- desmonte, remoção e transporte de agregados (solo).</li> </ul>	A extração de material de empréstimo é uma atividade de mineração, devendo ser considerada como tal.	
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- condução de líquidos percolados através de canaletas na parte inferior de cada célula; e</li> <li>- interligação com sistema de drenagem de líquidos percolados.</li> </ul>	A alteração no processo erosão pela água tende a não ser significativa. Vazamentos nos condutos de líquidos podem acelerar localmente o processo.	A alteração no processo deposição de sedimentos ou partículas tende a não ser significativa. Vazamentos nos condutos podem acelerar o processo.
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM (ESCAPE) DEFINITIVA DE GASES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- condução de gases através de dutos verticais interligados com canaletas horizontais do sistema de drenagem de líquidos percolados; e</li> <li>- queima do gás, liberação para a atmosfera ou captação para aproveitamento.</li> </ul>	A alteração no processo tende a não ser significativa	A alteração no processo tende a não ser significativa
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM DEFINITIVA DE ÁGUAS PLUVIAIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- implantação de canaletas, escadas d'água, dissipadores de energia complementares, para condução das águas pluviais para fora da área do aterro.</li> </ul>	A drenagem das águas pluviais retarda ou elimina o processo erosão pela água. Nos pontos de lançamento da água aduzida pode haver intensificação do processo. Vazamentos podem acelerar localmente o processo.	A alteração no processo deposição de sedimentos ou partículas tende a não ser significativa. Vazamentos podem acelerar localmente o processo.
DESATIVAÇÃO	TRATAMENTO DO LÍQUIDO PERCOLADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de acordo com o sistema implantado (reciclagem, lagoa de estabilização, ataque químico, filtro biológico, fotossintético); e</li> <li>- lançamento do líquido tratado (inerte) no meio externo.</li> </ul>	A alteração no processo erosão pela água tende a não ser significativa. Vazamentos podem acelerar localmente o processo.	A alteração no processo deposição de sedimentos ou partículas tende a não ser significativa. Vazamentos podem acelerar localmente o processo.
	MEDIDAS PARA TOTAL DESATIVAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE DEPOSIÇÃO DO LIXO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- execução de camada final de cobertura;</li> <li>- verificação e manutenção do sistema de drenagem das águas pluviais;</li> <li>- verificação e complementação do sistema de drenagem dos líquidos percolados; e</li> <li>- verificação e manutenção do sistema de tratamento dos líquidos percolados; e</li> <li>- verificação e manutenção do sistema de drenagem (escape) de gases.</li> </ul>	As medidas adotadas na desativação do aterro visam garantir a estabilização dos processos do meio físico ao longo do tempo, no sentido de estabelecer um patamar de equilíbrio para a área do aterro sanitário e seus entornos.	

TABELA 3. Alterações de processos no meio físico por processos tecnológicos de aterro sanitário (continuação).

FASE	PROCESSO DO MEIO FÍSICO	ESCOAMENTO DAS ÁGUAS EM SUPERFÍCIE	MOVIMENTAÇÃO DAS ÁGUAS DE SUBSUPERFÍCIE	PROCESSOS PEDOGENÉTICOS
	PROCESSO TECNOLÓGICO			
I M P L A N T A Ç Ã O	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO E ROCHA	A retirada ou acúmulo de solo ou outros materiais modifica as condições topográficas e de cobertura do terreno e, conseqüentemente, todo o processo de escoamento das águas precipitadas ou aflorantes, podendo interrompê-lo (repesamento), acelerar ou reduzir a sua velocidade, concentrando ou dispersando as águas. As conseqüências da alteração se traduzem por reflexos imediatos nos processos com os quais o escoamento superficial interage com maior intensidade (erosão pela água, escorregamento, movimentação das águas de subsuperfície, inundação, entre outros).	A retirada ou acúmulo de solo ou outros materiais interfere na movimentação das águas de subsuperfície por modificar a espessura das camadas superficiais e alterar o comportamento hidrogeotécnico local, refletindo nos mecanismos de infiltração, escoamento subterrâneo e capilaridade.	A retirada ou acúmulo de solo ou outros materiais impõe aos terrenos novas situações locais que modificam profundamente processos pedogenéticos em desenvolvimento. Podem resultar em eliminação, redução, ou aceleração, combinada ou isolada, dos processos pedogenéticos, tais como a adição, a remoção, a translocação, ou a transformação.
	CONSTRUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE INFRA-ESTRUTURA	Os equipamentos de infra-estrutura interferem no processo como impermeabilizadores de superfícies e também como obstáculos para o escoamento (contornados por sistemas de drenagem).	Os equipamentos de infra-estrutura eliminam a infiltração das águas precipitadas nos terrenos onde estão construídos, reduzindo a área de recarga do aquífero.	Os equipamentos de infra-estrutura compactam e impermeabilizam a superfície do solo, alterando localmente os processos pedogenéticos, com conseqüências restritas e de pouco significado, dado o tipo de atividade.
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	As obras de sistema de drenagem das águas pluviais alteram o escoamento ao interceptarem e aduzirem o fluxo de superfície.	As obras do sistema de drenagem das águas pluviais alteram isolada e localmente os mecanismos de infiltração, escoamento subterrâneo e capilaridade.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	As obras do sistema de drenagem e tratamento dos líquidos percolados, em geral, provocam alteração no processo escoamentos das águas em superfície. A significância da alteração depende do tipo do sistema utilizado.	As obras do sistema de drenagem dos líquidos percolados, juntamente com o leito impermeabilizado, agem funcionalmente no sentido de reduzir a infiltração no substrato.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM DE GASES	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	TRATAMENTO DO LEITO DO ATERRO	O tratamento impermeabiliza o solo, tornando o leito do aterro um elemento captador e adutor das águas precipitadas, em associação com o sistema de drenagem.	O tratamento do leito elimina a infiltração das águas precipitadas e líquidos percolados no aterro.	O tratamento do leito compacta e impermeabiliza a superfície do solo, alterando localmente os processos pedogenéticos, com conseqüências restritas e de pouco significado, dado o tipo de atividade.
F U N C I O N A M E N T O	CONSTRUÇÃO DE CÉLULAS DE LIXO	A construção das células de lixo modifica as características topográficas e superficiais do terreno, alterando o escoamento das águas em superfície, interrompendo ou reduzindo sua velocidade, concentrando ou dispersando as águas.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	EXTRAÇÃO DE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	A extração de material de empréstimo é uma atividade de mineração, devendo ser considerada como tal.		
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração nos processos pedogenéticos tende a não ser significativa. Líquidos que infiltram no solo a partir de vazamentos alteram processos pedogenéticos, particularmente pela adição de elementos e substâncias oriundas da percolação no aterro (poluentes).
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM (ESCAPE) DEFINITIVA DE GASES	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM DEFINITIVA DE ÁGUAS PLUVIAIS	O sistema de drenagem das águas pluviais capta e aduz as águas precipitadas, concentrando o escoamento que, nos pontos de lançamento, interage sobremaneira com outros processos (erosão pela água, inundação e escorregamento, entre outros).	O sistema de drenagem das águas pluviais age funcionalmente no sentido de reduzir a infiltração no aterro.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
TRATAMENTO DO LÍQUIDO PERCOLADO	A alteração no processo escoamento das águas em superfície tende a não ser significativa. Vazamentos podem intensificar localmente o processo.	A alteração da movimentação das águas de subsuperfície tende a não ser significativa. Vazamentos podem alterar localmente o processo, disseminando no solo os produtos percolados no aterro.	O tratamento dos líquidos percolados pode provocar a alteração nos processos pedogenéticos. A significância da alteração depende do tipo de tratamento utilizado. Vazamentos podem alterar localmente os processos pedogenéticos.	
DESATIVAÇÃO	MEDIDAS PARA TOTAL DESATIVAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE DEPOSIÇÃO DO LIXO	As medidas adotadas na desativação do aterro visam garantir a estabilização dos processos do meio físico ao longo do tempo, no sentido de estabelecer um patamar de equilíbrio para a área do aterro sanitário e seus entornos.		

TABELA 3. Alterações de processos no meio físico por processos tecnológicos de aterro sanitário (continuação).

FASE	PROCESSO DO MEIO FÍSICO	INTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS NA ÁGUA E NO SOLO	EROSÃO EÓLICA	CIRCULAÇÃO DE PARTÍCULAS E GASES NA ATMOSFERA
	PROCESSO TECNOLÓGICO			
I M P L A N T A Ç Ã O	MOVIMENTAÇÃO DE SOLO E ROCHA	A movimentação de solo e rocha impõe novas condições aos elementos interativos deste processo, promovendo, em geral, a intensificação das interações, as quais decorrem fundamentalmente da alteração nos processos pedogenéticos.	A movimentação de solo e rocha provoca um aumento potencial da erosão pelo vento, devido à exposição de superfícies desnudas e desprotegidas dos locais escavados e dos depósitos de solos.	Aumento potencial da presença de partículas em suspensão no ar, devido à exposição de superfícies desnudas e desprotegidas da área do aterro.
	CONSTRUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE INFRA-ESTRUTURA	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	INSTALAÇÃO DE OBRAS DE DRENAGEM DE GASES	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	TRATAMENTO DO LEITO DO ATERRO	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
F U N C I O N A M E N T O	CONSTRUÇÃO DE CÉLULAS DE LIXO	Os resíduos orgânicos e inorgânicos do lixo intensificam as interações físico-químicas entre si, com as águas em percolação e com os materiais de aterro, liberando gases e compostos diversos. A impermeabilização do leito e a drenagem de líquidos e gases devem impedir interações secundárias na água subsuperficial e no solo.	As partículas finas de lixo e do material inerte podem incrementar a taxa de erosão pelo vento.	A movimentação de materiais na construção das células de lixo provoca aumento potencial de partículas em suspensão no ar devido à ação erosiva do vento. Ocorre também concentração temporária no ar ou dispersão na circunvizinhança dos gases liberados na decomposição do lixo e interações físico-químicas nas células, com imediatas implicações sanitárias (odores, poluentes tóxicos).
	EXTRAÇÃO DE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	A extração de material de empréstimo é uma atividade de mineração, devendo ser considerada como tal.		
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	A alteração no processo interações físico-químicas na água e no solo tende a não ser significativa. Vazamentos nos condutos podem intensificar o processo na água subsuperficial e no solo.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM (ESCAPE) DEFINITIVA DE GASES	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	Os gases drenados e liberados na atmosfera podem se concentrar temporariamente ou se dispersar na circunvizinhança, com imediatas implicações sanitárias (odores, poluentes tóxicos).
	EXECUÇÃO DA DRENAGEM DEFINITIVA DE ÁGUAS PLUVIAIS	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
	TRATAMENTO DO LÍQUIDO PERCOLADO	A alteração no processo interações físico-químicas na água e no solo tende a não ser significativa, em sistema de tratamento com circulação fechada. Vazamentos podem intensificar localmente o processo na água subsuperficial e no solo.	A alteração no processo tende a não ser significativa.	A alteração no processo tende a não ser significativa.
DESATIVAÇÃO	MEDIDAS PARA TOTAL DESATIVAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE DEPOSIÇÃO DO LIXO	As medidas adotadas na desativação do aterro visam garantir a estabilização dos processos do meio físico ao longo do tempo, no sentido de estabelecer um patamar de equilíbrio para a área do aterro sanitário e seus entornos.		

O aterro sanitário pode ser considerado um centro transformador do meio físico, visto que condiciona a natureza a se adaptar às novas situações.

Sob este ponto de vista, ZUQUETTE et al. (1998), propuseram o aterro sanitário como o centro modificador do meio, mostrando como este modo de disposição interage com o meio ambiente (figura 8).

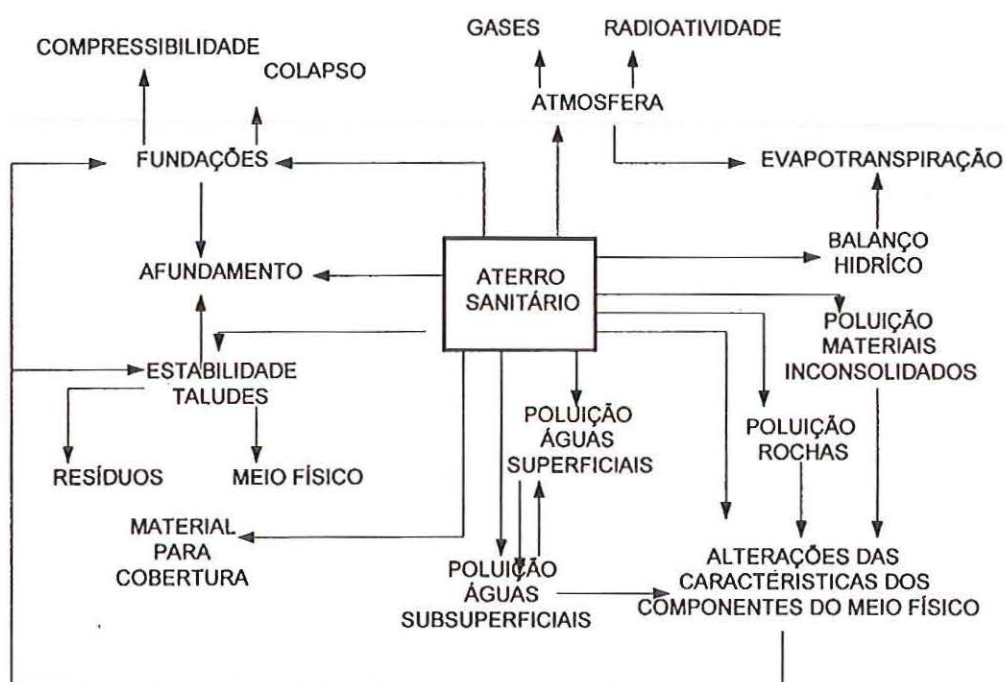


FIGURA 8. Esquema que representa as interações relacionadas aos aterros sanitários e o meio ambiente. (ZUQUETTE *et al.* 1998).

Segundo estes autores, o fluxograma da Figura 8 serve para orientar o desenvolvimento de estudos para elaboração de cartas derivadas, para o zoneamento de uma região, quanto ao comportamento frente a instalação de aterros sanitários. Mostra, também, a interferência deste com os vários aspectos envolvidos.

## 4 - METODOLOGIA PARA A ESCOLHA DE SÍTIO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUO

---

Poucas cidades brasileiras tem sítios adequados para a disposição de resíduos, que são selecionados por uma série de atributos criteriosos em cuja escolha os mecanismos não afetam o meio ambiente.

LEITE (1995) comenta que o sítio de disposição, em aterros sanitários, irá depender de uma série de atributos analisados e que esses atributos condicionam na sua favorabilidade ou desfavorabilidade em dispor resíduos sólidos. Discute ainda que os mapas levantados e dados obtidos devem ser criteriosamente analisados, como mapas topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos, fotografias aéreas, análises de campo, perfis de sondagem, e levantamento de poços.

A Figura 9 mostra o fluxograma envolvendo as informações fundamentais para análise de áreas susceptíveis à contaminação e poluição das águas subsuperficiais para escolha de locais para disposição de resíduos.

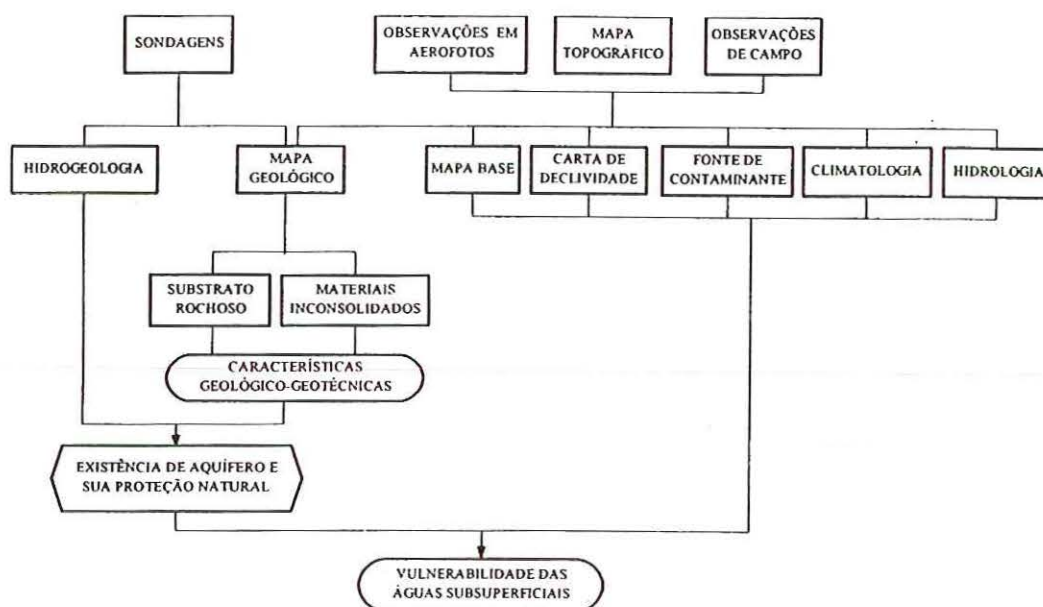


FIGURA 9. Fluxograma para avaliar a susceptibilidade à contaminação de águas subterráneas, para escolha de locais para disposição de resíduos (LEITE e ZUQUETTE 1996)

#### 4.1 - Metodologia proposta por LEITE (1995)

Para que uma área seja utilizada como SDR é necessário que satisfaça as condições a seguir representadas:

- ✓ O risco iminente de uma contaminação ambiental seja minimizado;
- ✓ O equilíbrio ecológico da região seja preservado ao máximo;
- ✓ A comunidade esteja de acordo com a instalação do sítio;
- ✓ Satisfaça as exigências legais quanto ao uso da terra;

- ✓ Tenha uma vida útil a mais longa possível e que necessite, para o início das operações, um mínimo de obras; e
- ✓ Não se assente em áreas de recarga de aquíferos.

Para classificar as áreas segundo a susceptibilidade à contaminação e poluição, pode-se definir três tipos de áreas:

- ✓ Não Susceptíveis: quando elas podem ser ocupadas por SDR sem a necessidade de sofrer modificações tecnológicas ou a aplicação de recursos estruturais;
- ✓ Susceptíveis: são aquelas que podem ser usadas para a mesma finalidade, desde que sejam cumpridas determinadas exigências feitas no sentido de aumentar o nível de proteção do aquífero; são áreas que apresentam poucos atributos desfavoráveis; e
- ✓ Áreas de risco: são as que não comportam de forma alguma o assentamento de um sítio de disposição, ou por razões do enorme número de atributos desfavoráveis, ou então por apenas poucos, como por exemplo, a condição de ser recarga de aquífero, isenta de cobertura consolidada.

#### 4.1.1 - Informações Básicas

- ✓ Localização de poços tubulares, existentes na região, para que seja fácil de fazer um monitoramento, no caso de contaminação. Esse conhecimento torna possível posicionar futuras fontes contaminantes em relação aos pontos de captação de água subterrânea;



- ✓ Localização das fontes contaminantes, para saber a relação espacial entre as fontes contaminantes e os pontos de captação de águas, as zonas urbanas, as zonas de proteção ambiental. É importante o conhecimento da profundidade em que se encontra a fonte contaminante, a distância e o trajeto que o contaminante poderá percorrer até atingir o aquífero, sendo que essa fonte não deva ser a montante de um poço de captação.
- ✓ Existência de aeroportos, cuja área deve situar-se fora do cone de aproximação de aeronaves para o pouso e decolagem, em distâncias cujos limites variam de 1,5 a 3,0 km (BRITO 1991 *apud* LEITE 1995), devido ao grande volume de gás metano produzido, de um aterro sanitário. A estocagem subterrânea de combustível de aeronaves, constitui um potencial de fonte poluidora.

#### 4.1.2 - Informações do Meio Físico

- ✓ Bacias Hidrográficas - evitar áreas com rios, nascentes e córregos, para que as águas não atinjam o aterro e percolem através da massa de rejeito. A distância não deve ser inferior a 300 metros;
- ✓ Declividade - terrenos com declividades superiores a 20% não servem à construção de aterros sanitários, visto que a estabilidade do material inconsolidado com esta inclinação é difícil devido o grande volume de lixívia produzido, durante a digestão de resíduos. Em terrenos com declividades inferiores a 2%, o escoamento superficial de águas pluviais não é suficiente, formando áreas alagadiças, ou resultando numa grande taxa de infiltração, o que

inviabiliza o assentamento do aterro, e a captação do chorume. As declividades adequadas estão na faixa de 2 a 20%.

- ✓ Precipitação e Evapotranspiração - o balanço hídrico é de extrema importância. Aliado às chuvas, o relevo, a hidrografia e a textura do material produzirão os efeitos a serem representados nos fluxogramas, como por exemplo o mostrado na Figura 10. Estes devem ser separados em componentes de escoamento base, superficial e subsuperficial.

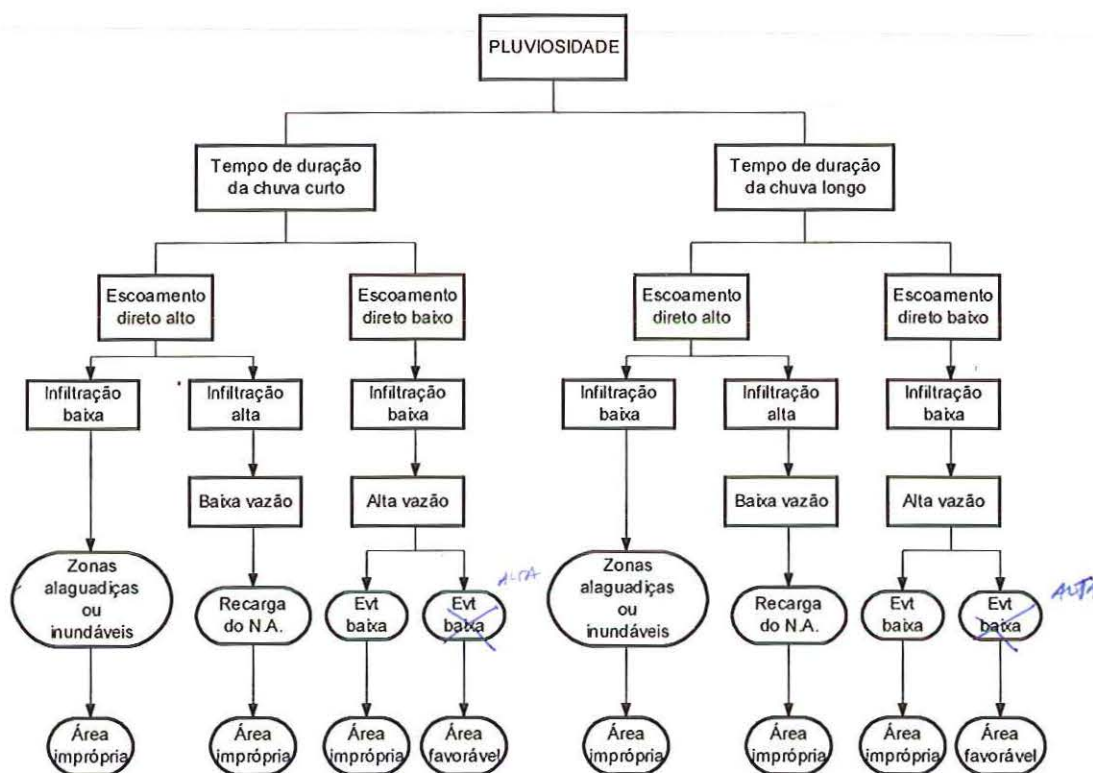


FIGURA 10. Fluxograma da Pluviosidade (LEITE 1995).

#### 4.1.3 - Informações do Substrato Rochoso

A partir de investigações criteriosas de campo, essas informações devem ser obtidas, com auxílio de mapas geológicos pré-existentis.

O tipo de substrato indica a ocorrência real ou potencial de um aquífero livre e sua espessura. Áreas que estejam descobertas de material inconsolidado devem ser criteriosamente analisadas, principalmente sua permeabilidade.

Para áreas onde ocorrem rochas sedimentares, devem ser dispensadas calcários e rochas com cimento calcário, devido a seu alto grau de dissolução, e porosidade; rochas de granulação grossa, como conglomerados e arenitos pouco cimentados também não são adequadas a disposição, devido a porosidade e permeabilidade. Exceção deve ser feita às rochas que apresentam uma curva granulométrica bem graduada com pedregulho, areia e finos, que se comportam como impermeáveis ( $k < 10^{-10}$ ); rochas pelíticas são as mais indicadas, pois a grande presença de finos resulta em baixos valores de permeabilidade, como retardamento da solução percolante, pela adsorção de íons pelas partículas de argila, e dispersão hidrodinâmica. Essas rochas que apresentam grande porcentagem de argilo-minerais 2:1 (esmectitas) podem sofrer fenômenos de contração, o que pode resultar em trincas, propiciando maior permeabilidade. Contudo, essas argilas possuem alta capacidade de troca catiônica (CTC), que são mais eficazes na remoção de cátions contaminantes; em rochas metamórficas, os mármoreos devem ser evitados. Porém, dependendo do tipo de soluções a serem dispostas e da densidade do fraturamento, os mármoreos podem ser considerados, desde que se faça o uso de revestimentos adequados.

As discontinuidades devem ser analisadas, pois são vias preferenciais de transporte de poluentes em direção às águas de subsuperfície. O transporte do contaminante, em discontinuidades, é intensificado por advecção, dispersão e difusão molecular de soluções.

Também são importantes as informações a respeito da dimensão e distribuição das litologias, e que não exista a possibilidade de riscos naturais.

#### 4.1.4 - Informações dos Materiais Inconsolidados

A presença de espessura maior ou igual a 10 metros de material inconsolidado, contendo argilo-minerais, pode retardar a chegada de poluentes às águas subsuperficiais, pela adsorção iônica ou baixa condutividade hidráulica.

- ✓ Solos Argilosos: são os mais adequados, principalmente quando apresentam baixa permeabilidade ( $K < 10^{-5}$  cm/s, preferencialmente  $< 10^{-8}$  cm/s), e argilo-minerais com CTC maior que 100 cmlc/kg de argila. Deve-se evitar material inconsolidado com mais de 50% de argilo-minerais, devido a sua alta plasticidade, prejudicando o transporte e movimentação de máquinas e equipamentos;
- ✓ Solos Arenosos: não são bons substratos pela sua alta porosidade e permeabilidade. Porém solos areno-argilosos bem graduados com baixa permeabilidade podem ser utilizados. A mesma ressalva é feita a solos constituídos por misturas bem graduadas de cascalho-areia-argila, desde que os argilo-minerais não apresentem um caráter expansivo muito elevado, e que os valores de CTC não sejam menores que 100 cmlc/kg de argila.
- ✓ Solos com alto teor de matéria orgânica: são totalmente descartados, devido a alta compressibilidade, baixa resistência ao cisalhamento, e

porque estão sujeitos à redução de volume decorrente dos processos de degradação da matéria orgânica.

#### 4.1.5 - Informações da Geomorfologia

Platôs e encostas suaves são favoráveis devido apresentarem uma considerável espessura de cobertura inconsolidada. São completamente descartados os relevos escarpados, cristas, interflúvios estreitos e as encostas íngremes por apresentarem pouca ou nenhuma espessura de material inconsolidado. As planícies de inundação e os terrenos fluviais são inadequados, por estarem próximos às drenagens, a declividade ser sempre inferior a 2% e por apresentarem um nível d'água muito raso. Os relevos cársticos também são inadequados.

#### 4.1.6 - Informações da Dinâmica da Água

- ✓ Ocorrência, tipo e litologia do aquífero: a existência do aquífero é ponto chave para o estudo de vulnerabilidade. Os freáticos são mais susceptíveis à contaminação por fontes superficiais. As rochas respondem diferentemente aos vários tipos de contaminantes;
- ✓ Áreas de recarga: geralmente se encontra o aquífero exposto, ou coberto por material muito permeável. Essas áreas são impróprias para a disposição;
- ✓ Profundidade do nível d'água: é a distância máxima que o contaminante terá de percorrer até atingir a zona saturada. Para materiais inconsolidados, próprios à retenção do soluto, 20 metros é a

profundidade adequada, e para os materiais inconsolidados, que não tem essa capacidade de retenção, é necessário o uso de *liner*. Esta recomendação é necessária para materiais inconsolidados que possuem espessura inferior a 10 m. Quando o aquífero se encontra confinado por uma rocha espessa, de baixa permeabilidade ou praticamente impermeável, ou elevada CTC, não são feitas restrições quanto a profundidade do nível d'água. Caso a rocha seja bastante permeável, ela é considerada parte do aquífero, e o material inconsolidado a ela superposto deve apresentar características de retentor e/ou retardador de soluções. Se isso não acontece é recomendada o uso de *liners*;

- ✓ Flutuações do N.A.: a água quando atinge profundidades inferiores àquelas estabelecidas no nível mínimo, pode diluir e transportar os compostos que se encontravam na zona não saturada, causando contaminação do lençol. Para solos não adequados com espessuras inferiores a 10 m e N.A. inferior a 40 m, é necessário que as flutuações do nível d'água não atinjam valores superiores a 5 m;
- ✓ Direção e sentido de fluxo da água de subsuperfície: previne qual a direção e sentido se deslocará uma pluma de contaminação, afim de que sejam tomadas as medidas necessárias a redução de impactos ambientais, bem como aplicação de barreiras protetoras;
- ✓ Características químicas: é necessário saber se as águas superficiais e os materiais inconsolidados não se apresentam contaminados, para que os dados futuros não sejam enganosos.

#### 4.1.7 - Informações das Águas Superficiais

É necessário conhecer as informações das drenagens, como a densidade que não deve ser superior a 1, a distância e o posicionamento dos recursos hídricos em relação a fonte contaminante assim como a localização das zonas alagadiças ou inundáveis. Os rios meandrantés são potencialmente agentes de transporte e diluição de soluções. Neste caso a distância da fonte contaminante ao leito do rio deve ser superior aos 300 m, para canais meandrantés. Deve-se conhecer as fontes naturais, bem como as taxas de escoamento superficial e de infiltração.

#### 4.1.8 - Informações Geotécnicas

- ✓ Alterabilidade do materiais geológicos: as áreas devem apresentar baixa susceptibilidade à alteração superficial dos materiais rochosos, para garantir estabilidade do aterro;
- ✓ Ensaio de campo para determinação do índice de vazios, massa específica seca e massa específica dos sólidos: determinam o volume de vazios, que permitem inferir o volume de água necessário para saturar o material inconsolidado;
- ✓ Teor de umidade de campo: indica uma maior ou menor possibilidade de contaminação do material inconsolidado;
- ✓ Características de compactação: selecionar áreas que apresentem material inconsolidado a ser utilizado no recobrimento do resíduo ou como substrato para fundação do aterro;

- ✓ Permeabilidade: as cartas de detalhe devem apresentar estudos de percolação de lixívia no material das zonas subsaturada e saturada. Isto permite conhecer o comportamento frente às soluções contaminantes. Quando a permeabilidade do material de cobertura é significativa (em torno de  $10^{-3}$  cm/s) há necessidade de usar *liners*;
- ✓ Compressibilidade: baixa compressibilidade garante a estabilidade da obra por toda sua existência. Nos materiais inconsolidados grossos a compressibilidade é menor do que nos mais finos. Estes podem sofrer deformações por flexão ou dobramento. Os materiais inconsolidados heterogêneos podem sofrer recalques diferenciados;
- ✓ Colapsibilidade: o material, onde se assentará o sítio de disposição, não pode ser colapsível. Esta análise pode ser feita conforme os critérios de identificação de materiais inconsolidados colapsíveis;
- ✓ Capacidade de retenção de contaminantes: conhecida através da capacidade de troca iônica. Com os dados da CTC infere-se o tipo de argilo-mineral presente, se são as do tipo 1:1 ou 2:1. Um material inconsolidado ou rocha que apresente uma CTC maior ou igual que 100 cmlc/kg de argila, sob este aspecto, pode servir de base para o assentamento do sítio de disposição;
- ✓ Capacidade de suporte (SPT): a capacidade de suporte para uma área adequada a disposição deve ser maior que 20. Para áreas de risco de contaminação, o valor do SPT é menor que 15.
- ✓ Movimentos de massa e erodibilidade: é imprescindível que a área não apresente movimentos de massa e não tenha alta susceptibilidade à erosão;
- ✓ Potencial hidrogeniônico: o pH é determinado a fim de monitorar o comportamento que alguns poluentes terão em função do grau de



acidez ou de alcalinidade do material inconsolidado. Valores negativos de  $\Delta\text{pH}$  indicam que o material inconsolidado possui capacidade de retenção de cátions; valores positivos indicam capacidade de retenção de ânions.

Os atributos acima expostos são agrupados em vários fluxogramas que direcionam as áreas para seleção de sítios para aterros sanitários. A Figura 11 mostra um fluxograma básico com as informações gerais para a escolha e assentamento do aterro sanitário.

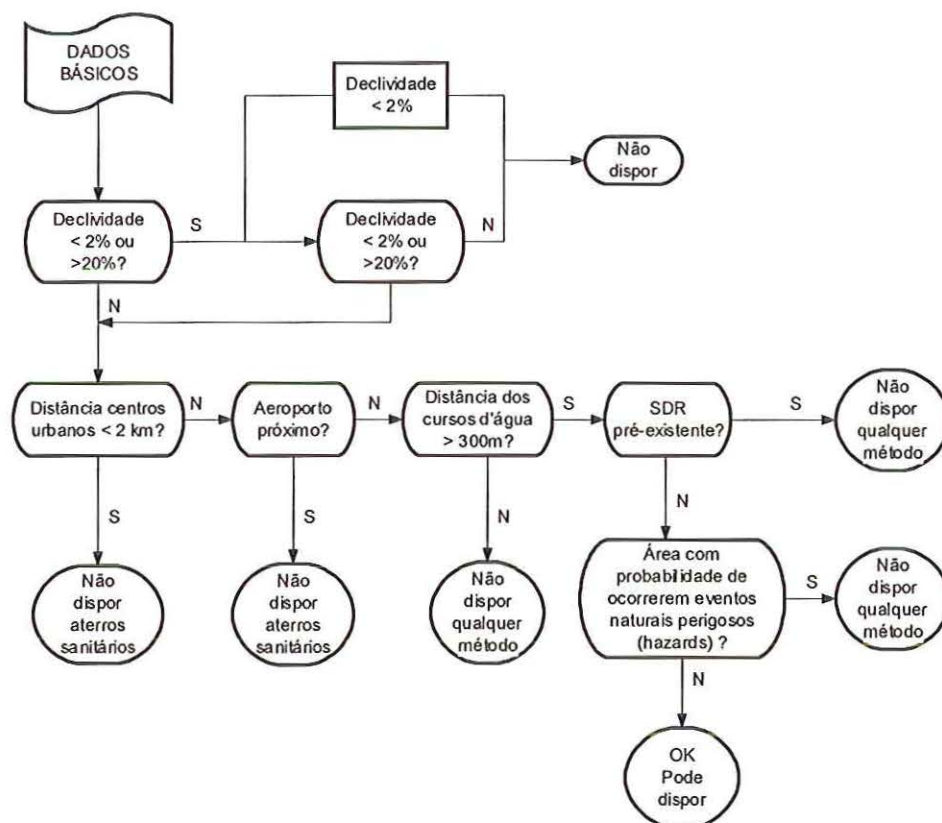


FIGURA 11. Fluxograma mostrando as informações gerais para a escolha de áreas para disposição de resíduos (LEITE 1995).

## 4.2 - ATRIBUTOS ENVOLVIDOS

Para a implantação de aterros sanitários é necessário analisar uma série de atributos do meio físico, que interferem na adequabilidade de implementação, e que dependem da eficiência e qualidade do mapeamento.

Os atributos levantados por LEITE (1995) e que serão tomados como a base do trabalho foram mostrados no capítulo anterior.

ZUQUETTE *et al.* (1994) apresentam uma série de atributos, com diferentes níveis de variação, com o objetivo de classificar a região, para a disposição de aterros sanitários (tabela 4).

TABELA 4. Atributos e níveis que devem ser considerados na metodologia proposta por ZUQUETTE *et al.* (1994).

Componentes	Classes	Favorável	Moderada	Severa	Restrita
	Atributos				
Substrato Rochoso	1-Litologia			Arenitos/ Calcários	Arenitos/ Calcários
	2-Profundidade (m)	> 15	5 - 10	< 5	< 3
	3-Descontinuidade (densidade)	> 2/m	2 - 3/m	Muito Fraturada	Extremamente Fraturada

TABELA 4. Atributos e níveis que devem ser considerados na metodologia proposta por ZUQUETTE *et al.* (1994) (Continuação).

Material Inconsolidado	4-Textura	Areia argilosa	Argila arenosa	Arenosa	Muito arenosa
	5-Varição no perfil de alteração	Heterogêneo	Heterogêneo		Homogêneo
	6-Mineralogia	Minerais do tipo 2:1	Minerais do tipo 2:1 e 1:1	Minerais inertes	Materiais inertes
	7-Matacões	Poucos e pequenos	Poucos e pequenos	Muitos e pequenos	Muitos e grandes
	8-pH/pH <sub>KCl</sub> -pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	>4/negativo	>4/negativo	>5/negativo	<4/negativo
	9-Salinidade (mhos/cm)	<16	<16	>16	Muito alto
	10-CTC (meq/100g)	>15	5-15	<5	<2
	11-Compressibilidade	Não	Não	Camada super-ficial	Camada super-ficial
	12-Colapsividade	Não	Camada super-ficial (<2m)	Camada super-ficial (<4m)	Camada super-ficial (<6m)
	13-Erodibilidade	Baixa	Baixa	Alta	Muito alta
	14-Fator de retardamento	Alto	Intermediário	Baixo	Baixo
15-Condições de compactação	Adequada	Adequada	Inadequada	Inadequada	
Águas	16-Prof. N.A. (m)	>10	>6	<4	<2
	17-Direção do fluxo da A. Subterrânea	1	2	3	>3
	18-Escoamento superficial	Laminar	Laminar	Laminar/concentrado	Concentrado
	19-Coefficiente de permeabilidade(cm/s)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-4</sup>	>10 <sup>-3</sup>	>10 <sup>-2</sup>
	20-Áreas de recarga	Não	Não	Não	Ocorre
	21-Direção dos poços e fontes (m)	>500	>400	>300	<300
	22-Drenabilidade	Adequada	Adequada	Inadequada	Inadequada

TABELA 4. Atributos e níveis que devem ser considerados na metodologia proposta por ZUQUETTE *et al.* (1994) (Continuação).

Feições de Processos	23-Erosão	Não	Não	Raras	Muitas
	24-Movimentos de Massas	Não	Não	Raras	Muitas
Relevo	25-Declividade (%)	2-5	>5 e <2	>15	>20
	26-Landform			Escarpas	Favorece acúmulo de águas
	27-Limites entre bacias de drenagem (m)	Distante >200	Distante <100	Muito próximo	Coincidente
	28-Zonas úmidas	Não	Não	Não	Ocorre
	29-Zonas de inundação	Não	Não	Tempo retorno >20 anos	Tempo retorno <20 anos
Climáticos	30-Evapotranspiração	Alta	Intermediária	Baixa	Muito baixa
	31-Direção dos ventos				Para área urbana
	32-Pluviosidade (mm/ano)			>2000	>3000

O grau de contaminação das águas superficiais e subsuperficiais pode ser controlado a partir do conhecimento das características físicas do solo e da distância entre a fonte contaminante e a cota do lençol freático. Tal concepção direciona a um dos critérios a serem tomados quando da implantação e operação do aterro sanitário.

## 5 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.1 - Localização e Acessos

O Município ocupa uma área de 1.151 km<sup>2</sup> (1.150.495.796,107 m<sup>2</sup>) divididos em 63 km<sup>2</sup> de área urbana e 1.088 km<sup>2</sup> de área rural, atualmente, e com uma altitude média de 850 metros, localiza-se na porção NNE, centro-oriental, do Estado de São Paulo, mais precisamente entre as coordenadas 48°10'00" e 47°40'00" W e 21°35'00" e 22°10'00" S, conforme visualizado na Figura 12.

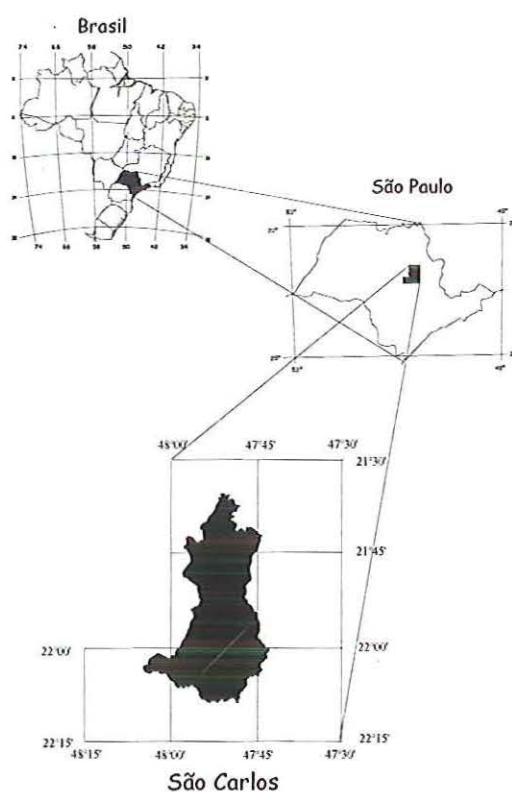


Figura 12. Localização da área de estudo.

O acesso dá-se por uma variada rede de rodovias, sendo que se desta entre as principais, a Rodovia Washington Luís - SP 310. Outras formas de acesso além das rodovias são: a ferrovia, que liga São José do Rio Preto - São Carlos - São Paulo; e os dois aeroportos locais, um dentro da cidade e outro nas imediações.

São Carlos é considerado o principal centro urbano da região e limita-se a norte por Rincão, Santa Lúcia e Luiz Antônio, a Sul por Ribeirão Bonito, Brotas e Itirapina, a Leste por Descalvado e Analândia, e a oeste por Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense.

## 5.2 - Ocupação

### 5.2.1 - Breve Histórico

A região onde hoje se localiza a cidade de São Carlos fez parte da rota dos tropeiros com destino às minas de Cuiabá em fins do século XVIII, denominada na época de "Picadão de Cuiabá".

A região oeste do estado de São Paulo, que inicialmente era ocupada por índios Guaiaranazes, passou a receber, principalmente no final do século XVIII, a vinda de posseiros, os quais provavelmente não eram somente descendentes de antigos bandeirantes, mas estavam fazendo o caminho inverso destes, procurando terras férteis.

Na segunda metade do século XIX essa rota, foi muito utilizada quando o Picadão serviu de caminho para o envio de tropas e suprimentos para a Guerra do Paraguai.

Assim, como a maioria das cidades dessa época, São Carlos surgiu da doação de sesmarias e do pequeno comércio para os viajantes que

passavam por aqui - armazéns para a venda de suprimentos e pousadas para descanso.

São Carlos nasce de três grandes sesmarias: a sesmaria do Pinhal, do Monjolinho e do Quilombo. A sesmaria do Pinhal é a mais antiga, datada de 1781, sendo demarcada em 1831; a do Monjolinho teve origem irregular, sendo regularizada por carta de doação em 1810. A sesmaria do Quilombo, também de posse irregular, foi regularizada em 1812, localizada no atual distrito de Santa Eudoxia.

São Carlos era ligada, administrativamente, à cidade de São Bento de Araraquara, atual cidade de Araraquara e em 1857 foi promovida a distrito de paz de São Carlos do Pinhal. No ano de 1865, em virtude do rápido crescimento do distrito, a Assembléia Provincial resolveu elevá-lo à categoria de vila e em 1880 é elevada à categoria de cidade.

Com o impulso dado pelo café, São Carlos cresceu rapidamente (a partir da segunda metade do século XIX, atingindo o ápice no início do século atual), tornando-se um centro econômico e cultural da época. No auge da produção cafeeira brasileira, São Carlos chegou a ser o 3º maior produtor de café do país.

O plano da cidade iniciou-se no ponto mais alto que os limites da propriedade da fazenda do Pinhal permitiram: a meia encosta, nas proximidades de um antigo pouso de viajantes, do Picadão existente às margens do Córrego do Gregório. Configurou-se ao redor da capela erigida em 1856 e inaugurada em 1857 - data oficial da fundação da cidade - no local da atual catedral. O arruamento inicial se formou ao redor da primeira capela de madeira iniciada em 1856 e inaugurada em 1857, ano da demarcação do antigo cemitério, no atual largo de São Benedito.

A chegada da ferrovia em 1884 e, posteriormente, a vinda dos imigrantes para o trabalho nos cafezais foram os principais fatores responsáveis pelo rápido crescimento urbano de São Carlos.

Assim, a ferrovia do complexo cafeeiro, desempenhou importante papel na História da cidade: impulsionou a urbanização, possibilitou a viabilização e a ampliação da acumulação capitalista da região.

A riqueza do café permitiu a construção de prédios de grande refinamento arquitetônico, projetados por mestres, em sua maioria, italianos e com materiais de construção importados da Europa, facilitada pelo transporte ferroviário.

Os melhoramentos urbanos foram sendo efetivados: em 1889 chega o telefone, com a constituição da "Companhia Telephonica São Carlense" em 1894; em 1892 a iluminação elétrica, sendo São Carlos a primeira cidade no Brasil a ter energia produzida pelo sistema hidroelétrico; 1895 é inaugurado o Jardim Público do Pátio da Matriz; em 1899 o serviço de abastecimento de água potável; em 1900 início das obras de construção da rede de esgoto domiciliar, concluído em 1903; e em 1914 chegam à São Carlos os bondes elétricos.



### 5.2.2 - Aspectos Demográficos

O Município de São Carlos, conta com aproximadamente 180.000 habitantes (IBGE 1996).

São Carlos não sofreu explosão urbana acentuada, porém a sua malha urbana sofreu transformação semelhante à maioria das cidades médias brasileiras.

Nos últimos 40 anos observou-se um grande êxodo rural, demonstrado pelo aumento da população urbana e conseqüente diminuição da rural, que comprova o processo de urbanização acelerado, conforme visualizado na Tabela 5.

TABELA 5. Censos demográficos, de São Carlos, conforme IBGE (FALCOSKI 1997).

ANOS	POPULAÇÃO (ha)		
	Urbana	Rural	Total
1950	32.703	15.028	47.731
1960	50.851	11.194	62.045
1970	75.812	9.683	85.495
1980	110.305	9.325	119.630
1991	148.408	9.813	158.221
1996	164.103	11.414	175.517

Na Tabela 5 observa-se um expressivo aumento populacional nas últimas décadas, o que pode supor que todo crescimento espacial da cidade nada mais fez do que acomodar essa população.

### 5.2.3 - Plano Diretor

Atualmente não existe nenhum plano diretor que organize o desenvolvimento do município, porém houve várias tentativas de implementação com estudos realizados, sem êxito algum, mesmo com as exigências federais de planos diretores em todos os municípios do estado de São Paulo.

O problema disso tudo é político, pois o município conta com duas grandes universidades, a USP e a UFSCAR, que realizam vários trabalhos na área e que a prefeitura, na maioria das vezes não toma conhecimento dessas pesquisas, e se toma, não põe em prática.

Plano diretor é um instrumento que estabelece regras para organizar e gerir a ação dos agentes públicos e privados na produção do espaço urbano e municipal; constitui um plano de intervenção, que tem por finalidade o equilíbrio sócio-ambiental.

Planejamento urbano é um instrumento de ação que o poder público local tem de criar um ambiente adequado ao desenvolvimento do homem, melhorando a sua qualidade de vida.

Um plano diretor deve ser constantemente atualizado, acompanhando as mudanças no desenvolvimento da cidade, em todos os aspectos: social, ambiental, econômico, etc.

Realizou-se em setembro de 1997 um seminário sobre plano diretor, com vários trabalhos e sugestões, organizado pela Associação dos Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos de São Carlos, mesmo assim não chegou a ser aplicado na prática.

Um zoneamento ambiental do município deve ser uma diretriz essencial do Plano, levando em conta a preservação dos recursos hídricos e hidrogeológicos, do ar, e do uso e ocupação do solo. Um Plano bem elaborado estabelece locais de preservação ambiental, bem como os locais apropriados para a destinação do lixo domiciliar e industrial, com leis e normas a serem cumpridas.

Existem leis da Constituição Federal, leis da Constituição Estadual e Municipal, como é o caso da Lei Orgânica Municipal (FALCOSKI 1997), que regem todos os deveres para com o desenvolvimento urbano e meio ambiente, ideais e que ainda não são obedecidas.

## LEIS FEDERAIS

### Desenvolvimento Urbano:

#### Título VII - Capítulo II

➤ Art. 182: A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

§ 1º - O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o

instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

§ 2º - A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor.

§ 3º - As desapropriações de imóveis urbanos serão feitas com prévia e justa indenização em dinheiro.

§ 4º - É facultado ao Poder Público municipal, mediante lei específica para área incluída no plano diretor, exigir, nos termos da lei federal, do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado, que promova seu adequado aproveitamento, sob pena, sucessivamente, de:

I - parcelamento ou edificação compulsórios;

II - imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo;

III - desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública de emissão previamente aprovada pelo Senado Federal, com prazo de resgate de até dez anos, em parcelas anuais, iguais e sucessivas, assegurados o valor real da indenização e os juros legais.

### Meio Ambiente:

#### Título VIII Capítulo VI

- Art. 225: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia

qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º - São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º - As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

## LEIS ESTADUAIS

### Desenvolvimento Urbano:

#### Título VI - Capítulo II

- Art. 180: No estabelecimento de diretrizes e normas relativas ao desenvolvimento urbano, o Estado e os Municípios assegurarão:

I - o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e a garantia do bem-estar de seus habitantes;

II - a participação das respectivas entidades comunitárias no estudo, encaminhamento e solução dos problemas, planos, programas e projetos que lhes sejam concernentes;

III - a preservação, proteção e recuperação do meio ambiente urbano e cultural;

IV - a criação e manutenção de áreas de especial interesse histórico, urbanístico, ambiental, turístico e de utilização pública;

V - a observância das normas urbanísticas, de segurança, higiene e qualidade de vida;

VI - a restrição à utilização de áreas de riscos geológicos;

VII - as áreas definidas em projeto de loteamento como áreas verdes ou institucionais não poderão, em qualquer hipótese, ter sua destinação, fim e objetivos originariamente estabelecidos alterados.

- Art. 181: Lei municipal estabelecerá, em conformidade com as diretrizes do plano diretor, normas sobre zoneamento, loteamento, parcelamento, uso e ocupação do solo, índices

urbanísticos, proteção ambiental e demais limitações administrativas pertinentes.

§ 1º - Os planos diretores, obrigatórios a todos os Municípios, deverão considerar a totalidade de seu território municipal.

§ 2º - Os Municípios observarão, quando for o caso, os parâmetros urbanísticos de interesse regional, fixados em lei estadual, prevalecendo, quando houver conflito, a norma de caráter mais restritivo, respeitadas as respectivas autonomias.

§ 3º - Os Municípios estabelecerão, observadas as diretrizes fixadas para as regiões metropolitanas, microrregiões e aglomerações urbanas, critérios para regularização e urbanização, assentamentos e loteamentos irregulares.

- Art. 183: Ao Estado, em consonância com seus objetivos de desenvolvimento econômico e social, cabe estabelecer, mediante lei, diretrizes para localização e integração das atividades industriais, considerando os aspectos ambientais, locacionais, sociais, econômicos e estratégicos, e atendendo ao melhor aproveitamento das condições naturais urbanas e de organização especial.

Parágrafo único - Competem aos Municípios, de acordo com as respectivas diretrizes de desenvolvimento urbano, a criação e a regulamentação de zonas industriais, obedecidos os critérios estabelecidos pelo Estado, mediante lei, e respeitadas as normas relacionadas ao uso e ocupação do solo e ao meio ambiente urbano e natural.



### Meio Ambiente:

#### Título VI - Capítulo IV - Seção I

➤ Art. 193: O Estado, mediante lei, criará um sistema de administração da qualidade ambiental, proteção, controle e desenvolvimento do meio ambiente e uso adequado dos recursos naturais, para organizar, coordenar e integrar as ações de órgãos e entidades da administração pública direta e indireta, assegurada a participação da coletividade, com o fim de:

I - propor uma política estadual de proteção ao meio ambiente;

II - adotar medidas, nas diferentes áreas de ação pública e junto ao setor privado, para manter e promover o equilíbrio ecológico e a melhoria da qualidade ambiental, prevenindo a degradação em todas as suas formas e impedindo ou mitigando impactos ambientais negativos e recuperando o meio ambiente degradado;

III - definir, implantar e administrar espaços territoriais e seus componentes representativos de todos os ecossistemas originais a serem protegidos, sendo a alteração e supressão, incluindo os já existentes, permitidas somente por lei;

IV - realizar periodicamente auditorias nos sistemas de controle de poluição e de atividades potencialmente poluidoras;

V - informar a população sobre os níveis de poluição, a qualidade do meio ambiente, as situações de risco de acidentes, a presença de substâncias potencialmente nocivas à saúde, na água potável e nos alimentos, bem como os

resultados das monitoragens e auditorias a que se refere o inciso IV deste artigo;

VI - incentivar a pesquisa, o desenvolvimento e a capacitação tecnológica para a resolução dos problemas ambientais e promover a informação sobre essas questões;

VII - estimular e incentivar a pesquisa, o desenvolvimento e a utilização de fontes de energia alternativas, não poluentes, bem como de tecnologias brandas e materiais poupadores de energia;

VIII - fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação genética;

IX - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais das espécies e dos ecossistemas;

X - proteger a flora e a fauna, nesta compreendidos todos os animais silvestres, exóticos e domésticos, vedadas as práticas que coloquem em risco sua função ecológica e que provoquem extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade, fiscalizando a extração, produção, criação, métodos de abate, transporte, comercialização e consumo de seus espécimes e subprodutos;

XI - controlar e fiscalizar a produção, armazenamento, transporte, comercialização, utilização e destino final de substâncias, bem como o uso de técnicas, métodos e instalações que comportem risco efetivo ou potencial para a qualidade de vida e meio ambiente, incluindo o de trabalho;

XII - promover a captação e orientar a aplicação de recursos financeiros destinados ao desenvolvimento de

todas as atividades relacionadas com a proteção e conservação do meio ambiente;

XIII - disciplinar a restrição à participação em concorrências públicas e ao acesso a benefícios fiscais e créditos oficiais às pessoas físicas e jurídicas condenadas por atos de degradação do meio ambiente;

XIV - promover medidas judiciais e administrativas de responsabilização dos causadores de poluição ou de degradação ambiental;

XV - promover a educação ambiental e a conscientização pública para a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente;

XVI - promover e manter o inventário e o mapeamento da cobertura vegetal nativa, visando à adoção de medidas especiais de proteção, bem como promover o reflorestamento, em especial, às margens de rios e lagos, visando à sua perenidade;

XVII - estimular e contribuir para a recuperação da vegetação em áreas urbanas, com plantio de árvores, preferencialmente frutíferas, objetivando especialmente a consecução de índices mínimos de cobertura vegetal;

XVIII - incentivar e auxiliar tecnicamente as associações de proteção ao meio ambiente constituídas na forma da lei, respeitando a sua autonomia e independência de atuação;

XIX - instituir programas especiais mediante a integração de todos os seus órgãos, incluindo os de crédito, objetivando incentivar os proprietários rurais a executarem as práticas

de conservação do solo e da água, de preservação e reposição das matas ciliares e replantio de espécies nativas;

→ XX - controlar e fiscalizar obras, atividades, processos produtivos e empreendimentos que, direta ou indiretamente, possam causar degradação do meio ambiente, adotando medidas preventivas ou corretivas e aplicando as sanções administrativas pertinentes;

XXI - realizar o planejamento e o zoneamento ambientais, considerando as características regionais e locais, e articular os respectivos planos, programas e ações;

Parágrafo único - O sistema mencionado no "caput" deste artigo será coordenado por órgão da administração direta que será integrado por:

a ) Conselho Estadual do Meio Ambiente, órgão normativo e recursal, cujas atribuições e composição serão definidas em lei;

b ) órgãos executivos incumbidos da realização das atividades de desenvolvimento ambiental.

- Art. 195: As condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, com aplicação de multas diárias e progressivas no caso de continuidade da infração ou reincidência, incluídas a redução do nível de atividade e a interdição, independentemente da obrigação dos infratores de reparação aos danos causados.

Parágrafo único - O sistema de proteção e desenvolvimento do meio ambiente será integrado pela Polícia Militar mediante suas unidades de policiamento florestal e de mananciais, incumbidas da prevenção e repressão das infrações cometidas contra o meio ambiente, sem prejuízo dos corpos de fiscalização dos demais órgãos especializados.

- Art. 201: O Estado apoiará a formação de consórcios entre os Municípios, objetivando a solução de problemas comuns relativos à proteção ambiental, em particular à preservação dos recursos hídricos e ao uso equilibrado dos recursos naturais.
- Art. 202: As áreas declaradas de utilidade pública, para fins de desapropriação, objetivando a implantação de unidades de conservação ambiental, serão consideradas espaços territoriais, especialmente protegidos, não sendo nelas permitidas atividades que degradem o meio ambiente ou que, por qualquer forma, possam comprometer a integridade das condições ambientais que motivaram a expropriação.

Vale a pena salientar o Decreto nº 32.955/91, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas:

#### Capítulo II - Seção I

- Art. 14: Nenhuma atividade desenvolvida poderá poluir, de forma intencional ou não, as águas subterrâneas.
- Art. 15: Todos os projetos de implantação de empreendimentos de alto risco ambiental, pólo petroquímico e cloroquímico, usinas

nucleares e quaisquer outras fontes de grande impacto ambiental ou de periculosidade e risco para as águas subterrâneas deverão conter uma detalhada caracterização da hidrogeologia e vulnerabilidade de aquíferos, assim como medidas de proteção a serem adotadas.

#### Capítulo II - Seção II

- Art. 16: Os resíduos sólidos, líquidos ou gasosos provenientes de quaisquer atividades, somente poderão ser transportados ou lançados se não poluírem águas subterrâneas.

#### Capítulo II - Seção III

- Art. 17: Os projetos de disposição de resíduos no solo devem conter descrição detalhada de caracterização hidrogeológica de sua área de localização, que permita a perfeita avaliação de vulnerabilidade das águas subterrâneas, assim como a descrição detalhada das medidas de proteção a serem adotadas.

§ 1º - As áreas onde existirem depósitos de resíduos no solo devem ser dotadas de monitoramento das águas subterrâneas, efetuado pelo responsável pelo empreendimento, a ser executado conforme plano aprovado pela CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, e que deverá conter:

I - a localização e os detalhes construtivos do poço de monitoramento;

II - a forma de coleta de amostras, frequência, parâmetros a serem observados e métodos analíticos;

III - a direção, espessura e o fluxo do aquífero freático e possíveis interconexões com outras unidades aquíferas.

§ 2º - O responsável pelo empreendimento deverá apresentar relatórios à CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, até 31 de janeiro de cada ano, informando os dados obtidos no monitoramento.

§ 3º - Se houver alteração estaticamente comprovada, em relação aos parâmetros naturais de qualidade da água nos poços a jusante, por ele causada, o responsável pelo empreendimento deverá executar as obras necessárias para recuperação das águas subterrâneas.

## LEIS MUNICIPAIS

### Desenvolvimento Urbano:

#### Título VII - Capítulo I

- Art. 235: função social da cidade; função social do direito de propriedade; áreas especiais de interesse social; proteção ambiental.
- Art. 236: zoneamento, uso e ocupação e parcelamento em conformidade com o Plano Diretor.
  - I - Acesso a propriedade e moradia para todos.
  - II - Regularização fundiárias de áreas para população de baixa renda.
  - III - Justa distribuição dos benefícios de urbanização.
  - IV - Preservação e correção das distorções de valorização da propriedade.

V - Adequação do direito de construir às normas urbanísticas.

VI - Meio ambiente de qualidade e ecologicamente equilibrado.

➤ Art. 237: "Toda intervenção no ambiente já construído, que aumente substancialmente a densidade de vias, a demanda por equipamentos comunitários, a necessidade de infraestrutura sanitária, bem como implique na derrubada de árvores, deverá ter sua aprovação condicionada à apresentação de um Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente Construído a ser previsto no Plano Diretor".

➤ Art. 238: normas exigindo do proprietário aproveitamento do solo urbano improdutivo (vazios urbanos), ou seja, não edificado, sub-utilizado ou não utilizado, sob pena de:

I - Parcelamento ou edificação compulsória;

II - Imposto sobre propriedade (IPTU);

III - Desapropriação com pagamento de títulos da dívida pública.

### Meio Ambiente

#### Título VII - Capítulo II

➤ Art. 243: criação de um Sistema de Administração de Qualidade Ambiental - Conselho Municipal de Meio Ambiente.

➤ Art. 244: atribuições do Sistema de Administração Ambiental:

I - Elaborar Plano Municipal do Meio Ambiente;

II - Medidas de prevenção de impactos ambientais;

III - Fiscalização de obras e processos produtivos de impacto;

IV - Educação ambiental;

V - Inventário e mapeamento ambiental;



VI - Conservar e recuperar vegetação de áreas urbanas.

- Art. 245: alvará de construção de obras, observando códigos construtivos e ambientais.
- Art. 246: áreas de proteção permanente (várzeas, nascentes, mananciais, matas ciliares, encostas - áreas de exemplares raros de fauna e flora - paisagens notáveis e de interesse ambiental - áreas de interesse histórico, arqueológico, científico e cultural).
- Art. 247: as áreas de interesse ambiental (APAs), objeto de desapropriação serão espaços territoriais protegidos.

Alguns destes artigos, da lei orgânica municipal, fazem parte da legislação federal e estadual, nos quais o município deve obedecer, como, por exemplo, o artigo 246. Esta lei não é seguida, representando um defeito.

Seria necessário, também, incluir ao artigo 244 um mapeamento quanto ao aterro sanitário, ou um novo artigo que tratasse das áreas para instalação de aterros sanitários, de acordo com a constituição do estado de São Paulo.

## 5.3 - Caracterização do Meio Físico

### 5.3.1 - Aspectos Climáticos

A área estudada tem temperaturas variando em média de 16 °C a 20°C, e pluviosidade entre 926 a 1620 mm, com distribuição variada, como mostra a Figura 13.

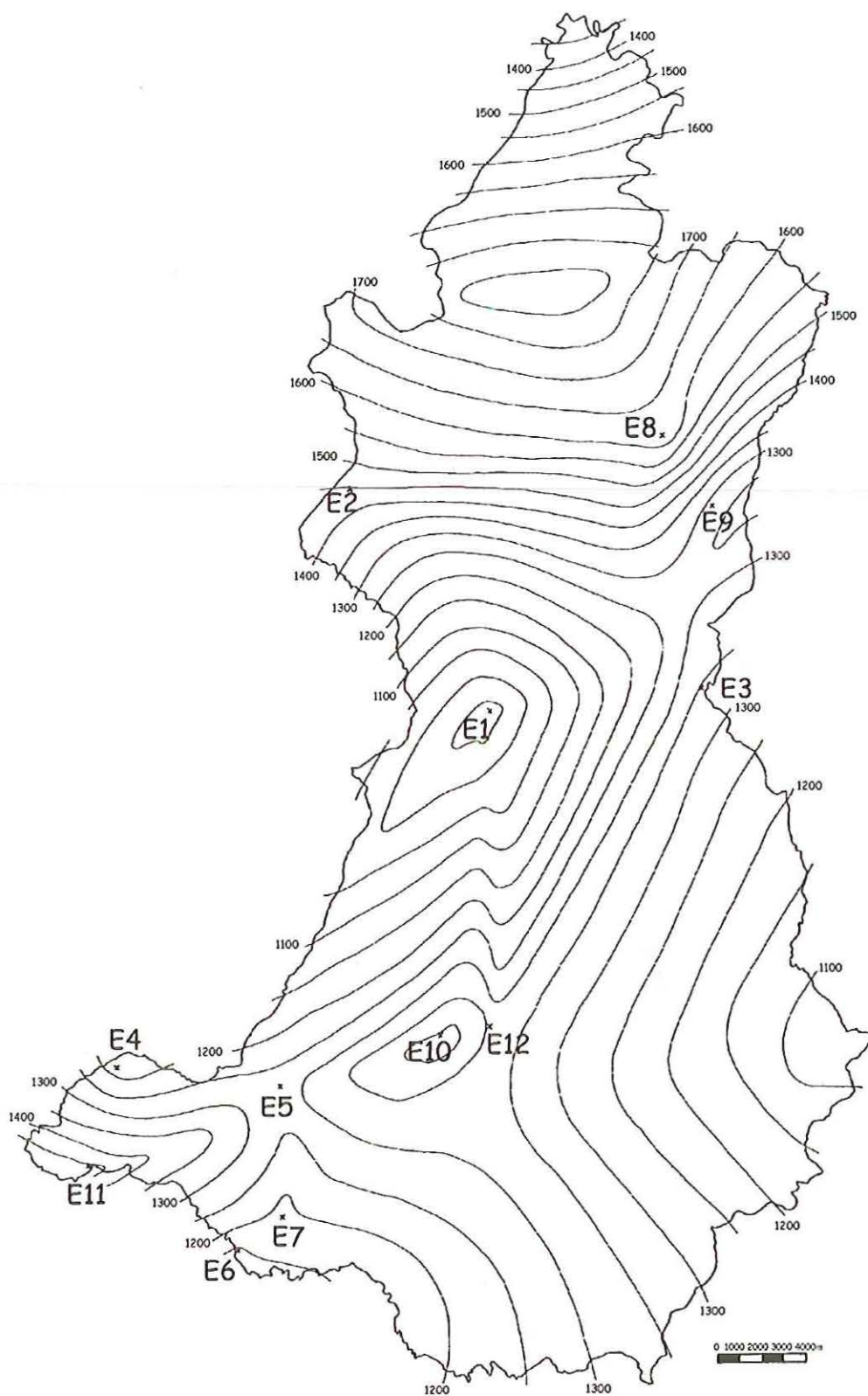


FIGURA 13. Mapa de isolinhas de pluviosidade acumulada (equidistantes 50 mm), de acordo com postos pluviométricos da Tabela 6.

Os dados, fornecidos pelas doze estações pluviométricas do DAEE, contidas na Figura 13, são visualizados nas Tabelas 7 e 8 e nas Figuras 14 e 15. No mapa de isolinhas é fácil observar áreas onde ocorre maior precipitação, como é o caso da área norte, as quais devem se evitadas para qualquer implementação de obras para disposição de resíduos, e áreas aonde a precipitação não chega a 1000 mm/ano, como é o caso da área central e sudeste.

A Tabela 6 apresenta a relação das estações com sua localização geográfica.

TABELA 6. Estações pluviométricas do Município de São Carlos.

Código	Estação	Latitude	Longitude
E1	Água Vermelha	21°53'	47°53'
E2	Cabaceiras	21°46'	47°57'
E3	Capão Preto	21°51'	47°47'
E4	Jacaré_CPEF	22°01'	48°03'
E5	Monjolinho_CPEF	22°01'	47°57'
E6	Faz. Paineiras	22°05'	48°02'
E7	Faz. Santa Bárbara	22°05'	47°59'
E8	Santa Eudóxia	21°46'	47°46'
E9	Santa Eudóxia_CPEF	21°46'	47°47'
E10	Vila Carmen	22°01'	47°53'
E11	Usina Sant'Anna	22°03'	48°03'
E12	São Carlos_INEMET	22°01'	47°53'

Foi elaborado um novo balanço hídrico, do existente para a estação E12, segundo OLIVEIRA & PRADO (1984), para uma mesma temperatura média de 19,5 °C, e mesma evapotranspiração potencial, alterando-se os dados de precipitação no período entre 1936 a 1997, conforme visualizado na Figura 16.

TABELA 7. Dados pluviométricos médios acumulados, no período entre 1936 a 1997.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E1	163.98	136.54	115.20	49.88	35.99	31.60	12.52	18.11	36.13	76.09	116.55	133.39
E2	228.50	196.48	160.62	86.43	62.41	35.79	30.75	24.72	73.31	130.31	161.83	250.98
E3	220.08	178.09	158.94	71.41	55.21	32.95	25.01	25.45	60.14	130.65	154.25	240.50
E4	210.51	192.56	132.20	49.77	43.29	32.18	21.46	17.30	45.00	118.90	133.55	183.96
E5	243.10	195.48	167.01	48.03	42.11	39.77	20.71	20.41	42.10	107.69	138.40	215.18
E6	214.45	169.38	142.49	58.83	42.43	44.19	25.17	25.66	39.85	102.62	111.32	170.09
E7	185.12	146.55	119.39	71.47	68.24	39.41	22.25	25.90	66.31	108.14	114.62	221.61
E8	241.64	212.22	201.44	76.36	53.63	36.33	28.97	30.44	75.67	158.22	213.04	292.26
E9	236.31	208.10	148.41	47.78	42.52	30.51	19.41	16.10	36.15	109.84	148.75	208.83
E10	268.21	214.11	147.38	68.10	63.36	51.09	24.69	35.46	52.33	128.63	133.67	244.06
E11	245.82	207.46	167.54	78.36	60.79	46.28	30.61	28.98	68.24	124.14	171.11	236.52
E12	220.14	186.94	157.32	65.93	60.69	43.87	24.47	26.88	59.38	119.12	147.61	228.67

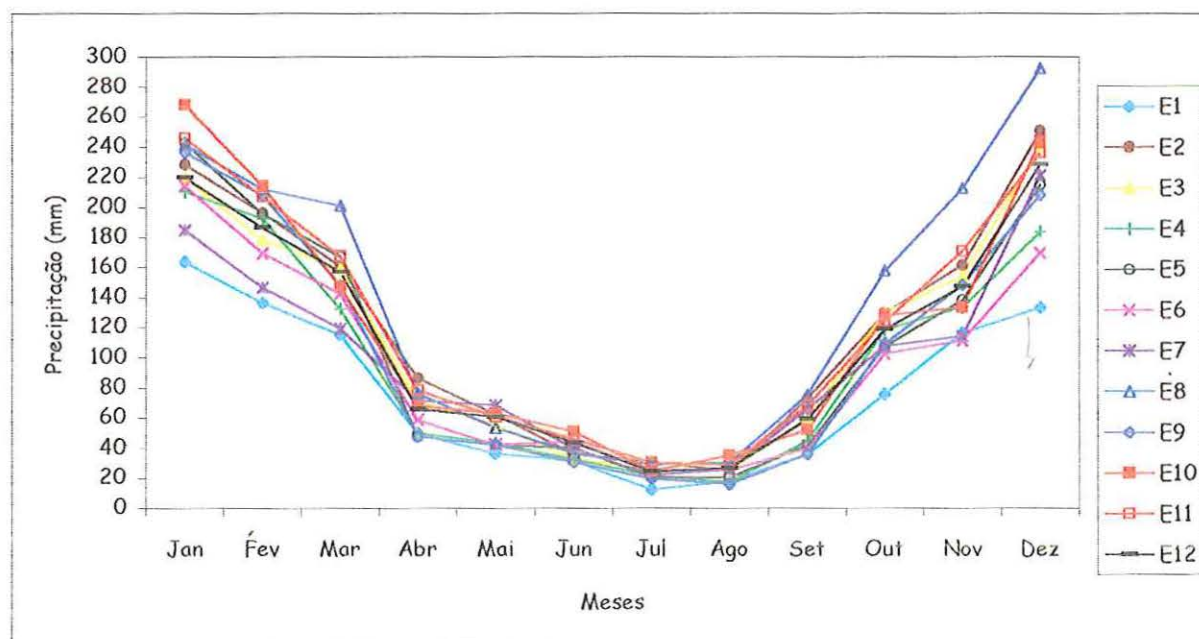


FIGURA 14. Pluviograma Médio Acumulado, correspondente à Tabela 7.

TABELA 8. Dados pluviométricos máximos diários, no período entre 1936 a 1997.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E1	38.84	32.76	31.03	22.16	17.30	15.55	7.31	8.03	15.50	27.11	38.21	31.55
E2	47.69	43.16	40.92	35.70	29.18	19.26	17.14	11.58	26.24	41.95	43.45	52.90
E3	51.27	43.74	40.09	31.96	25.78	16.36	13.52	11.98	21.76	40.47	40.71	59.17
E4	50.45	47.87	38.58	28.84	19.11	20.33	10.36	10.57	19.91	40.44	38.83	52.33
E5	50.45	45.08	41.19	23.52	18.40	21.04	8.76	10.94	17.29	30.45	39.50	46.71
E6	48.14	40.47	35.75	25.03	17.51	24.29	13.17	13.70	17.05	30.69	39.86	41.76
E7	52.52	51.50	40.57	34.08	32.13	18.87	16.97	12.24	29.27	39.84	49.02	62.95
E8	56.45	54.17	55.39	33.90	24.92	18.31	15.88	14.47	32.44	49.65	56.18	70.08
E9	56.41	49.34	39.94	20.71	18.14	15.57	10.07	7.84	14.60	34.90	42.25	51.90
E10	59.22	52.29	39.17	29.90	26.45	28.46	9.79	16.57	23.14	36.34	43.22	52.46
E11	52.63	50.98	39.76	32.02	26.59	21.28	16.03	12.87	27.08	37.55	48.77	48.88
E12	49.12	52.62	40.00	27.68	28.58	22.19	12.91	12.34	25.31	39.90	45.05	46.94

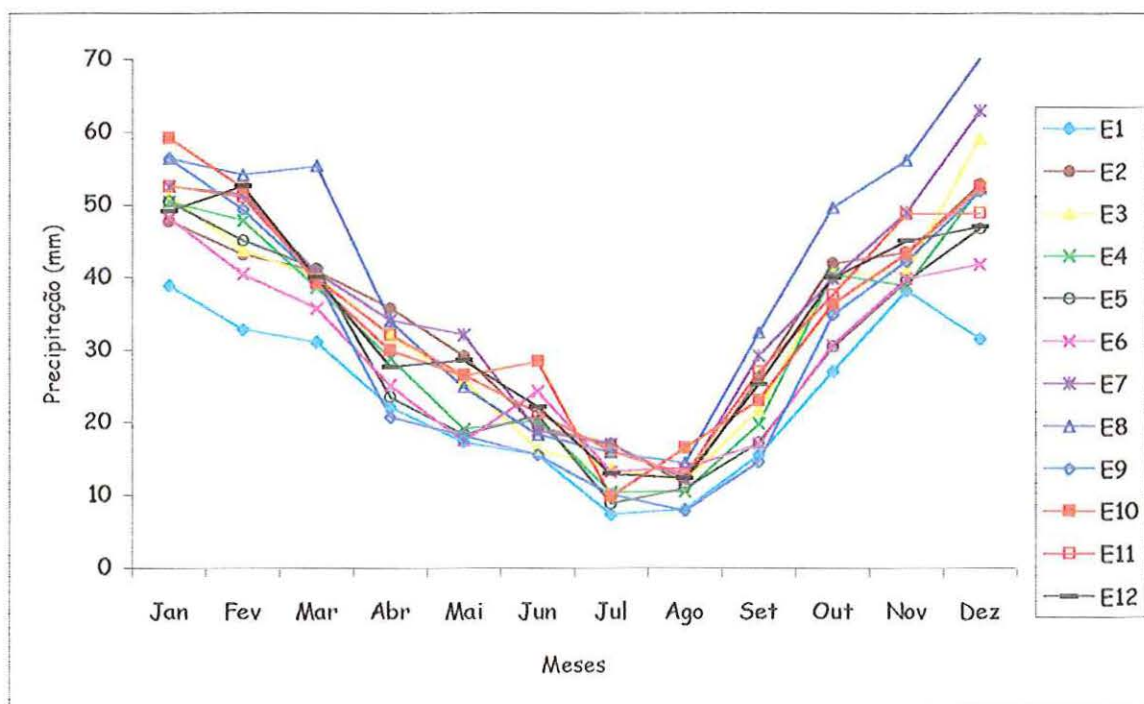


FIGURA 15. Pluviograma Máximo Diário, correspondente à Tabela

8.

Conforme as Figuras 14 e 15, observam-se enormes variações de precipitação nos meses mais chuvosos, enquanto que nos meses mais secos essa variação é muito pequena.

Na Figura 14, os meses de Janeiro e Dezembro apresentam uma variação de aproximadamente 150 mm de chuva em relação às estações E10 e E1, enquanto que no mês de Julho essa variação não ultrapassa os 20 mm. Na Figura 15, a variação diária entre essas estações nos meses de Janeiro e Dezembro é aproximadamente 25 mm, enquanto que no mês de Julho não chega a 2 mm. Isto indica que a estação E1 apresenta melhores condições para implementação daquelas obras que necessitem menores taxas de precipitações anuais, como é o caso de aterros sanitários.

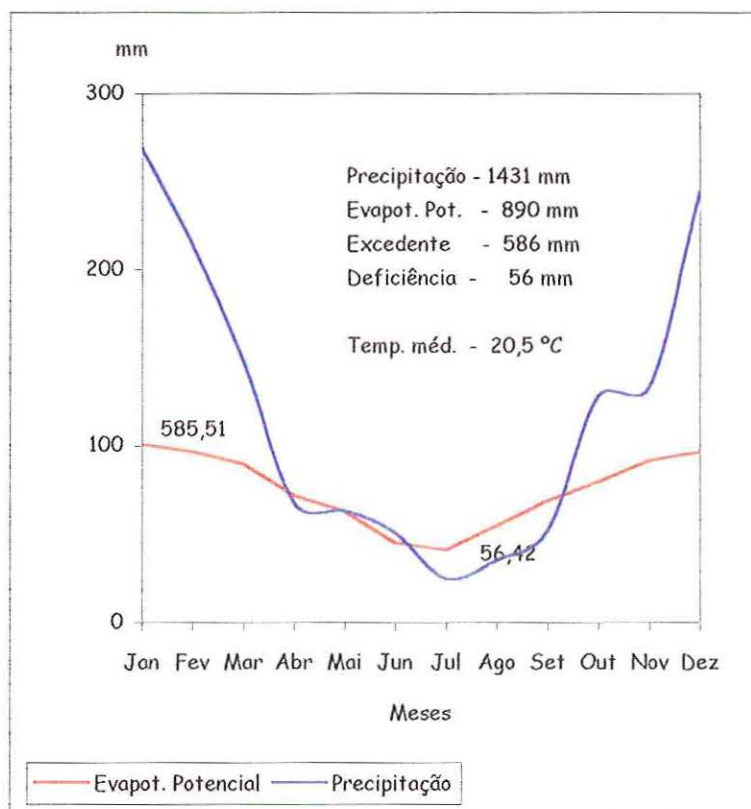


FIGURA 16. Balanço hídrico para a estação E10 (modificado de OLIVEIRA & PRADO 1984).

De acordo com esses dados, o clima da região de estudo, segundo Köppen, corresponde ao Cwa, ou seja, clima temperado, com inverno seco e verão chuvoso, precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

Um fator decorrente em relação às chuvas, são as enchentes que acontecem na região urbana, no período das chuvas que estão entre os meses de novembro a fevereiro, pela ocupação desordenada.

Nos últimos anos houve maior magnitude nas precipitações que, aliada à ausência de obras e a ineficiência dos sistemas de limpeza e manutenção, ocasionaram enchentes, principalmente, nas imediações do centro urbano e na rotatória do shopping center.

Os ventos predominantes sopram dos quadrantes Nordeste e Sudeste para o quadrante Sudoeste e Noroeste, respectivamente. O local apropriado para instalação de indústrias, portanto, é na região a oeste da zona urbana, o que na realidade situa-se na porção a leste e a sul.

### 5.3.2 - Drenagem Superficial

A área possui os seguintes rios: Mogi-Guaçu (o único com grande volume de água), Jacaré-Guaçu, Quilombo, Chibarro; ribeirões: Monjolinho (sub-bacia, manancial da cidade), Gregório, Tijuco Preto (estes tributários do Monjolinho), São José, Pântano, dos Guabirobas, das Cabaceiras, dos Portugueses, das Araras, Água Branca, dos Negros, da Laranja-Azeda, Feijão (outra sub-bacia, manancial da cidade); e córregos: Água Quente, Água Fria, Lobo, Santa Cândida, José Ribeiro, Salvador Martins, Santa Rosa, Olhos-d' água, Aparecida, da Lagoinha, Galdinho,

Jararaca, Engenho Velho, Canchim, Cancã, Botafogo, Cachoeira, Pinhal, São João, e dos Macacos.

Alguns desses rios fazem parte da Bacia Hidrográfica do Jacaré-Guaçu, afluente do Tietê, correndo de sentido E-W, e outros da Bacia do Mogi-Guaçu, à norte da área.

### 5.3.3 - Dinâmica das Águas de Subsuperfície

O Município de São Carlos encontra-se sobre mananciais subsuperficiais rasos e profundos, de grande importância. Três são os aquíferos da região: Botucatu/Pirambóia, Itaqueri e Serra Geral.

O Aquífero Botucatu representa um imenso manancial de água de subsuperfície, pertencente a Bacia Sedimentar do Paraná. Composto pela formação Botucatu, é constituído de arenito, por vezes silicificado e grande parte de sua área está coberta por derrames básicos da Formação Serra Geral, que o torna confinado nessas áreas.

O Aquífero Serra Geral, formado de basaltos e diabásios, e lentes de arenito interderrames, aflora em grande extensão. Apresenta porosidade de fratura e ocasionalmente nas lentes de arenito.

O Aquífero Itaqueri, composto de arenitos e arenitos conglomeráticos, comporta-se como aquífero livre.

Os aquíferos Botucatu, e Itaqueri, por serem mais permeáveis, estão mais susceptíveis à contaminação biológica e química, podendo haver a contaminação do lençol freático.

É exatamente por isso que esses aquíferos merecem certos cuidados, pois algumas indústrias, encontram-se em áreas onde o



Aquífero Botucatu está exposto e que constituem áreas de recarga. Essas indústrias são fontes contaminantes potenciais e seus resíduos devem ser monitorados.

Os dados de poços da região, fornecidos pelo SAAE, encontram-se na Tabela 9.

A partir dos dados de poços, da Tabela 9, que se encontram no Anexo 10, foi possível elaborar perfis hidrogeológicos, que se encontram no Anexo 11.

Com estes perfis obtiveram-se vários resultados importantes, como segue detalhado a seguir (para os dois perfis):

- ✓ Onde o Botucatu aflora, no canto esquerdo e direito, o Nível Dinâmico (N.D.) é controlado pela profundidade do canal mais profundo;
- ✓ Na zona central (área mais elevada), há três possibilidades:
  - Para poços rasos, o N.D. é controlado pelos canais;
  - Em nível profundo, perfurando o basalto, o N.D. baixa rapidamente, atingindo grandes profundidades, na ordem de 100 metros;
  - Penetrando no Botucatu, o N.D. é o próprio contato com o basalto.
- ✓ O N.D. do basalto, no canto direito, é controlado pelo canal mais profundo, na cota altimétrica 720.

Estes perfis são excelentes documentos bases para qualquer perfuração de poço profundo.

TABELA 9. Poços profundos da região estudada.

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aqüífero
		NS	EW									
1	Araguaia S.A.	7565,50	200,85	845	151,40	1979	7,50	837,50	14,00	26,40	0-151,40 - Serra Geral	Serra Geral
2	Im. Santa Marta S.A.	7565,35	199,30	845	150,00	1981	8,00	837	108,60	16,80	0 - 151 - Serra Geral	Serra Geral
3	Im. Santa Marta S.A.	7566,00	198,70	860	172,00	1981	12	848	112,10	13,20	0 - 172 - Serra Geral	Serra Geral
4	Sapé Imóveis Ltda.	7569,30	202,40	840	220,00	1982	100	740	n.c.	nula	1 - 113 - Serra Geral 113 - 220 - Botucatu	Botucatu
5	Ito Agroviscicultura	7565,15	202,25	864	130,00	1969	26	838	60	50	0 - 130 - Serra Geral	Serra Geral
6	Oscar Ferreira	7565,40	205,10	850	50,00	1962	17	833	26,20	3,5	0 - 22 - Itaqueri 22 - 60 - Serra Geral	Serra Geral
7	SAAE	7575,70	200,62	820	68,00	1962	10,76	809,24	22	5	0 - 68 - Serra Geral	Serra Geral
8	Cia Bras. de Tratores	7578,90	200,90	805	170,00	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 92 - Serra Geral 92 - 170 - Bot./Piramb.	Botucatu / Pirambóia
9	Laticínio Caburé	7566,75	197,37	875	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	9	n.c.	Serra Geral
10	Diamantul	7566,40	200,50	864	65,00	1958	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Serra Geral
11	Diamantul	7565,90	200,95	850	95,00	1958	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Serra Geral
12	S. C. Country Club	7564,55	203,45	860	246,00	1969	10	850	100	5	0 - 246 - Serra Geral	Serra Geral
13	Cons. Aliment. Hero	7563,65	202,6	848	221,00	1981	89,9	758,1	123,56	11,3	0 - 23 - Itaqueri 23 - 205 - Serra Geral 205 - 221 - Bot./Piramb.	Botucatu / Pirambóia
14	SICOM	7560,30	202,10	835	150,00	1981	69	766	71	12,47	0 - 150 - Botucatu	Botucatu
15	Eli Azouri	7568,05	206,70	928	183,58	1971	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Itaqueri
16	AABB	7560,00	206,50	930	180,00	1971	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Itaqueri
17	AABB	7559,95	206,45	924	70,00	1971	35,07	888,95	47,42	4	0 - 64 - Itaqueri 64 - 70 - Serra Geral	Itaqueri

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m³/h)	Geologia	Aqüífero
		NS	EW									
18	Liquigás S.A.	7558,95	205,10	832	110,50	1982	35	797	65	10	0 - 110,60 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
19	COBANDES S.A.	7562,50	204,92	916	80,00	1969	23	893	50	3	0 - 60 - Itaqueri 60 - 80 - Serra Geral	Itaqueri / Serra Geral
20	Ind. Pereira Lopes	7561,65	200,10	829	n.c.	1953	14	813	48,31	10	n.c.	Serra Geral
21	Ind. Pereira Lopes	7561,65	199,95	825	140,00	1956	22	803	80	10	0 - 140 - Serra Geral	Serra Geral
22	São Carlos Clube	7568,25	201,30	852	93,00	1969	12	840	70	8	0 - 20 - Itaqueri 20 - 98 - Serra Geral	Serra Geral
23	Cia Paulista de Eletric.	7562,10	200,37	824	40,00	1951	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 40 - Serra Geral	Serra Geral
24	Guerlino Pedrilli	7563,05	201,80	864	103,00	1957	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 103 - Serra Geral	Serra Geral
25	SAAE	7561,05	201,50	820	42,00	n.c.	7,36	812,64	n.c.	5	0 - 42 - Serra Geral	Serra Geral
26	Otto Werner Rosel	7568,55	204,00	870	137,00	1970	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 130 - Serra Geral 130 - 137 - Botucatu	Serra Geral Botucatu
27	Tapetes São Carlos	7563,80	202,02	864	n.c.	1973	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		Serra Geral
28	Tapetes São Carlos	7563,43	202,50	860	200,00	1960	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 150 - Serra Geral 150 - 220 - Botucatu	Botucatu
29	Conservas Alim. Heros	7563,65	202,60	843	370,00	n.c.	73,96	774,04	150	52	0 - 290 - Serra Geral 290 - 300 - Botucatu	Botucatu
30	FEPASA	7560,37	201,80	848	n.c.	1950	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		Botucatu
31	Prominas do Brasil	7559,08	202,30	844	141,00	1984	74	770	86	72	0 - 141 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
32	F.T. Germano Ferr	7551,05	201,30	832	65,00	1950	15	817	54	12	0 - 65 - Serra Geral	Serra Geral
33	Marques e Marques Ltda	7560,15	204,75	870	155,00	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 152 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
34	Malharia Azouri S.A.	7561,60	201,85	827	110,38	1968	13	814	29	36	0 - 103 - Serra Geral 103 - 110,38 - Botucatu	Botucatu
35	Tec. São Carlos S.A.	7561,36	201,70	824	235,00	n.c.	80	744	85	36	0 - 92 - Serra Geral 92 - 235 - Bot./Piramb.	Botucatu
36	Tec. São Carlos S.A.	7561,32	201,75	328	105,00	1965	15,96	812,04	70	8,5	0 - 82 - Serra Geral 82 - 105 - Botucatu	Serra Geral
37	Johann Faber S.A.	7559,70	203,12	870	130,00	1969	81,12	788,88	83,5	10	0 - 130 - Botucatu	Botucatu
38	Peloplas S.A.	7560,40	201,32	825	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.		Botucatu
39	SAAE	7563,30	203,32	823	266,00	1970	28	875	n.c.	35,5	0 - 50 - Itaqueri 50 - 240 - Serra Geral 240 - 266 - Botucatu	Botucatu
40	SAAE	7562,05	201,85	805	130,00	1969	40	765	58	100	0 - 90 - Serra Geral 90 - 130 - Botucatu	Botucatu
41	Toalhas Samir Remalli	7561,85	201,90	830	140,00	1967	18	812	50	16	0 - 45 - Itaqueri 45 - 86 - Serra Geral 86 - 140 - Botucatu	Botucatu
42	Johann Faber S.A.	7559,60	203,30	880	225,00	1992	93,75	786,25	109,23	37,71	0 - 56 - Serra Geral 56 - 225 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
43	SESC	7562,10	200,80	795	165,00	1994	61	734	65	11	0 - 165 - Serra Geral	Serra Geral
44	Johann Faber S.A.	7559,30	201,00	870	225,00	1993	87,8	782,2	96,95	98,4	0 - 55 - Serra Geral 55 - 226 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
45	Isael Santarosa	7595,30	200,70	650	101,00	1992	59,34	590,66	69,5	10	0 - 53 - Botucatu 53 - 101 - Pirambóia	Botucatu/ Piramboia

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
46	Joaquim Nagali	7562,10	205,00	679	132,00	1967	81,59	597,41	84,88	8	0 - 50 - Itaqueri 500 - 105 - Botucatu 105 - 132 - Pirambóia	Botucatu/ Piramboia
47	Keramus Ceramicas	7562,10	205,05	905	169,00	1992	126	779	137,8	12,98	0 - 58 - Itaqueri 58 - 159 - Serra Geral 159 - 169 - Botucatu	Botucatu
48	SAAE	7566,85	200,55	870	235,00	1991	128,5	741,5	154,51	42,3	0 - 40,5 - Itaqueri 40,5 - 145 - Serra Geral 145 - 235 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
49	UFSCAR	7566,10	204,00	845	204,00	1991	90	755	104	20	0 - 35 - Itaqueri 35 - 95 - Serra Geral 95 - 204 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
50	SAAE	7560,25	200,75	855	344,50	1992	103,18	751,82	142,8	240,5	0 - 23,5 - Itaqueri 23,5 - 78 - Serra Geral 78 - 344,5 - Bot./Piramb	Botucatu/ Piramboia
51	SAAE	7564,55	204,95	870	387,00	1986	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 26 - Itaqueri 26 - 262 - Serra Geral 262 - 387 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
52	SAAE	7557,20	200,25	800	392,60	1994	64,82	735,18	115,58	267	0 - 392,6 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
53	SAAE	7564,91	196,40	880	465,00	1992	146,26	733,74	192,54	202,1	0 - 45 - Itaqueri 45 - 276 - Serra Geral 276 - 465 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
54	USP	7563,10	201,00	850	268,39	1993	113,62	736,38	119,81	22,9	0 - 22 - Itaqueri 22 - 166 - Serra Geral 166 - 268,4 - Bot./Piramb	Botucatu/ Piramboia

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
55	SAAE	7561,00	204,00	885	290,00	1987	n.c.	n.c.	88,89	138,81	0 - 52 - Serra Geral 52 - 276 - Bot./Piramb. 276 - 290 - Corumbataí	Botucatu/ Piramboia
56	USP	7563,90	200,60	800	250,00	1977	58	742	90,05	50	0 - 170 - Serra Geral 170 - 250 - Botucatu	Botucatu
57	SAAE	7568,85	201,85	860	167,00	1993	66	814	77,2	79,2	0 - 17 - Itaqueri 17 - 47 - Serra Geral 47 - 167 - Bot./Piramb.	Botucatu
58	Shopping Iguatemi	7562,20	198,95	810	213,00	n.c.	90	720	132	29,33	0 - 185 - Serra geral 185 - 213 - Botucatu	Botucatu
59	SAAE	7562,35	205,75	864	100,00	1991	15,2	868,8	70,1	6,88	0 - 35 - Itaqueri 35 - 83 - Serra Geral 83 - 100 - Aren. Intert.	Itaqueri/ Serra Geral
60	Lojas Bernasconi	7561,75	205,00	910	60,00	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	?	0 - 60 - Itaqueri	Itaqueri
61	Lídio A. Lima	7560,00	207,15	930	64,50	1987	28,65	901,35	60,5	4	0 - 63,5 - Itaqueri 63,5 - 64,5 - Serra Geral	Itaqueri
62	Granja Hildebrand	7559,00	208,50	935	200,00	n.c.	29	906	190	15	0 - 52 - Itaqueri 52 - 91 - Serra Geral 91 - 200 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
63	Nelson David	7560,80	208,50	905	130,00	n.c.	7	898	65	3,6	0 - 45 - Itaqueri 45 - 130 - Serra Geral	Serra Geral
64	Antonio Pittrili	7559,80	207,60	925	72,00	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 72 - Itaqueri 72 - ? - Serra Geral	Itaqueri

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aqüífero
		NS	EW									
65	Motel Dinho's	7556,75	206,45	790	85,00	1980	n.c.	n.c.	n.c.	30	0 - 35 - Botucatu 35 - 85 - Serra Geral	Botucatu
66	Clube dos 30	7556,20	206,80	785	70,00	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 70 - Botucatu 70 - ? - Serra Geral	Botucatu
67	Miguel Abdenur	7554,65	211,30	935	211,00	1991	135	800	171	8,47	0 - 211 - Serra Geral	Serra Geral
68	Motel Maximu's	7553,80	208,00	770	84,00	n.c.	3	767	n.c.	9	0 - 84 - Botucatu	Botucatu
69	Angelo B. Aiolo	7554,10	207,00	770	43,00	1984	Jorra	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 43 - Botucatu	Botucatu
70	Walter Franco	7553,75	208,50	770	66,00	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 66 - Botucatu	Botucatu
71	Posto Rubi	7553,15	208,70	760	110,00	1992	Jorra	n.c.	90	40	0 - 110 - Botucatu	Botucatu
72	Matra Madeiras	7552,30	209,55	760	66,00	1994	2,5	757,5	5	8,3	0 - 66 - Botucatu	Botucatu
73	Carlos R. Marini	7547,00	209,45	745	150,00	1984	Jorra	n.c.	n.c.	30	0 - 16 - Botucatu 16 - 113 - Serra Geral 113 - 150 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Pirambaia
74	Geraldo Manhalem	7550,30	203,20	855	173,00	1987	140	725	156,26	10	0 - 26 - Botucatu 26 - 120 - Serra Geral 120 - 173 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Pirambaia
75	Gipsy Pellegrino	7550,80	205,50	810	200,00	1985	95	715	110	23	0 - 20 - Botucatu 20 - 85 - Serra Geral 85 - 200 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Pirambaia
76	Domingos Innocentini	7552,20	202,80	820	158,00	1991	114	706	116	4	0 - 158 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
77	Ferbal Máq. e Equipam.	7555,60	202,75	845	66,00	1990	38	807	52	5,5	0 - 66 - Botucatu	Botucatu
78	Miguel Abdenur Filho	7559,40	197,65	732	85,00	1989	33	699	67	11,8	0 - 85 - Botucatu 85 - ? - Serra Geral	Botucatu

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
79	Fábio Luftala	7554,80	199,75	845	181,00	1993	128	717	138,5	6	0 - 40 - Botucatu 40 - 118 - Serra Geral 118 - 181 - Botucatu	Botucatu
80	Alimentos Luftala	7555,30	194,00	602	52,00	n.c.	30	572	44	11,3	0 - 52 - Botucatu	Botucatu
81	Imob. Faixa Azul	7558,50	200,16	740	115,00	n.c.	Jorra	n.c.	n.c.	40	0 - 100 - Serra Geral 100 - 115 - Botucatu	Botucatu
82	Sobloco	7551,85	211,90	795	100,00	1983	10	785	42	16,5	0 - 100 - Pirambóia	Piramboia
83	UFSCAR	7565,80	202,40	845	43,00	1983	5,2	819,8	26,95	13	0 - 43 - Serra Geral	Serra Geral
84	Tramer Textil	7560,70	205,10	860	300,00	1995	104,28	755,72	149,9	100	0 - 30 - Itaqueri 30 - 84 - Serra Geral 84 - 300 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
85	Wolkswagen do Brasil	7557,40	203,35	830	187,00	1996	42,12	787,88	61,16	40	0 - 64 - Botucatu 64 - 130 - Serra Geral 130 - 187 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
86	Johann Faber S.A.	7559,60	203,30	870	225,00	1995	?	?	?	?	0 - 45 - Itaqueri 45 - 225 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
87	Malharia Fiandetras	7567,20	196,65	855	257,00	n.c.	?	?	?	?	0 - 34,5 - Itaqueri 34,5 - 119 - Serra Geral 119 - 257 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
88	Concretoeste	7556,90	202,75	830	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Botucatu
89	Creмосen	7555,40	202,95	840	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Botucatu
90	Pedreira Bandeirantes	7557,80	203,00	840	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	Botucatu



TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
91	Refrigeração Paraná	7561,71	200,08	830	130,00	1957	n.c.	n.c.	16	8	0 - 15 - Itaqueri 15 - 118 - Serra Geral 118 - 130 - Botucatu	Serra Geral
92	Refrigeração Paraná	7561,59	199,96	831,20	68,00	1950	20,5	810,7	46	14,2	0 - 15 - Itaqueri 15 - 68 - Serra Geral	Serra Geral
93	Refrigeração Paraná	7561,80	200,00	830	280,00	1996	103,9	726,1	110,11	60	0 - 14 - Itaqueri 14 - 130 - Serra Geral 130 - 280 - Botucatu	Botucatu
94	Ind. Agr. Siltomac	7560,20	207,15	935	242,00	1997	148,1	786,9	157,74	8	0 - 79 - Itaqueri 79 - 170 - Serra Geral 170 - 242 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
95	Shopping Iguatemi	7562,25	198,50	808	245,20	1996	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 159 - Serra Geral 159 - 245,2 - Bot./Piramb	Botucatu/ Piramboia
96	Cardinalli Ltda	7560,35	203,60	880	150,00	1993	90	790	101	5,77	0 - 150 - Serra Geral	Serra Geral
97	SICOM	7566,40	201,35	863	241,90	1987	121	742	127,26	24	0 - 30,2 - Itaqueri 30,2 - 185 - Serra Geral 185 - 241,9 - Bot./Piramb	Botucatu/ Piramboia
98	Tec. São Carlos S.A.	7561,50	201,50	825	223,00	1985	81	744	91	44,47	0 - 84 - Serra Geral 84 - 223 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
99	S. C. Country Club	7564,50	203,30	850	176,00	1983	57	793	144,3	2,8	0 - 46,5 - Itaqueri 46,5 - 174 - Serra Geral 174 - 176 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia

TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
100	Johann Faber S.A.	7559,60	203,05	850	180,00	1979	93	757	101,5	26,5	0 - 47 - Itaqueri 47 - 180 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
101	Colégio Diocesano La Salle	7561,95	200,35	825	173,00	1989	21,5	803,5	103,6	9,5	0 - 33 - Itaqueri 33 - 140 - Serra Geral 140 - 173 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
102	UFSCAR	7566,15	203,00	845	153,00	1988	90,26	754,74	93,8	11,83	0 - 35 - Itaqueri 35 - 95 - Serra Geral 95 - 153 - Botucatu	Botucatu/ Piramboia
103	Rubens Leister	7566,95	196,40	850	52,00	1996	9	841	27	2,8	0 - 40 - Itaqueri 40 - 52 - Serra Geral	Bauru/ Serra Geral
104	José G. P. Vaz			850	49,10	1979	9,5	840,5	32	2,85	0 - 41 - Itaqueri 41 - 49,1 - Serra Geral	Bauru/ Serra Geral
105	Francisco Vasconcellos			n.c.	140,00	1986	38	n.c.	75	3	0 - 60 - Itaqueri 60 - 127 - Serra Geral 127 - 140 - Bot./Piramb.	Bauru/ Serra Geral
106	José E. Marigo			800	102,00	1985	25	775	29	14,4	0 - 102 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
107	Construtora Better			820	102,00	1979	44	776	52	n.c.	0 - 102 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
108	BNDE			n.c.	52,00	1979	28	n.c.	44	n.c.	0 - 47,2 - Itaqueri 47,2 - 52 - Serra Geral	Bauru/ Serra Geral
109	Ind. Com. Walma SA			850	165,00	1980	88,5	761,5	100	13,09	0 - 35 - Itaqueri 35 - 102 - Serra Geral 102 - 165 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia



TABELA 9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW									
110	Marcos Marchesone	7560,00	206,15	915	35,00	1985	18	897	24,8	1,8	0 - 34 - Itaqueri 34 - 35 - Serra Geral	Itaqueri
111	Zuleika Senise			865	120,00	1985	23	842	61,5	7	0 - 120 - Bauru	Itaqueri
112	ENGEMASA			n.c.	77,00	1979	22,5	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
113	Tec. São Carlos S.A.	7561,65	201,70	830	235,00	1995	91,4	738,6	104,95	51,9	0 - 81 - Serra Geral 81 - 235 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
114	Tapetes São Carlos SA	7563,20	203,20	870	305,00	1995	124,7	745,3	129,97	34,85	0 - 170 - Serra Geral 170 - 305 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
115	SAAE	7590,30	211,00	665	208,00	1994	87,48	547,52	100,7	29,5	0 - 208 - Bot./Piramb.	Bot./Piramb.
116	SAAE	7563,25	203,80	910	484,00	1996	144	766	164,79	157,75	0 - 66 - Itaqueri 66 - 252 - Serra Geral 252 - 484 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
117	Renato Basso	7567,00	197,00	865	44,50	1995	12	853	30	4	0 - 41,71 - Itaqueri 41,71 - 44,5 - Serra Geral	Itaqueri
118	Henrique Hildebrand	7559,00	208,30	935	258,00	1997	149,8	785,2	157,6	33	0 - 56 - Itaqueri 56 - 90 - Serra Geral 90 - 258 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
119	SAAE	7559,35	203,80	870	130,00	1960	81,12	788,88	83,5	10	0 - 130 - Botucatu	Botucatu
120	SAAE	7565,50	198,00	878	457,00	1988	145,55	732,45	168,24	164,45	0 - 50 - Itaqueri 50 - 199 - Serra Geral 199 - 457 - Bot./Piramb.	Botucatu/ Piramboia
121	SAAE	7565,20	200,10	820	172,00	1981	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 15 - Itaqueri 15 - 172 - Serra Geral	Serra Geral

TABELA9. Poços profundos da região estudada (continuação).

Nº	Proprietário	Coordenadas		Cota do	Profundidade (m)	Data Constr.	N.E. (m)	Cota (N.E.)	N.D. (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Geologia	Aquífero
		NS	EW	Terreno (m)								
122	SAAE	7565,05	199,80	840	150,00	1981	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0 - 17 - Itaqueri 17 - 150 - Serra Geral	Serra Geral
123	Faz. Hotel São Carlos			n.c.	140,00	1991	36	n.c.	90	2	n.c.	n.c.
124	Nelson David			n.c.	130,00	1991	33	n.c.	102	3,6	n.c.	n.c.
125	Indaiá Hotel			n.c.	60,00	1991	24	n.c.	36	8	n.c.	Serra Geral
126	Adebaldo J de Souza			n.c.	202,00	1997	36	n.c.	140	25	0 - 18 - Botucatu 18 - 197 - Serra Geral 197 - 202 - Botucatu	Botucatu
127	Antonio L. Rizzo			n.c.	30,00	1997	8	n.c.	24	1,2	n.c.	n.c.
128	RASA Agro Indust.	7553,90	192,95	870	144,00	1996	96	684	132	5	0 - 28 - Botucatu 28 - 104 - Serra Geral 104 - 144 - Botucatu	Botucatu
129	Solução Habit. SA	7567,80	205,3	860	74,50	1995	31	859	66	6,6	0 - 72 - Itaqueri 72 - 74,5 - Serra Geral	Itaqueri
130	Solução Habit. SA	7568,35	205,75	860	94,00	1995	11,39	848,61	68	4,5	0 - 40 - Itaqueri 40 - 94 - Serra Geral	Itaqueri/ Serra Geral
131	Delcio L. M. Campos	7559,60	196,15	730	104,00	1995	42	688	n.c.	18	0 - 104 - Botucatu	Botucatu
132	Icoprema Madeiras	7557,45	195,5	765	46,00	1995	15	750	30	3	0 - 46 - Botucatu	Botucatu
133	José J. Saldanha	7558,25	196,9	740	177,00	1996	15	725	160	18	0 - 173 - Botucatu 173 - 177 - Pirambóia	Botucatu / Pirambóia
134	ENGEMASA	7559,96	203,46	n.c.	190,00	1997	120	n.c.	132	11	0 - 190 - Itaqueri/Bot.	Botucatu
135	Textil Cafi Ltda	7559,98	208,71	n.c.	204,08	1992	10	n.c.	130	19	0 - 204,08 - Serra Geral	Serra Geral

### 5.3.4 - Vegetação

A vegetação original, preservada em algumas manchas menores esparsas, na área de estudo, é representada pelos campos cerrados, cerradões e mata tropical subcaducifólia.

Os cerrados caracterizados por plantas de pequeno porte, bastante desuniformes, ocorrendo frequentemente com as gramíneas, estão associados aos solos arenosos.

Por sua vez, os cerradões e as matas tropicais subcaducifólias, compostas de árvores de médio porte e arbustos, estão associadas aos solos argilosos da Formação Serra Geral.

Com o avanço da pecuária e das culturas canavieiras, de *citrus* e reflorestamentos, a vegetação foi bruscamente devastada. Em áreas de terreno acidentado e com dificuldades de ocupação, ou seja, declividades maiores que 20 %, essas matas encontram-se preservadas.

A Figura 17 ilustra a vegetação original, situada em áreas ciliares.

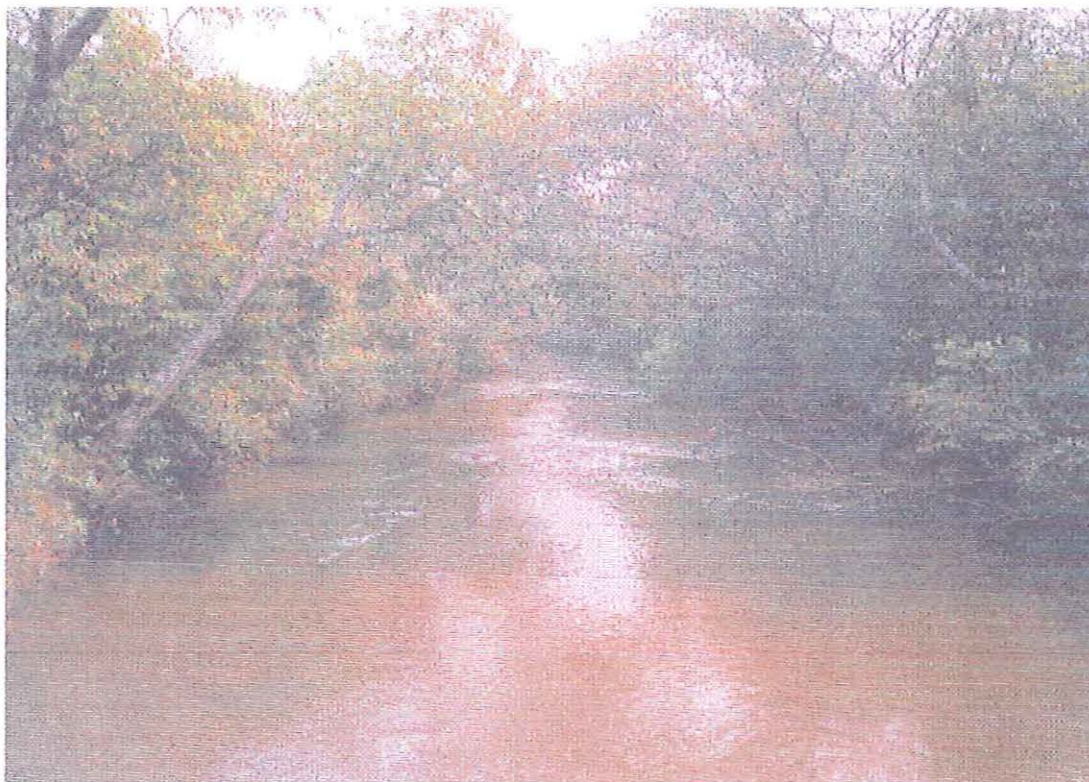


FIGURA 17. Vegetação original presente em áreas esparsas, principalmente como mata ciliares de alguns rios.

### 5.3.5 - Aspectos Geomorfológicos

O Município de São Carlos abrange três unidades morfoesculturais: o Planalto Ocidental Paulista, a Depressão Periférica Paulista e as Planícies Fluviais (ROSS & MOROZ 1997), conforme visualizados na Figura 18.

O Planalto Ocidental Paulista ocupa praticamente 50% da área total do Estado de São Paulo. Seu relevo é levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados. Neste planalto pode-se identificar unidades geomorfológicas distintas, como o Patamar Estrutural de Ribeirão Preto e o Planalto Residual de São Carlos.

O Patamar Estrutural de Ribeirão Preto localiza-se na porção norte da área, seu relevo denudacional, constituído por colinas amplas e baixas com topos tabulares. Apresentam altitudes entre 500 e 700 m e declividades entre 2% e 10%. Esta unidade apresenta fragilidade potencial muito baixa, ou seja, com baixo potencial erosivo, por apresentar formas de relevo pouco dissecado, com vales pouco entalhados, com vertentes de declividades baixas, solos argilosos e baixa densidade de drenagem.

O Planalto Residual de São Carlos localiza-se entre o Patamar Estrutural de Ribeirão Preto e a Depressão Periférica Paulista. Predomina, nessa unidade, o relevo denudacional, constituído por colinas de topos convexos e tabulares. Apresentam altitudes entre 600 a 900 m com declividades entre 2% a 20% na maior parte de área, sendo superiores a 30% nas porções mais dissecadas do relevo. A litologia presente é constituída por depósitos arenosos e argilosos. Esta unidade apresenta formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica em um nível de fragilidade potencial médio a baixo, para os terrenos pouco dissecados, e alto a muito alto para os terrenos muito dissecados.

A Depressão Periférica Paulista é recoberta por densa rede de drenagem, apresentando características de modelado diversos, em função da influência tectônica, variação litológica e dos degraus de atuação nos processos morfodinâmicos dos mais variados ambientes paleoclimáticos.

A Depressão do Médio Tietê, unidade esta da morfoescultura da Depressão Periférica Paulista, localiza-se na parte sul da área. Apresenta relevo denudacional, com colinas de topos amplos tabulares e convexos, e pequenos trechos onde os entalhamentos são mais acentuados. As

altitudes variam de 500 a 650 m, enquanto que as declividades estão entre 5% a 10%. Esta unidade apresenta formas de dissecção média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica em um nível de fragilidade potencial médio a baixo. A área é susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados da parte oeste, onde o substrato rochoso é constituído por arenitos e siltitos.

As Planícies Fluviais contém a unidade Planícies Fluviais Diversas, são terrenos planos, gerados por processos de agradação. Apresentam declividades inferiores a 2%, em diferentes níveis altimétricos. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados. Possuem potencial de fragilidade muito alto por serem áreas sujeitas às inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos à acomodações constantes.

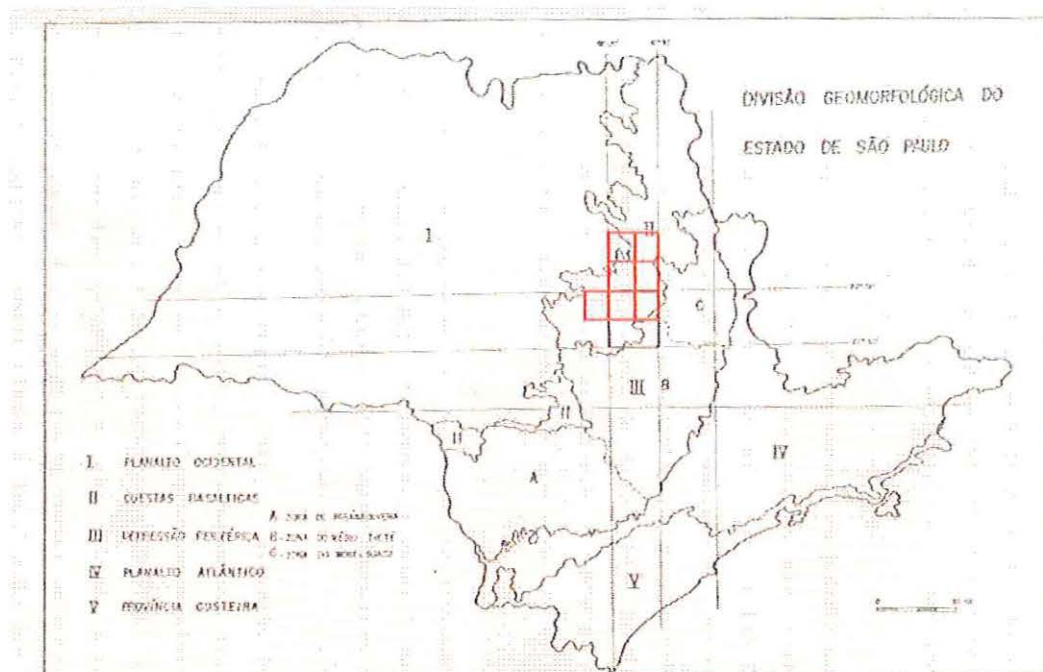


FIGURA 18. Divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, com as folhas topográficas da área em vermelho (IPT 1981 *apud* Nishiyama 1991).



### 5.3.6 - Pedologia

A partir de OLIVEIRA e PRADO (1984), com modificações da nova nomenclatura de solos (EMBRAPA 2000), foram levantadas várias classes de solos na região (Anexo 9).

Os tipos de solos são: LRe (LATOSSOLO Roxo Eutrófico. A moderado. Unidade Ribeirão Preto), LRd-1 (LATOSSOLO Roxo Distrófico. A moderado, textura argilosa, ou muito argilosa. Unidade Barão Geraldo), LRd-2 (LATOSSOLO Roxo Distrófico. A moderado, textura argilosa. Unidade Água Vermelha), LE-1 (LATOSSOLO Vermelho Escuro. Álico, A moderado, textura argilosa. Unidade Limeira), LE-2 (LATOSSOLO Vermelho Escuro. Álico, A moderado, textura média. Unidade Hortolândia), LE-3 (LATOSSOLO Vermelho Escuro. Álico, A moderado, textura argilosa. Unidade Limeira), LV-1 (LATOSSOLO Vermelho Amarelo. Álico, A moderado, textura média. Unidade São Lucas), LV-2 (LATOSSOLO Vermelho Amarelo. Álico, A moderado, Unidade Coqueiro), LV-3 (LATOSSOLO Vermelho Amarelo, Álico, A moderado, textura média. Unidade Laranja Azeda), LV-4 (LATOSSOLO Vermelho Amarelo, Álico, A moderado, textura argilosa ou média. Unidade Três Barras), LV-5 (LATOSSOLO Vermelho Amarelo. Álico, A moderado, textura argilosa ou média. Unidade Chanchim), LV-6 (LATOSSOLO Vermelho Amarelo, Álico, A proeminente, textura muito argilosa ou argilosa. Unidade Itororó), PV-1 (ALISSOLO - Abrúptico, Álico, A moderado, textura média/ argilosa. Unidade Santa Cruz), PV-2 (ALISSOLO - Abrúptico, Álico, A moderado, textura média/ argilosa. Unidade Serrinha), PV-3 (LUVISSOLO - Abrúptico, Eutrófico ou Álico, A

moderado, espesso, textura média/ argilosa. Unidade Monte Cristo), PV-4 (ALISSOLO - Álico, A moderado, textura média/ argilosa. Unidade Canela), PV-5 (ARGISSOLO - Distrófico, A proeminente ou chernozêmico, textura média/ argilosa. Unidade Santa Clara), Li-2 (NEOSSOLOS - Eutróficos e Distróficos, A moderado, textura indiscriminada, substrato arenito Botucatu-Pirambóia), Li-3 (NEOSSOLOS - Eutróficos, A moderado ou chernozêmico, textura argilosa, substrato basalto ou diabásio), Li-4 (NEOSSOLOS - Eutróficos ou Distróficos, A moderado, textura indiscriminada, substrato arenito Bauru), TE-1 (ARGISSOLO - Eutrófica ou Distrófica, A moderado. Unidade Estruturada), TE-2 (ARGISSOLO - Distrófica ou Eutrófica, intermediária para LATOSSOLO Roxo, A moderado. Unidade Itaguaçu), AQ-1 (NEOSSOLOS - Álicos, A moderado, excessivamente drenados), AQ-2 (NEOSSOLOS - Álicos, A moderado, moderadamente drenados), Hi (GLEISSOLOS - Gley pouco húmico e Gley húmico com ou sem solo orgânico), Cb (CAMBISSOLOS, Álico, A moderado ou proeminente, textura indiscriminada, bem a imperfeitamente drenados. Unidade Sete Lagoas), representados no Anexo 9.

Vale a pena salientar que o Mapa Pedológico pode servir de base, caso não haja outro tipo de documento, na avaliação áreas-fonte para material de empréstimo. Sendo assim, os ARGISSOLOS são os mais aconselhados para esse tipo de material.

O Anexo 9 é apenas uma ampliação do mapa original (1:100.000), de OLIVEIRA & PRADO (1984), para a escala 1:50.000, de forma que as unidades ficassem mais visíveis. Nenhuma informação foi adicionada ao mapa original, somente a nomenclatura (EMBRAPA 2000).

### 5.3.7 - Geologia Regional

São Carlos está situada no complexo geológico da Bacia Sedimentar do Paraná, que abrange boa parte do Estado de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Algumas das litologias desta bacia intracratônica encontram-se na área de estudo: Formação Corumbataí, Formação Pirambóia, Botucatu, Serra Geral, Grupo Bauru, e Sedimentos Cenozóicos, como mostrado na Figura 19.

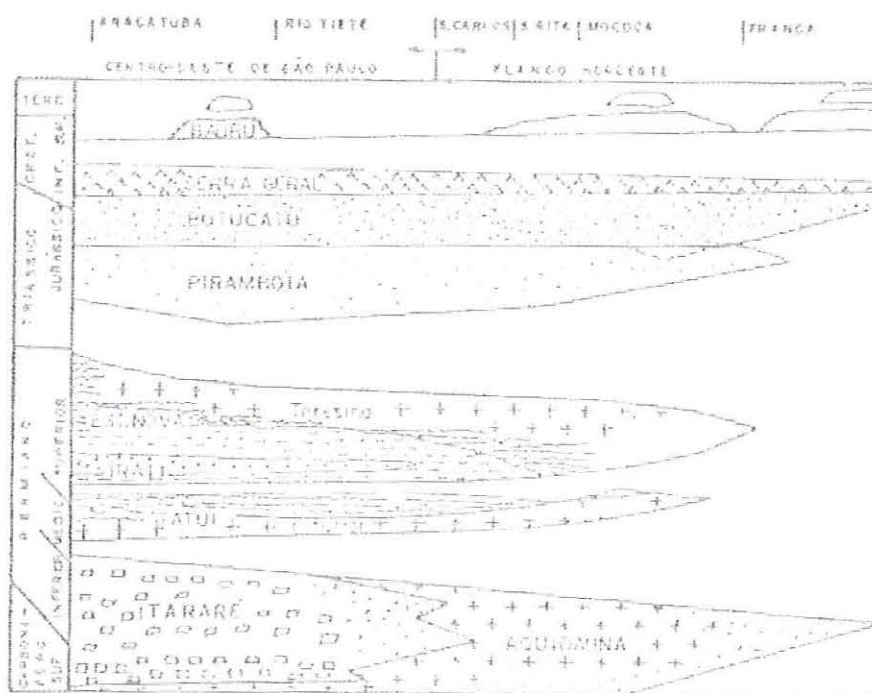


FIGURA 19. Diagrama espaço-tempo para os ciclos sedimentares e erosivos no flanco nordeste (Bacia do Paraná), segundo DAEE (1974).

### 5.3.7.1 - Formação Corumbataí

Definida por PACHECO (1979 *apud* NISHIYAMA 1991), consiste de sedimentos argilosos de coloração arroxeada ou avermelhada com intercalações de lentes de arenito muito fino. O pacote pode ser subdividido em duas seqüências: uma inferior, constituída de siltitos, argilitos e folhelho cinza escuro, exibindo fratura concóide e níveis carbonáticos; a outra superior, constituída de argilitos, siltitos e arenitos finos de coloração arroxeada e avermelhada. As características definem um ambiente deposicional marinho de águas rasas, segundo MUHLMANN et al. (1974 *apud* NISHIYAMA 1991).

### 5.3.7.2 - Formação Pirambóia

A base do Grupo São Bento é representada pela Formação Pirambóia, resultantes da deposição em ambiente fluvial (SOARES 1973), caracterizada por camadas arenosas avermelhadas, amareladas e esbranquiçadas, com intercalação de siltitos, folhelhos e argilitos, de granulação fina a média. Predomina estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte e tangencial na base.

O contato da Formação Pirambóia com a Formação Botucatu é dificilmente visualizado em campo, podendo ocorrer de modo gradual ou mesmo por contato erosivo.

### 5.3.7.3 - Formação Botucatu

Esta formação recobre a Formação Pirambóia, e constitui uma unidade genética de ambiente desértico, constituída de arenitos de granulação fina a média, com grãos bem arredondados, superfície fosca, bem selecionados, e com teor de argila variável (SOARES 1973). Apresentam estratificações cruzadas de médio a grande porte. Esses arenitos podem ser muito friáveis ou silicificados (por processo de precipitação da sílica, segundo PARAGUASSU 1972), tendo corpos conglomeráticos na base; fácies lacustre em sua base também estão presentes.

O contato superior com a Formação Serra Geral faz-se por interdigitação, havendo recobrimento dos arenitos pelos derrames basálticos.

### 5.3.7.4 - Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é constituída de magmatitos básicos, originados ao vulcanismo de fissura, compostos de derrames basálticos toleíticos, intercalados algumas vezes por arenitos eólicos interderrames (*intertrapp*), pertencentes a Formação Botucatu. A esses arenitos associam-se corpos basálticos, formando *sills*, e diques.

Os derrames são formados por rochas afaníticas, de coloração cinza escura. São recobertos em discordância angular erosiva pelo Grupo Bauru, ou por sedimentos Cenozóicos.

### 5.3.7.5 - Grupo Bauru

Originado devido à deposição sedimentar em ambiente provavelmente flúvio-lacustre, o Grupo Bauru é caracterizada por arenitos, de coloração marrom-avermelhada, de granulação média a conglomerática (de origem variada), com grãos angulosos, de matriz variável, por vezes argilosa, seleção pobre, e raramente apresentando estratificação cruzada. A mais representativa é a Formação Itaqueri.

O contato superior é em discordância erosiva pelos sedimentos Cenozóicos, ou aflorante em alguns locais.

### 5.3.7.6 - Sedimentos Cenozóicos

Originados a partir do retrabalhamento dos materiais do Grupo Bauru, e de outras formações, com razoável competência em meio aquoso e pouco transporte, os depósitos Cenozóicos abrangem grande extensão e são divididos, segundo SOARES (1973), em terciários e quaternários.

Os sedimentos terciários, arenosos pouco argilosos e conteúdo fossilífero, ocorrem em áreas com altitudes superiores a 900 metros, sobre os arenitos da Formação Itaqueri. Os sedimentos quaternários, arenosos com cascalhos, encontram-se nas bases de encostas, podendo, também, ocorrer em terraços de rios.

### 5.3.8 - Tectônica

Os magmatitos básicos são os que mais apresentam os efeitos de tectonismo, que mostram eventos estruturais de pequena magnitude, sendo seus lineamentos representados por falhas e fraturas.

Os falhamentos, que mergulham em sua maioria para oeste, são de caráter normal e rejeito pequeno, devido ao ajustamento de blocos provenientes de fragmentação do embasamento. Em áreas dos derrames, os deslocamentos são frutos de falhas e arqueamentos das camadas do tipo flexural, domo ou bacias estruturais (SOARES 1973).

### 5.3.9 - Áreas de Impacto Ambiental

O uso e ocupação do solo de forma incorreta podem provocar danos ao meio físico, e conseqüentemente ao homem. É necessária a preservação das matas ciliares para não ocorrerem desenvolvimento de vossorocas (Figura 20), como também o assoreamento de rios (Figura 21).

Extensas áreas no Município de São Carlos, representadas pelos materiais inconsolidados da Formação Botucatu, são potenciais para a instalação de pedreiras, que lavram essas areias por métodos de desmonte hidráulico. A maioria das pedreiras não toma os cuidados necessários com o meio ambiente, acarretando em uma série de impactos ambientais, como a contaminação do meio físico e assoreamento de córregos (Figura 22).

Os entulhos e materiais de construção, tanto como os resíduos domiciliares, devem ser dispostos em áreas pré-selecionadas. A

disposição em locais impróprios, como mostram as Figuras 23 e 24, pode contaminar o meio físico.

Todas as atividades de mineração, que não preservam as matas e os solos, são áreas de impacto ambiental, alterando o meio físico e seus componentes (Figuras 25 e 26).

Erosões em ravinas provenientes das chuvas alteram os materiais inconsolidados e podem atingir edificações (Figura 27).

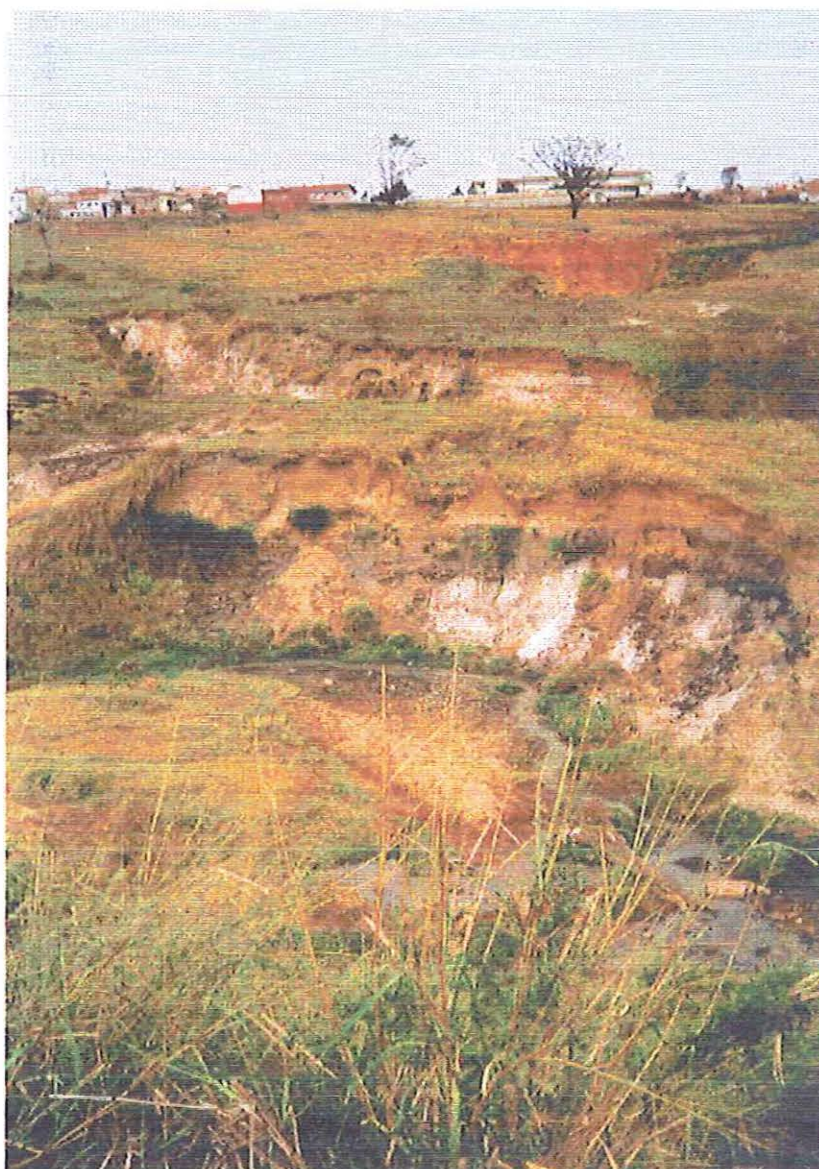


FIGURA 20. Vossoroca do rio Água Quente no bairro Cidade Aracy, ponto LM 38.





FIGURA 21. Assoreamento do rio Água Quente, ponto LM 10.



FIGURA 22. Mineração em ambas as margens do córrego Água Fria, ponto LM37.



FIGURA 23. Entulho na Cidade Aracy, às margens do rio Água Quente, próximo ao ponto LM 38.



FIGURA 24. Entulho no bairro Antenor Garcia, próximo a uma nascente, próximo ao ponto LM 10.



FIGURA 25. Mineração Bandeirantes, de diabásio, ponto LM 26.



FIGURA 26. Mineração Mirim, de areia, às margens do rio Mogi-Guaçú, ponto LM 09.



FIGURA 27. Ravinamento em encosta, em material coluvionar da Formação Serra Geral, ocasionada pelo escoamento superficial das águas de chuva, próximo ao ponto LM 92.

## 6 - FONTE CONTAMINANTE

---

Em primeiro lugar salienta-se que é muito difícil conhecer todas as fontes contaminantes e o produto da contaminação no meio que é lançado, devido ao fato da complexidade e a variedade dos meios envolvidos.

Nascentes, córregos, poços profundos, poços rasos, solos em geral estão sujeitos às fontes geradoras de contaminação ou poluição, que podem ser o esgoto doméstico, o lixo urbano, os resíduos industriais, os fertilizantes e defensivos agrícolas, os dejetos de animais, as águas superficiais, caso estejam poluídas, e outras fontes.

O esgoto doméstico, lançado em córregos sem tratamento prévio, é um agente poluidor, o que acontece no Município de São Carlos, diretamente no córrego do Monjolinho.

Quanto ao lixo urbano, serão abordadas algumas considerações preliminares do atual aterro sanitário, no capítulo seguinte.

Abaixo seguem os tipos de indústrias, potencialmente geradoras, e seus resíduos sólidos perigosos, classificados segundo as normas da ABNT:

◆ Indústria de Minerais não-metálicos:

Classe I:

- ✓ Metais pesados: Cd, Pb, no produto cristal e no produto cimento;
- ✓ No produto vidro pode conter Cd, Pb, Cr e As;

Classe II e III:

- ✓ Pó de cimento, areia;
- ✓ Sucata de ferro;
- ✓ Pedacos de mármore e granito não aproveitáveis;
- ✓ Rejeitos de asfalto e concreto;
- ✓ Cacos de tijolos, vidro ou espelho e cerâmica;
- ✓ Restos de embalagens;
- ✓ Na fabricação de amianto pode conter: Mg, Ca e fibras.

◆ Indústria Metalúrgica:

Classe I:

- ✓ Lama da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) contaminadas com Ni e Cr;
- ✓ Resíduos de decapagem e cromeação;
- ✓ Resíduos de polimento químico, de circuito impresso, pintura;
- ✓ Fusão de metais pesados, Zn, Cu, Pb, Cr, Hg, As, C, N;
- ✓ Resíduos líquidos extremamente ácidos (bateria);
- ✓ Solvente utilizado para desengraxe.

Classe II e III:

- ✓ Sucatas de alumínio, ferro, latão, aço;
- ✓ Areia de fundição;
- ✓ Pedacos de madeira não aproveitáveis;
- ✓ Escória;
- ✓ Refugos de peças;
- ✓ Restos de carvão, coque;
- ✓ Alcatrão rico em compostos orgânicos;
- ✓ Embalagens rejeitadas.

◆ Indústria Mecânica

Classe I:

- ✓ Sucatas metálicas contaminadas com óleo, graxas, lubrificantes;
- ✓ Lamas orgânicas e inorgânicas do processo industrial;
- ✓ Lamas ETAR contaminadas com Hg, Cd, Pb, Cr, C, N (provenientes da galvanoplastia e pintura);
- ✓ Lamas de tanque de armazenamento de matérias-primas e combustíveis;

Classe II e III:

- ✓ Sucatas metálicas de ferro, cobre, aço alumínio, bronze;
- ✓ Aparas de madeira.

◆ Indústria de Material Elétrico e Comunicações

Classe I:

- ✓ Lamas de ETAR contaminadas com Al, Cu, Pb, Cr e Ni;
- ✓ Resíduos líquidos contendo solventes, tintas, vernizes;
- ✓ Borra de zinco, terra de zinco;
- ✓ Limalhas metálicas contaminadas com óleo, graxas, lubrificantes;
- ✓ Resina plástica;
- ✓ Lamas orgânicas e inorgânicas do processo industrial;
- ✓ Produtos químicos (sulfato de cobre, cobre químico);
- ✓ Resíduos de ânodos (Sn-Pb, Cu-P);

Classe II e III:

- ✓ Sucatas metálicas, plásticas;
- ✓ Sucatas de Cu, Ni, Fe, de papel;
- ✓ Cavacos de alumínio e ferro;
- ✓ Caixas de papelão.

◆ Indústria Madeireira

Classe I:

- ✓ Resíduos sólidos contendo tintas, vernizes, colas, resinas e solventes (madeira aglomerada ou prensada);
- ✓ Em tratamento químico anti-séptico pode conter Cr, As;



Classe II e III:

- ✓ Serragens, pedaços de madeira não aproveitáveis;
- ✓ Pó de madeira, sepiho.

◆ Indústria de Produtos Imobiliários

Classe I:

- ✓ Resíduos contaminados com tintas, resinas, colas, vernizes e solventes;

Classe II e III:

- ✓ Sucatas de plásticos, metálicas;
- ✓ Sucatas de Cu, Ni, Fe, sucatas de papel;
- ✓ Cavacos de Al, Fe;
- ✓ Caixas de papelão.

◆ Indústria de Mobiliário

Classe I:

- ✓ Resíduos contaminados com tintas, vernizes, resinas, colas e solventes.

Classe II e III:

- ✓ Serragem, pó, sepiho;
- ✓ Pedaços de madeira não aproveitáveis;
- ✓ Palha, material plástico de enchimento, tecidos, papel;

◆ Indústria de Papel e Papelão

Classe I:

- ✓ Lama de ETAR, podendo eventualmente conter Hg, Pb, Cr;
- ✓ Tintas.

Classe II e III:

- ✓ Aparas de papel;
- ✓ Aparas de plástico;
- ✓ Aparas de madeira;
- ✓ Fibras de celulose.

◆ Indústria de Borracha

Classe I:

- ✓ Resíduos contaminados com resinas e solventes;
- ✓ Resíduos contaminados com chumbo.

Classe II e III:

- ✓ Aparas de borracha;
- ✓ Grânulos de borracha;
- ✓ Aparas de papel;
- ✓ Aparas de plástico;
- ✓ Pedacos de madeira.

◆ Indústria de Artefatos de Couro e Plástico

Classe I:

- ✓ Eventualmente contém metais pesados quando curtido a Cr;
- ✓ Sais inorgânicos
- ✓ Lamas de ETAR
- ✓ Tingimento - resíduos de pigmentos.

Classe II e III:

- ✓ Aparas de couro curtido;
- ✓ Aparas de papel e papelão;
- ✓ Aparas de tecido;
- ✓ Sucatas de alumínio;
- ✓ Serragem.

◆ Indústria de Perfumaria, Sabão, Velas, etc

Classe II e III:

- ✓ Embalagens rejeitadas;
- ✓ Produtos químicos orgânicos e inorgânicos;
- ✓ Lamas de tanque de armazenamento de matérias-primas;
- ✓ Lamas de ETAR;
- ✓ Matéria-prima;
- ✓ Matéria graxa.

◆ Indústria Química

Classe I:

- ✓ Produtos químicos orgânicos e inorgânicos;
- ✓ Lamas ETAR contaminadas com metais pesados (Pb, compostos organofosforados);
- ✓ Resíduos contendo tintas, vernizes, solventes;
- ✓ Resíduos contendo bifenil policlorado;
- ✓ Lodo contendo C, N, Cr, Ni, Zn, Fe;
- ✓ Resíduos viscosos (resina, alcatrão, pixe, hidrocarbonetos pesados e substâncias graxas).

Classe II e III:

- ✓ Sucatas metálicas;
- ✓ Sucatas plásticas;
- ✓ Quartzo, pedra-pome, pó-sabão;
- ✓ Resina;
- ✓ Caixas de papelão;
- ✓ Carvão ativado;
- ✓ Sebo, óleos rejeitados

◆ Indústria Farmacêutica e Veterinária

Classe I:

- ✓ Produtos químicos (drogas e solventes);
- ✓ Resíduos biológicos (massa microbiana);
- ✓ Material filtrante impregnado;

✓ Borras de extração;

✓ Lamas ETAR

Classe II e III:

✓ Embalagem: vidros, latas, plásticos, papel, papelão;

✓ Lixo de departamento de manutenção: estopas, ferro, etc);

✓ Lixo de restaurante

◆ Indústria de Material Plástico

Classe I:

✓ Eventualmente contaminados com solventes e tintas;

✓ Restos de resinas, poliéster com fibra de vidro contaminados com estireno, podendo conter C, N, Cd, e Pb.

✓ Corantes.

Classe II e III:

✓ Plásticos polimerizados;

✓ Tecidos de polipropileno;

✓ Papel, papelão;

✓ Material de carga (negro fumo, caolim);

✓ Sucata de nylon;

✓ Resina polimerizada

◆ Indústria Têxtil

Classe I:

- ✓ Restos de tintas e solventes das unidades de estamperia;

Classe II e III:

- ✓ Restos de tecidos;
- ✓ Papéis.

◆ Indústria de Vestuário e Calçado

Classe II e III:

- ✓ Aparas de couro e borracha;
- ✓ Pedacos de tecidos;
- ✓ Cola;
- ✓ Peças refugadas;
- ✓ Retalhos de papelão.

◆ Indústria Produtos Alimentícios

Classe II e III:

- ✓ Restos de frutas, legumes, verduras, ovos;
- ✓ Substâncias graxas;
- ✓ Embalagens rejeitadas;
- ✓ Lamas ETAR;
- ✓ Matéria orgânica;
- ✓ Resíduo e torta de filtro;

✓ Erva-mate (restos)

◆ Indústria de Bebidas

Classe I:

✓ Lama de ETAR contaminadas com substâncias tóxicas (soda cáustica);

Classe II e III:

✓ Cacos de vidro;

✓ Terra diatomácea;

✓ Sabão;

✓ Papéis;

✓ Plásticos;

✓ Bagaço de malte e lúpulo;

✓ Matéria orgânica.

◆ Indústria de Fumo

Classe II e III:

✓ Papel;

✓ Embalagens

✓ Fumo não aproveitáveis.

♦ Indústria de Editorial e Gráfica

Classe I:

- ✓ Produtos do processo de fotogração (fosfato de amônia, propileno glicol, ferrocianeto de potássio, carbonato sódico, bicarbonato sódico, etc.);
- ✓ Restos de tintas e solventes;
- ✓ Lamas de Cr, Ni, Cu, percloroeto de ferro;
- ✓ Restos de cola.

Classe II e III:

- ✓ Papéis.

Foi realizado um levantamento de todas as indústrias, postos de gasolina, e outras fontes potencialmente poluidoras, no Município de São Carlos. Estes dados foram coletados junto a Prefeitura deste Município. A Tabela 10 visualiza em número essas possíveis fontes poluidoras ou contaminantes e o seu tipo genérico de contaminante. Das 665 fontes, 10,53 % das fontes geram resíduos da classe II e III, enquanto que 89,47 % das fontes apresentam resíduos perigosos (classe I).



TABELA 10. Possíveis fontes geradoras de contaminação no Município de São Carlos e o tipo genérico de contaminação.

Fontes Contaminantes	Quantidade	Tipo de Contaminante
Postos de Gasolina	51	Derivados de Petróleo
Açougue, Peixaria e Aves	161	Biológicos e outros
Agricultura	11	Biológicos e outros
Silvicultura	3	Produtos químicos
Avicultura	6	Biológicos e outros
Pecuária	9	Químicos e outros
Mineral	18	Metais Pesados e outros
Produtos Alimentícios	34	Biológicos, Químicos e outros
Produtos Químicos	12	Químicos e outros
Produtos Farmacêuticos	5	Químicos e Biológicos
Perfumaria, Limpeza, Sabões	6	Químicos e lamas ETAR
Artefatos de Ferro e Metais	61	Metais Pesados, e outros
Indústria Mecânica	62	Químicos, e outros
Galvanoplastia, Cromagem	8	Sucatas, químicos
Indústria Elétrica Eletrônica	25	Químicos, sucatas
Indústria de Plásticos	14	Lamas ETAR, aparas

TABELA 10. Possíveis fontes geradoras de contaminação no Município de São Carlos e o tipo genérico de contaminação (Continuação)

Fontes Contaminantes	Quantidade	Tipo de Contaminante
Minerais Não Metálicos	44	Metais Pesados, poeiras
Metalurgia	24	Metais Pesados, químicos
Têxtil	23	Restos de tecidos e tintas
Madeira e cortiça	13	Químicos e outros
Mobiliário	9	Químicos e outros
Papel e Papelão	3	Lamas ETAR, sucatas
Gráficas e Editoriais	45	Químicos, papéis
Couros, Peles e Similares	19	Biológico, aparas e outros

Nas regiões de grande cultivo de cana-de-açúcar, como a região de estudo, devem ser levados em consideração que as usinas produtoras de álcool e açúcar que são fontes contaminantes potenciais, pois produzem resíduos, como o vinhoto e outros.

Muitas dessas usinas constroem lagoas para a disposição dos mesmos, mas que muitas vezes não são impermeabilizados. Algumas destas lagoas estão situadas sobre solos argilosos, provenientes da alteração da formação Serra Geral, o que ajuda na impermeabilização, como mostrado na Figura 28.



FIGURA 28. Lagoa de disposição do vinhoto, próximo ao rio Monjolino, próximo ao ponto LM15.

## 7 - CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES DO ATUAL ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS

---

Embora hajam estudos e dados referentes à poluição ambiental, ainda é insuficiente a quantidade de informações disponíveis em relação à qualidade da água de sub-superfície e os sistemas sanitários de disposição. Para isso é necessário conhecer essas relações a fim de evitar a contaminação do solo e da água.

A preocupação com a poluição da água de subsuperfície, em áreas de aterros sanitários, se refere aos aquíferos não confinados e em menor grau aos semiconfinados.

Os aquíferos confinados não constituem um problema, desde que os poços de captação sejam construídos de forma a impedir o ingresso de água superficial ou daquela situada em aquífero raso.

A cidade de São Carlos conta com o sistema de "aterro sanitário" desde aproximadamente 1976, sendo que este se localizava no Sítio Madalena.

### 7.1 - Localização e Caracterização

O aterro sanitário atual de São Carlos situa-se na Fazenda Guaporé distante três quilômetros da área urbana (Figura 29). A área pertence à

prefeitura e é alugada para a empresa responsável pela coleta do lixo, VEGA S.A e pode ser visualizada, mais detalhadamente nas Figuras 30, 31, 32 e 33. Em termos de posicionamento de bacia, encontra-se situado na Sub-bacia do Chibarro, que é afluente da Bacia do Jacaré-Guaçu.

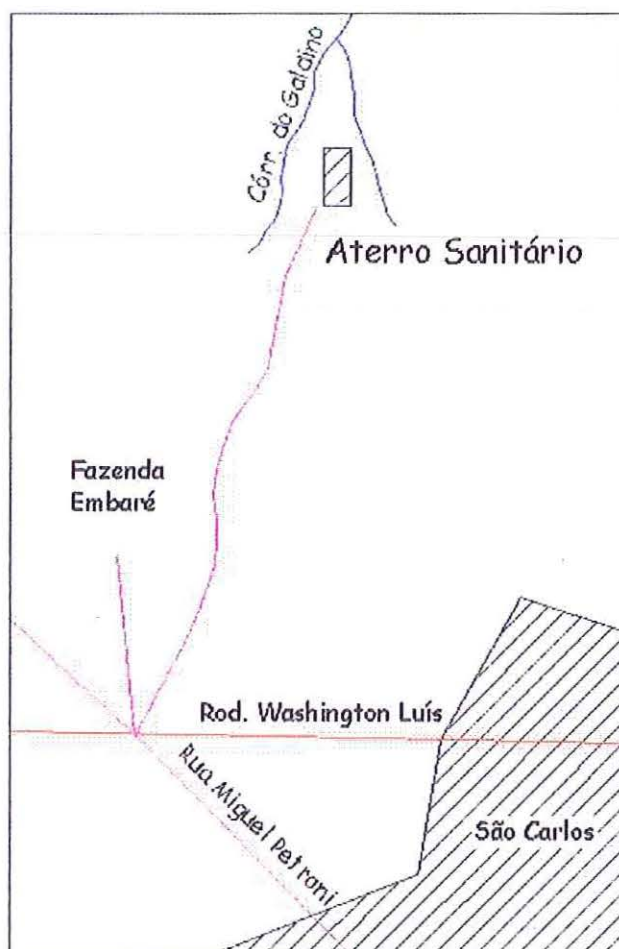


FIGURA 29. Localização do Aterro Sanitário (Sem escala).

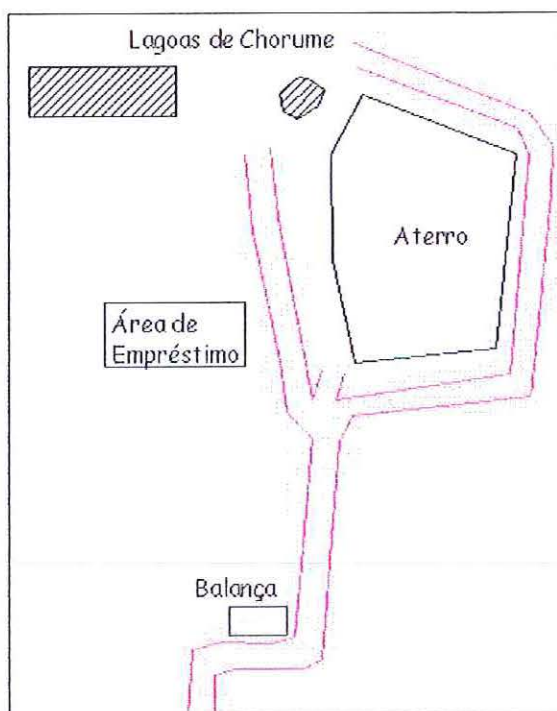


FIGURA 30. Vista em planta do A.S. (Sem escala)

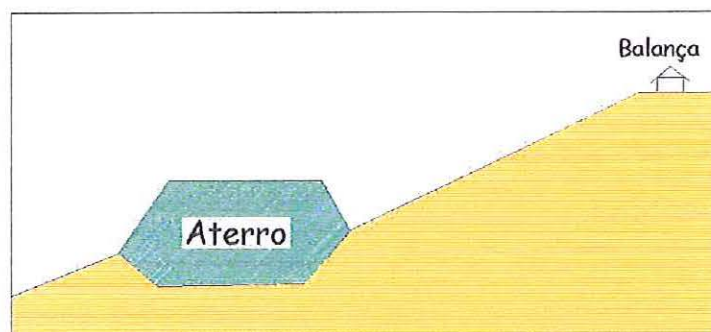


FIGURA 31. Perfil Norte-Sul do A.S. (sem escala).

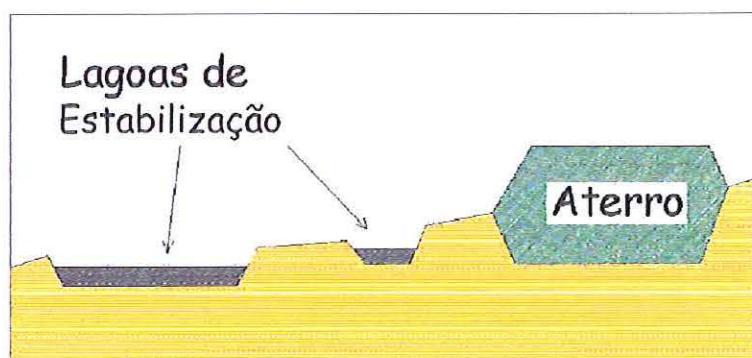


FIGURA 32. Perfil Oeste-Leste do A.S. (sem escala).



FIGURA 33. Visão geral do aterro sanitário.

O aterro funciona desde 1996 e ainda não possui muitos dados em relação a textos publicados. Atualmente recebe cerca de 3700 toneladas de lixo por mês, o que equivale a mais ou menos 1,04 kg/hab/dia de lixo.

Está previsto para mais 7 anos de funcionamento, recebendo principalmente o lixo domiciliar, e outros, com exceção do lixo hospitalar que é incinerado em outra localidade no Município e o lixo proveniente da construção civil, que é disposto inadequadamente em terrenos espalhados principalmente na área sul da área urbana.

O local onde o aterro está instalado é uma área imprópria, pois está assentado em área de recarga do aquífero Botucatu, um dos maiores aquíferos da região sul-sudeste do Brasil. Por esta razão, o aterro sanitário é uma fonte contaminante potencial.

O aterro está assentado em material inconsolidado da Formação Botucatu, na profundidade compreendida entre 5 a 10 metros. Em poucos pontos é possível observar a rocha pouco alterada à sã aflorando.

A Figura 34 visualiza a rocha, que apresenta três níveis: um nível superior de granulação fina, um nível intermediário de granulação mais grossa e um nível silicificado basal.

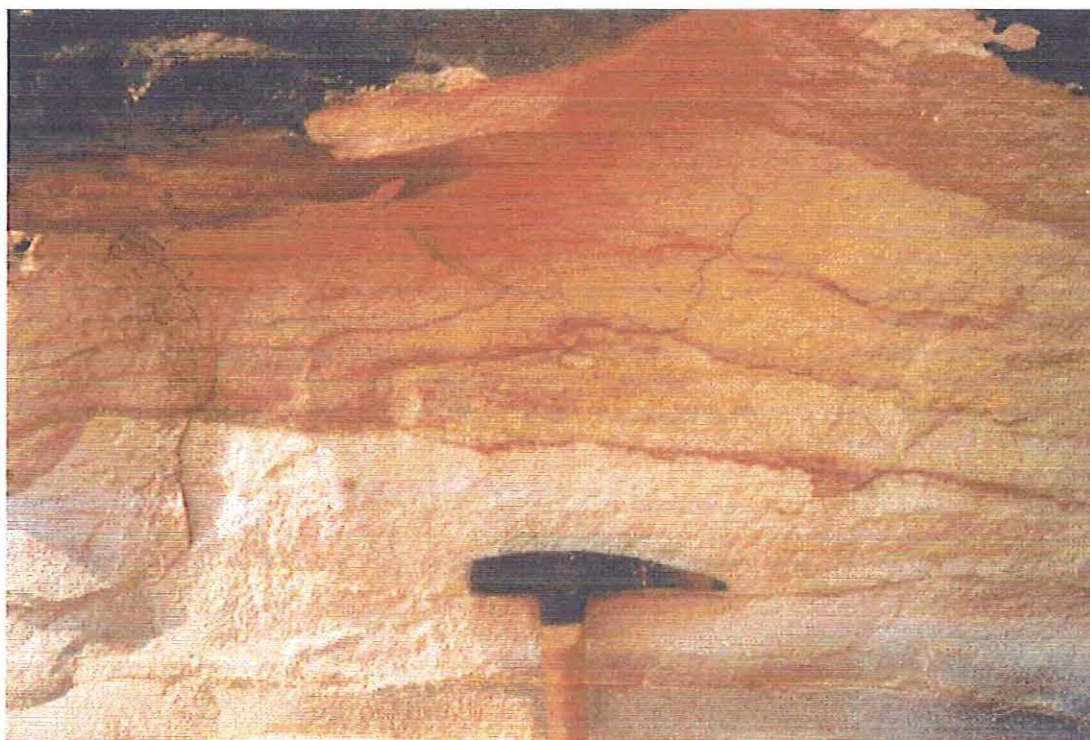


FIGURA 34. Bloco de arenito Botucatu encontrado no aterro.

Indícios de contaminação do solo pelo aterro sanitário pode ser visualizada na Figura 35, onde aparecem árvores de raízes profundas completamente secas, a jusante e, também, a montante do aterro, indicando que o lençol freático nesta região encontra-se debilitado. Já a vegetação superficial ou outras árvores de raízes rasas encontram-se normais, que interagem pouco com as águas de subsuperfície.





FIGURA 35. Vegetação morta, devido a contaminação do AS.

Vale a pena salientar que o terreno ao lado do A.S. pertence a Fábrica de Penas e, conforme comentários locais, os rejeitos líquidos são despejados naquela área.

Atenção deve ser tomada, também, em relação às lagoas de estabilização, pois elas apresentam rachaduras nas suas bordas, o que possibilita uma infiltração maior no solo de contaminantes, visto que não há impermeabilização nesses locais, e, também, que na lagoa a jusante há vazamento de chorume, para o terreno vizinho.

## 7.2 - Ensaio realizados

Alguns ensaios foram obtidos no Laboratório de Hidráulica da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Ensaio realizados nas lagoas de disposição de chorume podem ser visualizados na Tabela 11, segundo dados coletados por PINTO (2000).

TABELA 11. Caracterização dos líquidos percolados. LP1: lagoa ao lado do aterro, LP2: lagoa afastada do aterro.

Parâmetro	LP1	LP2
DQO (mg/l)	7780	5519
DBO (mg/l)	4588	2646
N orgânico (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	460	699
N amoniacal (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	564	1008
Fósforo (mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> /l)	18,9	21,4
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	12046	6314
Ácido acético (mg/l)	181	362
Ácido propiônico (mg/l)	1925	1246
Ácido isobutírico (mg/l)	< 10	300
Ácido butírico (mg/l)	< 10	< 10
Ácido isovalérico (mg/l)	222	88
Ácido valérico (mg/l)	< 10	< 10
Ácido capróico (mg/l)	< 10	< 10
Sólidos Totais (mg/l)	10058	10984
Sólidos Voláteis (mg/l)	5656	4790
Sólidos Suspensos (mg/l)	1305	2030
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	1023	1072
Zn (mg/l)	2,44	2,00
Pb (mg/l)	0,09	0,18
Cd (mg/l)	ND	ND
Ni (mg/l)	0,16	0,34
Fe (mg/l)	64,05	90,00
Mn (mg/l)	5,06	2,52
Cu (mg/l)	0,32	0,14
Cr (mg/l)	0,07	0,12

ND - Não Detectado.

É importante ressaltar que vários elementos químicos, como o sódio, cloreto, magnésio, sulfato, ferro, manganês, fluor, bário, cromo,

etc., podem estar presentes naturalmente nas águas de subsuperfície, pela interação dos ambientes hidrogeológicos.

Outras análises foram realizadas em poços situados no A.S., para verificar as características físico-químicas e bacteriológicas da água.

A Tabela 12 mostra os dados dessas análises, realizadas em 4 amostras, sendo P01, P02, P03 e P04, em 1999.

TABELA 12. Caracterização físico-química e bacteriológica das águas de subsuperfície no aterro sanitário.

Parâmetro	P01	P02	P03	P04
pH	6.0	5.5	6.2	5.4
Condutividade Elétrica ( $\mu$ S/cm)	184.6	13.09	165.6	26.0
Cloretos (mg Cl <sup>-</sup> /l)	55.0	0.2	15.7	1.0
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)	1.0	ND	5.0	ND
Sulfetos (mg S <sup>2-</sup> /l)	3.0	ND	<1.0	ND
N Total (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	4.5	3.7	3.4	1.8
N nitrato (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	1.37	1.08	1.27	0.22
N amoniacal (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	0.96	0.05	1.59	0.15
N nitrito (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	ND	ND	0.02	0.001
Fosfato Total (mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> /l)	2.20	0.36	0.47	0.23
Coliformes Totais / 100 ml	>24192	>24192	86640	1413.6
Coliformes Fecais / 100 ml	10	zero	zero	zero
Carbono Orgânico Total (mg/l)	7.655	1.812	4.835	1.534
DQO (mg/l)	102.0	12.0	25.0	6.0
DBO (mg/l)	23.0	4.0	8.0	1.0
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	3.0	5.7	3.6	4.6
Cd (mg/l)	ND	ND	ND	ND
Fe Total (mg/l)	2.80	2.60	17.0	0.70
Cr Total (mg/l)	0.06	0.12	0.08	0.14

ND - Não Detectado.

Conforme os dados acima, observa-se o teor elevado de ferro e cloreto nos poços analisados, grande variação de DBO e DQO, e níveis bacteriológicos pouco significativos.

## 8 - TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA DE ESTUDO

---

### 8.1 - Mapas Básicos

São mapas que tem o escopo de mostrar informações básicas, descritivas, no que diz respeito à área estudada.

Neles estão contidas as fontes necessárias para serem geradas novas informações, interpretadas a partir das mesmas.

Foram realizados os seguintes mapas e cartas: documentação, substrato rochoso, declividade, modelo digital de terreno, águas superficiais, material inconsolidado e landforms (superfície de terreno).

#### 8.1.1 - Mapa de Documentação

Este mapa contém as informações referentes aos dados coletados e produzidos de campo, e também toda a informação topográfica do terreno, representada pelas curvas de nível em cinza, e em preto, e pelas suas altitudes (Anexo 1). As curvas de nível possuem equidistância de 20 metros.

Também contém dados planoaltimétricos, como estradas principais, secundárias, ferrovias, bem como o limite municipal, principais rios, lagoas e represas.

Foram representados, também, o aterro sanitário desativado bem como o atual (representado por um cesto de lixo).

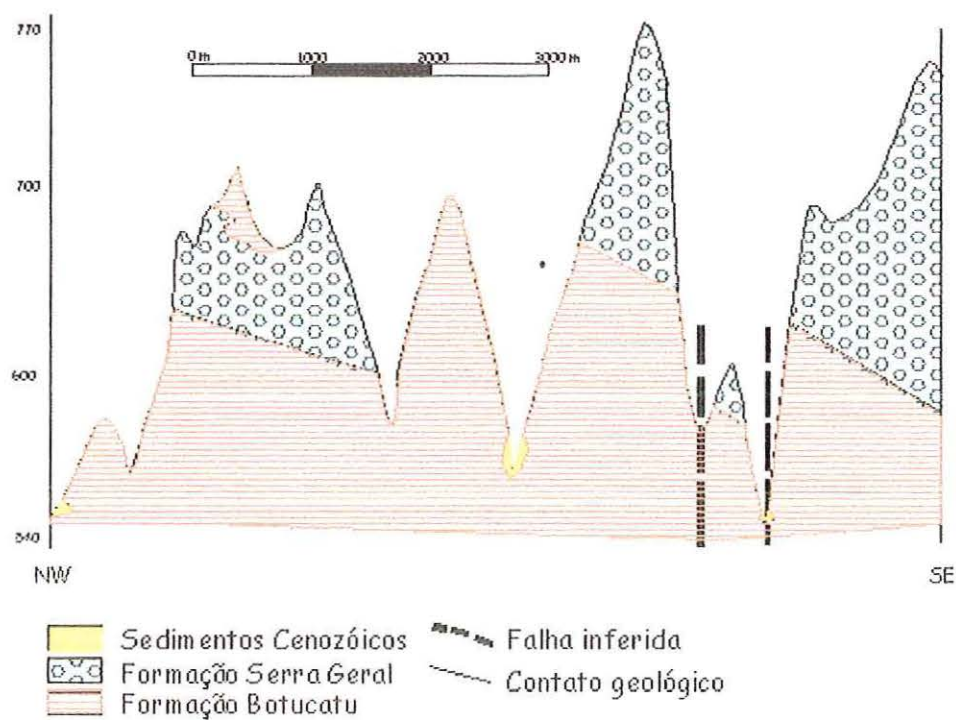
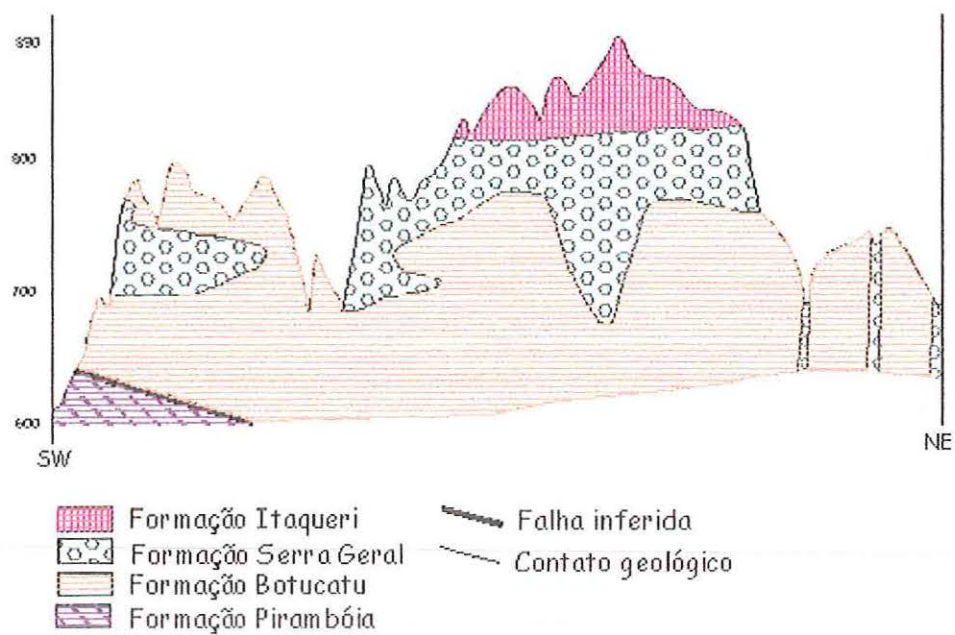
Como a base topográfica data do ano de 1971, optou-se por visualizar o centro urbano desta época, com o tamanho da época atual.

Os dados coletados foram: dados de outros autores (ZUQUETTE 1981 e NISHIYAMA 1989), dados do DAEE (2 postos pluviométricos e 12 pluviométricos), e do SAAE (135 poços profundos). Os dados produzidos foram: amostras descritas, coleta de amostras deformadas e indeformadas. Ao todo, foram descritas 157 amostras.

### 8.1.2 - Mapa de Substrato Rochoso

Representam os materiais rochosos, que estão sob os materiais inconsolidados na região, ou que porventura afloram na superfície. Serão descritas, em detalhe, as litologias encontradas, de acordo com a sua respectiva unidade litoestratigráfica (as últimas representam unidades mais recentes).

De acordo com o Anexo 2, foram realizados dois perfís geológicos simplificados, com exagero de 6,5 vezes, com intuito de melhor visualização dessas unidades, e que são visualizados nas Figuras 36 e 37.



FIGURAS 36 e 37. Perfil do substrato rochoso A-B (superior), e Perfil do substrato rochoso C-D (inferior).

### 8.1.2.1 - Formação Corumbataí

Representa menos de 1 % na área estudada, e aparece somente na parte a sul da área, sob a Formação Pirambóia.

É composta por siltitos de coloração arroxeadada, por vezes lilás. Observou-se uma tênue estratificação plano-paralela. Por não estar muito exposta, dificultou uma descrição mais detalhada desta unidade.

### 8.1.2.2 - Formação Pirambóia

Esta unidade consta de aproximadamente 2 % da área estudada, localizada na parte sul, sobre os sedimentos da Formação Corumbataí, e ao norte da área sob os sedimentos arenosos da Formação Botucatu.

Constituído de arenitos de granulometria fina a média, de coloração amarela a rósea, e algumas vezes com presença de argilitos.

Apresenta-se pouco alterado, sendo que o fraturamento presente facilita o intemperismo, pela percolação de água, como mostrado na Figura 38.

Pelas informações em campo estima-se que a espessura dessa formação seja aproximadamente de 100 metros, mas não há informação de poços para precisar tal informação, o que leva a crer que a profundidade real seja de centenas de metros.

Com relação a importância econômica, o arenito Pirambóia constitui um bom aquífero, e também que a agricultura se desenvolve bem nestes solos.



FIGURA 38. Afloramento do arenito Pirambóia, ponto LM32.

### 8.1.2.3 - Formação Botucatu

Distribui-se na área em aproximadamente 60% da superfície total.

Na sua grande extensão é difícil a visualização da rocha preservada, sendo possível somente em cortes de estradas.



É constituída por arenitos, de origem eólica, de granulometria fina a predominantemente média, de coloração amarelada a cinza clara. Os grãos são arredondados, bem selecionados, podem se encontrar silicificados em algumas porções ou são friáveis.

Esses arenitos apresentam homogeneidade, de textura e mineralogia, por toda a região.

Apresentam estruturas sedimentares bem definidas, como estratificação plano-paralelas e cruzada tangencial na base, de pequeno a médio porte, como mostrado na Figura 39.



FIGURA 39. Estratificação cruzada de pequeno porte, ponto LM 96.

Estes arenitos chegam a profundidades de 150 metros constatados em alguns poços de água profundos.

Quanto a parte econômica, o aquífero desta formação é o maior aquífero da América do Sul, de imensa importância, e de grande

capacidade de armazenamento de água. Antigamente retiravam-se blocos de arenitos silicificados para a construção civil, sendo que hoje essa prática é rara, e os solos dessa formação são mais aproveitados para a construção civil.

#### 8.1.2.4 - Formação Serra Geral

As rochas desta formação abrangem aproximadamente 19% da área estudada, sendo distribuída em dois tipos de estruturas: as rochas fruto de derrames vulcânicos (basaltos) e as rochas do tipo sill e diques (diabásios).

Em geral as rochas apresentam coloração cinza escuras a negras, com granulação diferenciada nos dois tipos: os derrames tem granulação muito fina e textura afanítica, enquanto que os diques e sills tem granulação média e textura equigranular.

Apresentam espessuras na ordem de aproximadamente 200 metros, como determinada em poços de água.

As rochas apresentam muitas juntas, como visualizado na Figura 40, e em alguns pontos isso é aproveitado para servir de material para pavimentação em estradas secundárias, ou mesmo na construção civil. Vale a pena salientar que as fraturas podem apresentar interconexão, e em profundidade, tem potencialidade para aquífero.

Existem algumas pedreiras na região de estudo, onde a rocha é usada para a construção civil, na forma de pedra-brita.

As rochas dessa formação assentam-se discordantemente sobre o arenito Botucatu e é recoberto por discordância erosiva pela Formação Itaqueri.

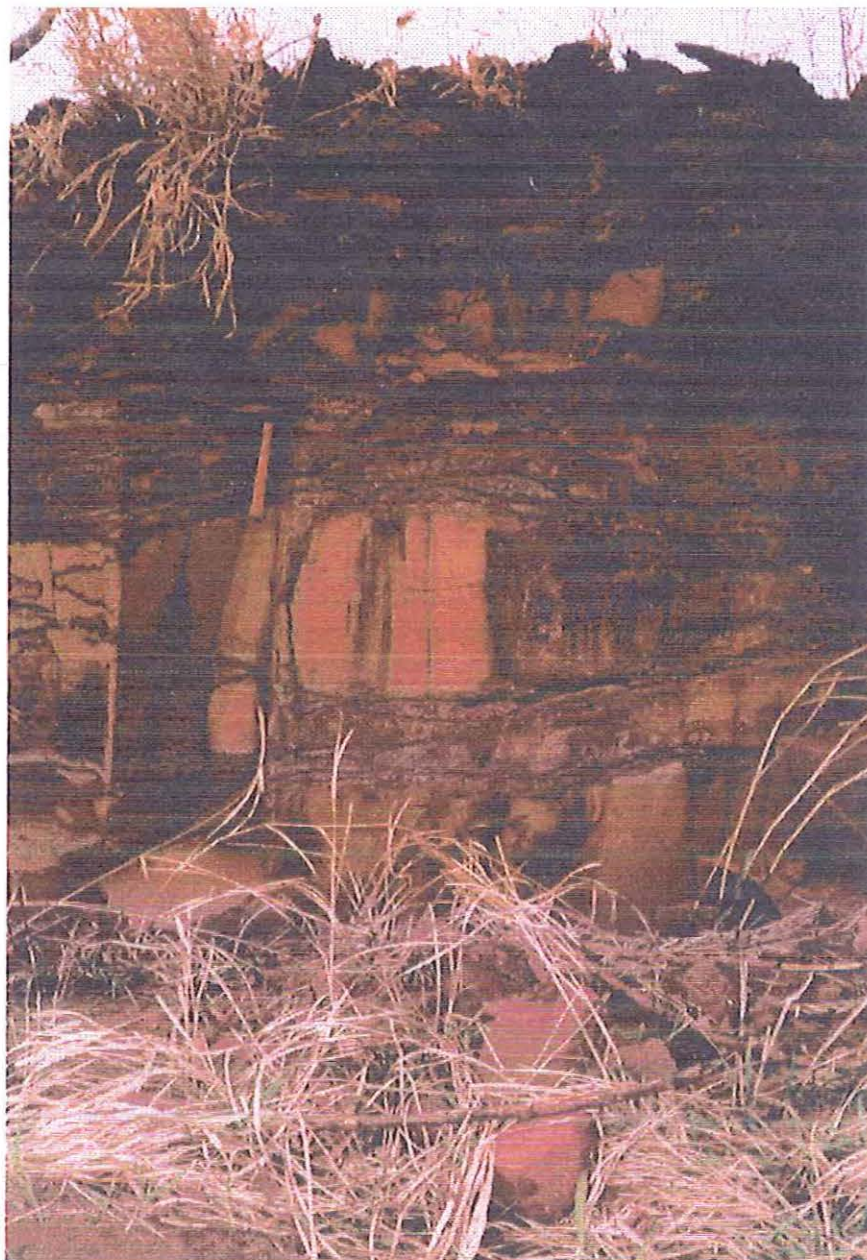


FIGURA 40. Sill de diabásio, próximo ao ponto LM 06.

### 8.1.2.5 - Grupo Bauru

Abrange cerca de 20%, localizado ao centro da área estudada, e é representado pela Formação Itaqueri.

É composto por arenitos, de origem flúvio-lacustres, mal selecionados, não cimentados de granulometria fina, grãos angulosos, com presença de argila, e lentes de conglomerados polimíticos; tem coloração avermelhada a amarelada em alguns pontos. Na Figura 41 visualiza-se uma camada de seixos separando o Bauru de sedimentos transportados.

A profundidade da formação é cerca de 60 metros, conforme estimativa de campo.

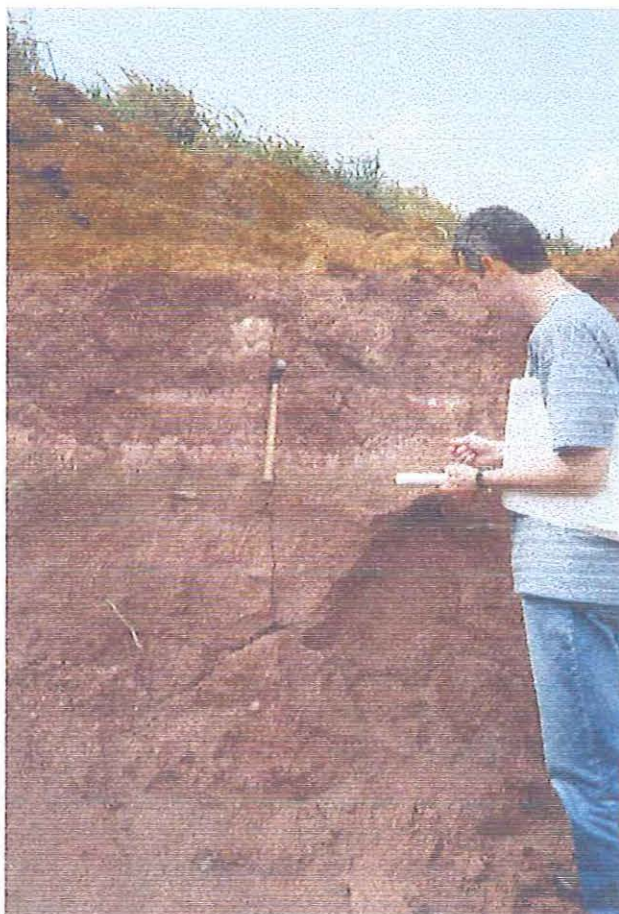


FIGURA 41. Afloramento do Bauru, com linha de seixos, ponto LM

### 8.1.2.6 - Sedimentos Cenozóicos

Ocorrem mais expressivamente a norte da área com 4 % do total.

São compostos de areias, e argilas de coloração amarelada, encontrados em depósitos aluvionares.

Apresenta recurso econômico como matéria-prima para a construção civil, gerando grande quantidade de areia, principalmente nas proximidades dos meandros do rio Mogi-Guaçú, onde se concentram as mineradoras.

### 8.1.2.7 - Aspectos da Tectônica Local

Na região em estudo, verificou-se que a tectônica atuante é simples, sendo mais bem preservados em rochas da Formação Serra Geral. Os lineamentos observados constituem na maioria das vezes fraturas, e também algumas falhas.

As falhas foram definidas principalmente por foto-interpretação, já que no campo foi difícil a sua visualização. Também foram recuperadas as falhas de dados anteriormente descritos. Estas falhas são de caráter normal, com pouco rejeito.

Observou-se três famílias de fraturas: uma com direção noroeste, subvertical, ou com mergulho tanto para sudoeste como para nordeste; outra menos frequente com direção nordeste e mergulho tanto para noroeste como para sudeste; e uma terceira mais incipiente com direção noroeste e mergulho sub-horizontal.

Na Figura 42 é possível visualizar a direção das fraturas na área, em rocha basáltica.

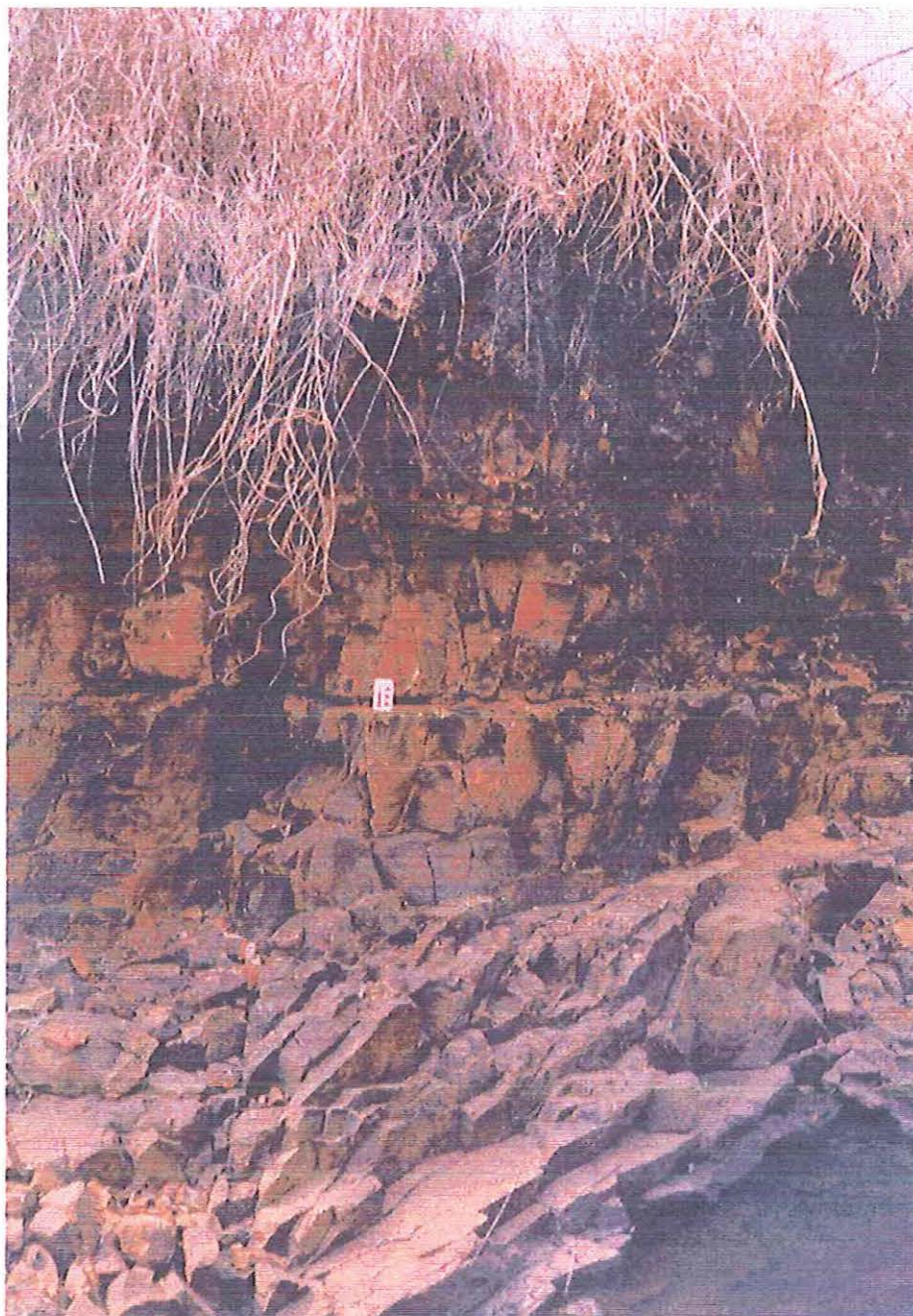


FIGURA 42. Fraturamento em diabásio, mostrando três famílias de fraturas; ponto LM 16.

Também na Figura 43 é possível visualizar o fraturamento em arenito Botucatu, de pequena persistência.



FIGURA 43. Fraturamento em arenito Botucatu, estratificado, de pequena persistência, ponto LM 33.

Fraturamento, neste tipo de rocha, é pouco visualizado em campo, ficando mais evidenciado em rochas competentes, como o basalto e o diabásio.

### 8.1.3 - Carta de Declividade

Para a elaboração deste tipo de documento utilizou-se o mapa topográfico, cujas curvas de nível tem espaçamento de 20 metros, com suas coordenadas  $x$ ,  $y$ , e  $z$ , digitalizadas no *software Autocad 14* e exportada como *autocad 12*, na extensão DXF.

A partir disso, utilizou-se um programa para converter a extensão DXF em DAT, para ser aberta no *software Surfer*. Com isso, foi gerado

um arquivo com extensão GRD, que posteriormente foi exportado para o software Idrisi, obtendo um arquivo imagem.

Este arquivo foi convertido para *raster*, para posteriormente ser analisado a sua superfície, gerando um mapa de declividade. Este mapa de declividade foi produzido em graus que foi corrigido para porcentagem, posteriormente foi reclassificado, para as classes definidas abaixo.

As classes de declividades foram estabelecidas, separando-se em: <2%, 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20% e >20% (Anexo 3), mas para a carta de disposição somente vão ser consideradas três classes: <2%, 2 a 20% e >20%, para melhor visualização.

#### 8.1.4 - Carta de Modelo Digital de Terreno

Esta carta foi elaborada com o intuito de facilitar a visualização da superfície do terreno, mostrando os baixos e os altos topográficos, permitindo demonstrar, também, a águas superficiais.

A partir do mapa topográfico, descrito igualmente no item anterior, a partir do arquivo com extensão GRD criou-se um mapa de contornos, uma superfície bidimensional, onde foi selecionado um sombreamento adequado para a visualização do mesmo (Anexo 7).

Estabeleceu-se o posicionamento da luz num ângulo horizontal e vertical de 60° ambos.

O procedimento foi o mesmo para se criar um modelo tridimensional para a região estudada, mas como existem várias curvas de nível, a visualização não se tornou tão boa quanto o mapa, sendo este visualizado na legenda do Anexo 7.



Este tipo de visualização serve para trabalho mais específico, enfocando uma pequena área do mapa.

### 8.1.5 - Mapa de Águas Superficiais

As duas bacias de primeira ordem, segundo a classificação de STRAHLER (1964), no Município de São Carlos, são: a Bacia do Mogi-Guaçú, localizada a norte, e a Bacia do Jacaré-Guaçú, a sul (Anexo 4).

Essas bacias foram divididas em segunda ordem, onde as sub-bacias do Monjolinho e Laranja-Azeda, pertencentes ao Jacaré-Guaçu apresentam grande semelhança entre si. Já, as sub-bacias do Quilombo e Araras, pertencentes ao Mogi-Guaçú não apresentam semelhança.

Também são apresentadas as áreas de recarga do aquífero Botucatu., que ocupam grande parte do município.

### 8.1.6 - Mapa de Materiais Inconsolidados

As unidades que compõem o mapa de materiais inconsolidados foram definidas com uso de diversas informações: mapa pedológico pré-existente, análise de campo e laboratório, assim como dados anteriores.

Salientam-se os problemas dos solos colapsíveis, que representam grandes instabilidades para todas as obras.

As áreas foram caracterizadas de acordo com os agentes modificadores do meio, atuantes em cada região. Foram possíveis separar os materiais resultantes da decomposição das rochas que sofreram algum tipo de transporte ou mobilização (materiais retrabalhados), daqueles que

não sofreram nenhum transporte ou retrabalhamento após a decomposição da rocha de origem (materiais residuais).

Os materiais inconsolidados, visualizados no Anexo 6, são descritos nos sub-capítulos a seguir.

### 8.1.6.1 - Materiais Residuais

#### 8.1.6.1.1 - Residual do Bauru

Apresenta-se nos denominados Planalto de São Carlos, na sua grande maioria, e na Serra do Cuscuzeiro.

As espessuras variam de um a dois metros, com posicionamento em torno de 800 metros.

A granulometria é composta de areia fina a média à argila arenosa, apresentando coloração avermelhada, com presença de pedregulho em algumas porções.

Os pedregulhos são polimíticos, e apresentam dimensões centimétricas.

Dados geotécnicos dessa unidade mostram que a areia fina é o principal constituinte (em torno de 60%), seguido da areia média (de 2 a 20 %), silte (de 5 a 28%), e argila (10 a 63,5%).

Apresenta massa específica dos sólidos entre 2,57 a 2,80 g/cm<sup>3</sup>, índice de vazios entre 0,62 a 2,44 g/cm<sup>3</sup>, e massa específica seca entre 0,74 a 1,72 g/cm<sup>3</sup>. Nas amostras coletadas constatou-se que os limites de consistência são não plásticos, mas, conforme dados de outros autores, obteve-se até 17% de plasticidade.

A massa específica seca máxima está entre 1,31 a 1,99 g/cm<sup>3</sup>, enquanto que a umidade ótima entre 8,70 a 25,8%, conforme BORTOLUCCI (1983, *apud* NISHIYAMA 1991) e ZUQUETTE (1981, *apud* NISHIYAMA 1991). O coeficiente de permeabilidade varia desde 10<sup>-5</sup> a 10<sup>-2</sup> cm/s e em geral esse material apresenta um comportamento não expansivo.

#### 8.1.6.1.2 - Residual do Serra Geral

Os solos residuais dessa formação são mais visualizados em taludes, onde se notou que nesses lugares o perfil de alteração estava mais completo (Figura 44).

Em geral, apresentam pouca profundidade de material inconsolidado, quando muito fraturado, mas isso também varia de acordo com a estrutura e textura da rocha original.

Apresentam textura predominantemente argilosa, e em menor parte aparece a areia fina. Em perfis pouco profundos, onde é possível observar uma estrutura incipiente, a presença de silte torna-se relevante (Figura 45).

Nesses casos apresentam areia fina entre 10 a 35%, silte entre 20 a 45%, e argila entre 25 a 60%. A coloração predominante é avermelhada a marrom, apresentando 20% de índice de plasticidade, e 56% de limite de liquidez. A massa específica dos sólidos está entre 2,72 a 2,92 g/cm<sup>3</sup>, e índice de vazios entre 0,80 a 1,59.

Conforme NISHIYAMA (1989), a massa específica seca vai de 1,49 g/cm<sup>3</sup> a 1,65 g/cm<sup>3</sup>, e umidade ótima encontrada variou de 23,4 a 31,6%.

O coeficiente de permeabilidade gira em torno de  $10^{-6}$  a  $10^{-3}$ , diminuindo com a profundidade no perfil.

Dados analisados a partir de OLIVEIRA e PRADO (1984), da CTC entre 7,6 a 17,6 meq/100 g de argila, e da composição mineralógica permite salientar que esses solos não apresentam problemas com expansibilidade.

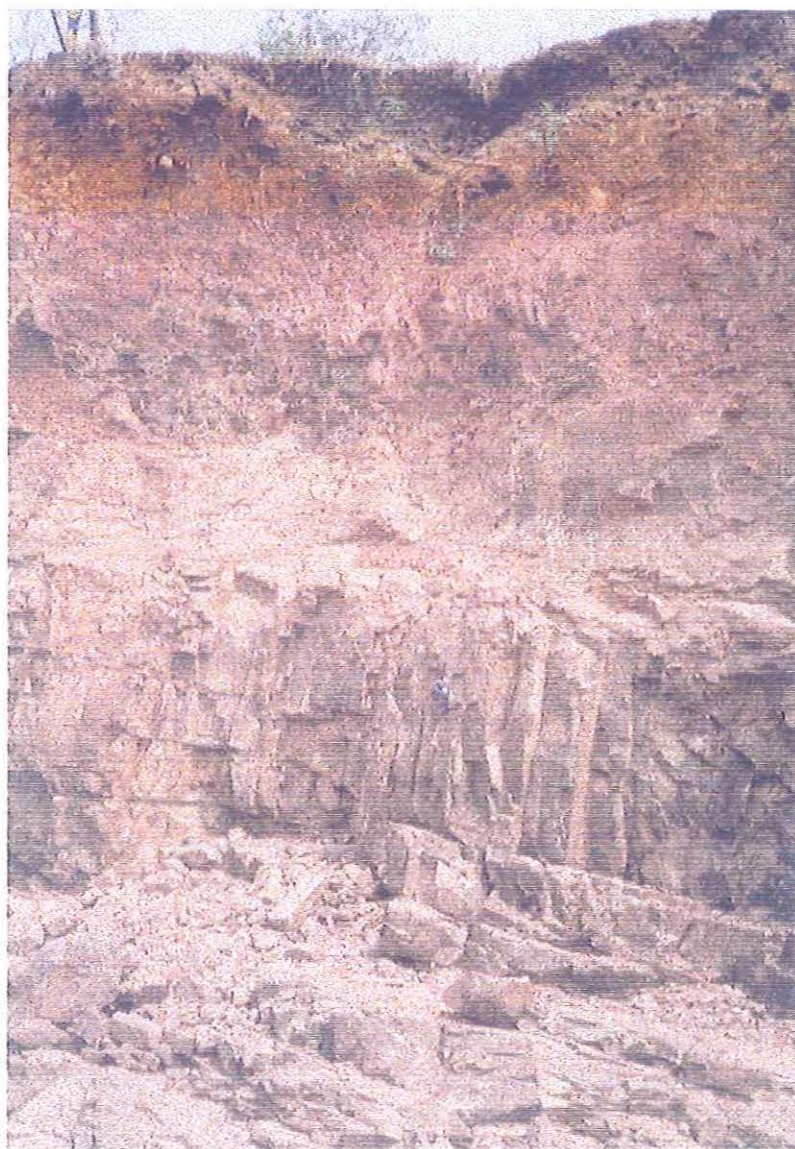


FIGURA 44. Perfil de alteração de magmatitos basálticos, ponto LM16.



FIGURA 45. Solo residual de magmatitos basálticos, pouco profundo, ponto LM 26.

Em se tratando de solos argilosos deve-se levar em consideração dois pontos importantes: a velocidade superficial da água e o coeficiente de permeabilidade.

Em períodos de estiagem esses solos tornam-se, a maior parte do tempo, seco e quebradiço, formando gretas de contração (Figura 46). Estas gretas constituem pontos de infiltração para o lençol freático.



FIGURA 46. Gretas de contração em solos argilosos.

#### 8.1.6.1.3 - Residual do Botucatu

Essa unidade apresenta pouca profundidade de material residual, mais visualizada nas proximidades de afloramentos de rochas. Sua espessura não ultrapassa dois metros (Figura 47).

As areias médias constituem de 70 a 80% da granulometria, areia fina entre 2 a 20%, e argila até 10%, de coloração amarelada.

A massa específica dos sólidos encontrada está entre 2,61 a 2,64  $\text{g}/\text{cm}^3$ , massa específica seca de 1,48 a 1,74  $\text{g}/\text{cm}^3$ , e índice de vazios de 0,51 a 0,74.

Conforme NISHIYAMA (1989), os valores de massa específica seca máxima foram de 1,83 a 1,98  $\text{g}/\text{cm}^3$ , e umidade ótima 8,5 a 11,5%. O coeficiente de permeabilidade variou de  $10^{-3}$  a  $10^{-2}$   $\text{cm}/\text{s}$ .

A CTC dessa unidade encontra-se entre 162 a 298 cmlc/kg de argila, conforme OLIVEIRA e PRADO (1984). Mineralogicamente o quartzo é o principal constituinte (90%), sendo a fração argila representada pela caulinita.

O processo erosivo resultante nesse tipo de solo deve-se ao fato de que nestas regiões o material residual é muito friável, portanto, sem cimentação.



FIGURA 47. Residual do arenito Botucatu, com estruturas preservadas, ponto LM 21.

#### 8.1.6.1.4 - Residual do Pirambóia

Ocorrem em pequena expressão na área, na parte sudoeste da área. Diferencia-se da unidade anterior por conter maior quantidade de finos e sua heterogeneidade ao longo do perfil.

Apresenta pequena espessura, em torno de um metro, e coloração acinzentada a amarelada. A areia predominante é fina (60 a 80%), com areia média (5 a 18%), e argila podendo chegar a 25% (Figura 48).

A massa específica dos sólidos varia de 2,61 a 2,62 g/cm<sup>3</sup>, massa específica seca entre 1,47 a 1,63 g/cm<sup>3</sup>, e índices de vazios entre 0,61 a 0,77. A massa específica seca máxima varia de 1,82 a 1,90 g/cm<sup>3</sup>, e a umidade ótima de 12,5 a 13,6%, segundo NISHIYAMA (1989). O coeficiente de permeabilidade oscila de 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-3</sup> cm/s.

Segundo OLIVEIRA e PRADO (1984), a CTC varia de 104 a 270 cmlc/kg de argila.



FIGURA 48. Perfil de alteração do arenito Pirambóia, ponto LM 31.



#### 8.1.6.1.5 - Residual do Corumbataí

Como esta unidade apresenta pouca expressividade na área, não se realizou estudos geotecnicamente mais detalhados, justamente por não apresentar um perfil característico para descrição.

Sua espessura não ultrapassa um metro, é composta predominantemente de argila e sua coloração é avermelhada, contendo restos da rocha matriz.

#### 8.1.6.2 - Materiais Retrabalhados

##### 8.1.6.2.1 - Arenoso I

Esta unidade recobre os materiais residuais da Formação Botucatu, tendo contribuição das unidades Serra Geral e Bauru, e é predominantemente arenoso.

Apresenta homogeneidade ao longo do perfil, e suas drenagens superficiais não são frequentes, aparecendo muitas vezes voçorocas como as encontradas no córrego Água Quente.

Sua coloração varia de amarelada a avermelhada (Figura 49) e a fração predominante é a areia fina (60 a 80%), com areia média em torno de 5 a 25% e argila chegando a 10%.

Os valores de massa específica dos sólidos foram de 2,62 a 2,64 g/cm<sup>3</sup>, massa específica seca entre 1,42 a 1,79 g/cm<sup>3</sup>, e índice de vazios de 0,54 a 0,86.

Massa específica seca máxima encontrada por NISHIYAMA (1989) foi de 1,86 a 1,97 g/cm<sup>3</sup> e umidade ótima variando de 9,7 a 10,7%. O coeficiente de permeabilidade é de aproximadamente 10<sup>-3</sup>cm/s.

Os valores de CTC variam de 129 a 311 cmlc/kg de argila, conforme OLIVEIRA e PRADO (1984).



FIGURA 49. Material retrabalhado arenoso I, ponto LM 15.

#### 8.1.6.2.2 - Arenoso II

Os materiais definidos nesta unidade estão associados aos magmatitos básicos e apresentam maiores teores de finos com expressiva quantidade de areia, proveniente do arenito Botucatu.

A fração argila varia de 15 a 40%, com coloração avermelhada a amarelada. Mineralogicamente a fração areia contém quartzo, magnetita e ilmenita, enquanto que a argila é composta por caulinita, gibbsita, e óxidos de ferro.

Ensaio de laboratório apresentam massa específica dos sólidos entre 2,62 a 2,7 g/cm<sup>3</sup>, massa específica seca entre 1,43 a 1,69 g/cm<sup>3</sup>, e índice de vazios entre 0,69 a 1,13.

A massa específica seca máxima varia de 1,79 a 1,95 g/cm<sup>3</sup> e a umidade ótima de 9,6 a 13,5%. Valores do coeficiente de permeabilidade variam de 10<sup>-5</sup> a 10<sup>-2</sup> cm/s, segundo AGUIAR (1988).

### 8.1.6.2.3 - Arenoso III

Esta unidade apresenta contribuição de várias litologias. Esses materiais arenosos ocupam a porção mais elevada da área, sobre o Planalto de São Carlos.

O sedimento tem predominância areno-argilosa e está assentada sobre os sedimentos do Grupo Bauru, em sua maior parte, apresentando colorações amarelo-avermelhada.

A fração arenosa varia de 32 a 51% (areia fina), contendo silte (de 10 a 20%) e argila variando de 30 a 45%. É comum observar conglomerados e pedregulhos na porção basal (Figura 50).

A massa específica dos sólidos varia de 2,63 a 2,67 g/cm<sup>3</sup>, massa específica seca encontra-se entre 1,18 a 1,71 g/cm<sup>3</sup>, e o índice de vazios entre 0,63 a 1,58.

A massa específica seca máxima varia de 1,60 a 1,78 g/cm<sup>3</sup> e a umidade ótima entre 15,7 a 24%. O coeficiente de permeabilidade estimado foi de 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-3</sup> cm/s, segundo NISHIYAMA (1989).

O valor da CTC, segundo OLIVEIRA e PRADO (1984) varia de 10 a 219 cm<sup>3</sup>/kg de argila.



FIGURA 50. Material arenoso III, sobre o Grupo Bauru, ponto LM 123.

#### 8.1.6.2.4 - Aluvionar / Orgânico

Esta unidade compreende os materiais arenosos, argilosos, e siltosos de deposição recente, restrita às planícies aluvionares.

São ricas em matéria orgânica apresentam baixa declividade e espessuras variadas, de difícil identificação.

A coloração varia na sua extensão permanecendo as tonalidades amarela clara a cinza clara (Figura 51).



FIGURA 51. Planície aluvionar próximo do rio Mogi-Guaçú

#### 8.1.6.2.5 - Coluvionar

Os materiais desta unidade são provenientes das encostas do basalto onde ocorre a mistura com areias do Botucatu.

São áreas de grande instabilidade ocasionadas por diversos fatores, como a ação antrópica, por exemplo.

Apresentam colorações avermelhadas e espessuras variando entre 10 a 20 metros (Figura 52).

Ao longo do perfil a granulometria é variada. Em alguns pontos descritos observou-se argila e em outros areia fina argilosa.



FIGURA 52. Talude coluvionar, ponto LM 07.

Por pouca evidência em campo, não foi possível separar a unidade retrabalhado argiloso.

### 8.1.7 - Mapa de Landforms

Foram separados em 8 unidades, mas principalmente em dois grandes grupos: os morros suaves e os vales, visto que os vales possuem pouca profundidade de material inconsolidado, e os morros suaves possuem maior profundidade de material inconsolidado.

Por esse motivo não foi dado enfoque ao detalhe, de separar em muitas unidades, pois os landforms não constituem fator determinante para a seleção de áreas. Caso haja dado maior enfoque nesse tipo de mapa, faz-se necessário um maior detalhe em futura pesquisa.

As unidades são assim descritas, conforme o Anexo 5:

#### 8.1.7.1 - Morrotes Suaves

Apresenta-se com declividades variando de 2 a 10%, e foi definida por apresentar grande homogeneidade das formas de relevo por toda a superfície da área estudada, com profundidades variando de 10 a 20 metros. A Figura 53 visualiza uma dessas áreas.

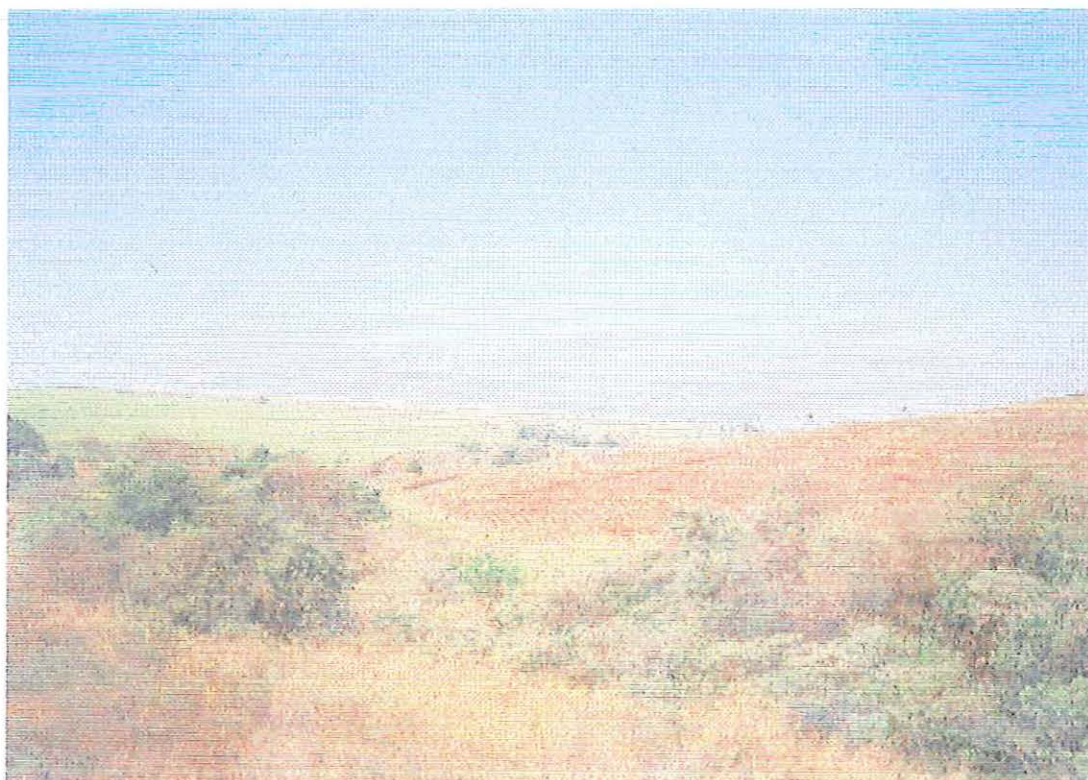


FIGURA 53. Morrotes suaves que predominam na área estudada.

#### 8.1.7.2 - Platôs

Compreendem poucas áreas, com declividades que vão até 5%, e que apresentam grandes espessuras de material inconsolidado, maiores

que 10 metros, e raros canais de drenagem. A Figura 54 visualiza essa unidade, próxima a uma encosta íngreme.



FIGURA 54. Platô à direita, próximo a uma encosta.

### 8.1.7.3 - Vales Abertos

Constituem os grandes vales da área estudada aparecendo em menor número os vales fechados. Geralmente são constituídos de encostas côncavas e convexas, ambas suaves, com declividades inferiores a 15%, e com profundidades menores que 10 metros. Esta unidade é visualizada na Figura 55.



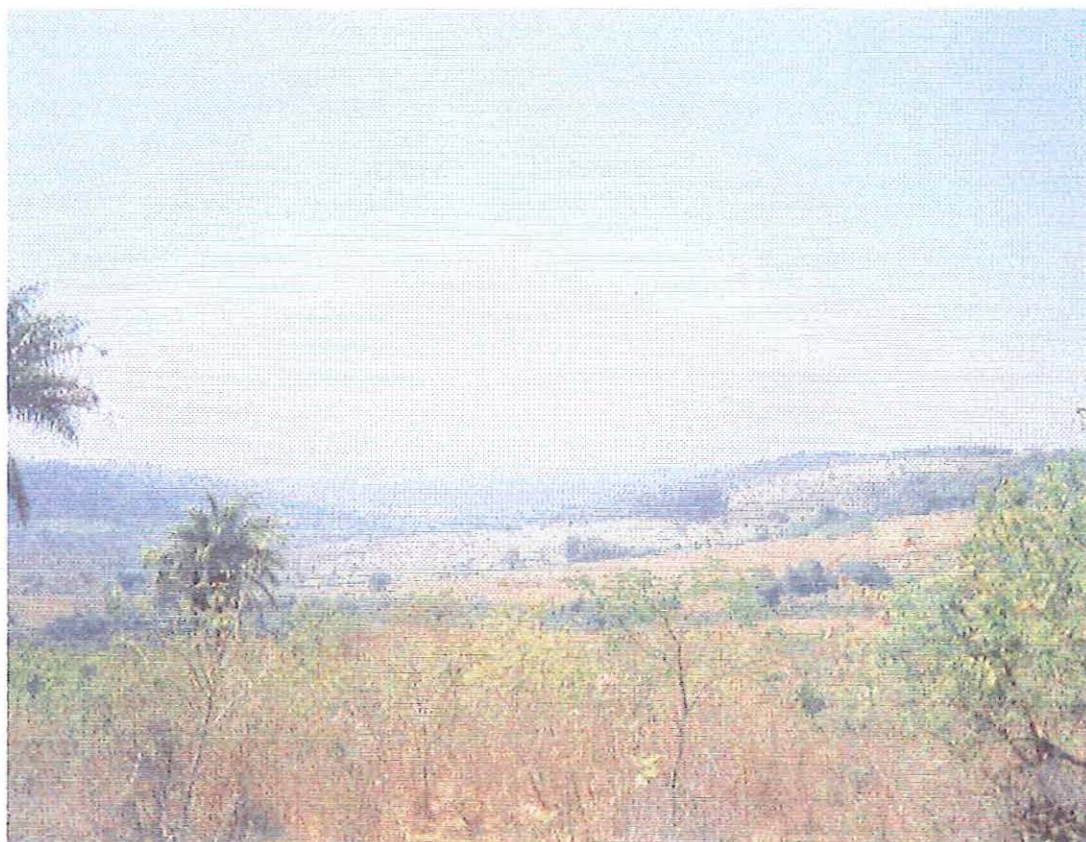


FIGURA 55. Vale aberto situado no rio Araras.

#### 8.1.7.4 - Vales Fechados

Apresentam-se em pouca expressão na área sendo delimitados por encostas íngremes, de declividades elevadas maiores que 20%, e profundidade de material inconsolidado menores que 10 metros. No rio Quilombo apresenta essa unidade, mostrada na Figura 56.



FIGURA 56. Vale com encostas íngremes, no rio Quilombo.

#### 8.1.7.5 - Terraços Aluvionares

Como descrito anteriormente, os terraços aluvionares apresentam profundidades variáveis, e declividades em torno de 2%.

Situa-se nas proximidades dos principais rios sendo que no rio Mogi-Guaçu essa unidade ganha grande extensão, delineada pelos seus meandros abandonados (Figura 57).



FIGURA 57. Terraço aluvionar, contendo meandro abandonado do Mogi-Guaçú.

#### 8.1.7.6 - Morros Estreitos Alongados

Constituem morros de topos arredondados a angulosos, estreitos ao longo de seu comprimento transversal e alongados longitudinalmente.

Ocorrem em pequenas porções da área, sendo mais representados pelas rochas magmáticas, em forma de diques. Apresentam profundidades entre 5 a 10 metros, com declividades maiores que 20% (Figura 58).



FIGURA 58. Unidade visualizada ao fundo da foto.

#### 8.1.7.7 - Morrotes com Topos Arredondados

Aparece em menor proporção na área, em pontos isolados, geralmente sobre os magmatitos basálticos, em forma abaulada (Figura 59).

Apresenta declividades maiores que 20% e profundidades em torno de 5 metros.

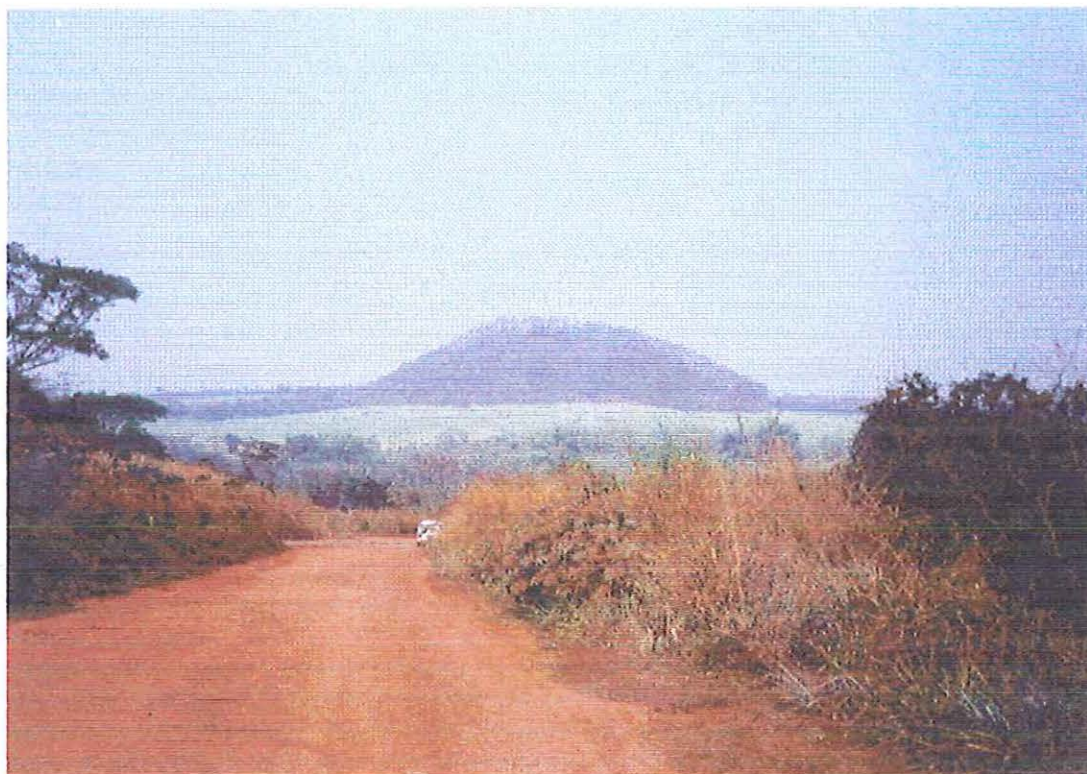


FIGURA 59. Morrote arredondado, próximo ao rio Monjolinho.

#### 8.1.7.8 - Encostas Íngremes

Esta unidade representa as encostas íngremes côncavas com declividades superiores a 20%, que apresentam profundidades de material inconsolidado menores que 2 metros (Figura 60).

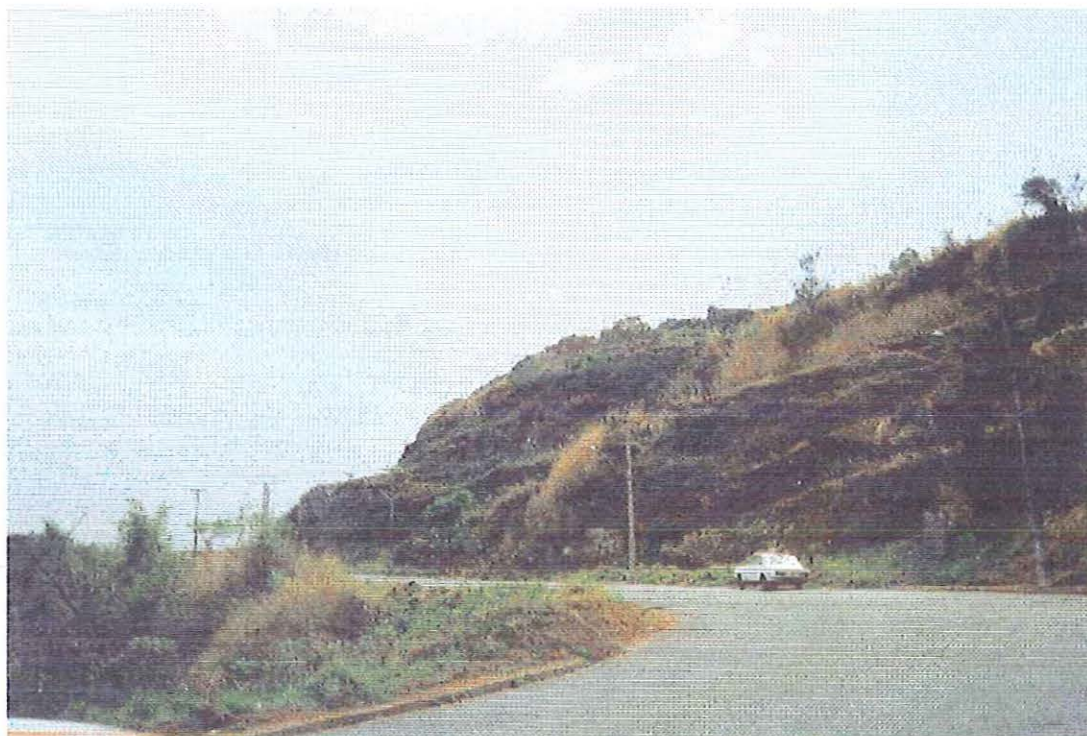


FIGURA 60. Encosta íngreme em arenito Botucatu.

## 8.2 - Cartas Interpretativas

É um conjunto de cartas básicas associadas entre si, com o objetivo de orientar os usuários de acordo com a sua utilização específica dos dados geotécnicos.

As cartas geralmente estão separadas em três classes, de acordo com a metodologia empregada para cada situação.

Foi elaborada a carta interpretativa de disposição de aterros sanitários, que é o objetivo deste trabalho.

### 8.2.1 - Carta de Zoneamento para seleção de Aterros Sanitários

Nesta Carta, analisou-se os atributos e a sobreposição de mapas (Anexo 8).

As classes de adequação para a seleção de áreas para disposição de aterros sanitários são assim descritas:

- ✓ Adequadas: são aquelas próprias para a disposição, sem que hajam nenhum ou poucas obras para a implementação do aterro. A região de estudo possui poucas áreas adequadas, de pequena expressão. Devem ser levado em consideração um maior detalhamento geotécnico destas áreas, principalmente quanto à profundidade do nível freático;
- ✓ Susceptíveis: são as que possuem poucos atributos desfavoráveis, e necessitam de obras para proteção do solo, como o uso de *liners*. Apresentam-se em muitas regiões da área, onde podem ser instalados aterros sanitários, desde que atendam as condições mínimas de segurança.
- ✓ Restritas: são as que possuem muitos atributos desfavoráveis ou que estão em áreas de recarga de aquífero. Como o Município abrange grande parte de recarga de aquífero, a maioria da área é restrita para a disposição de A.S.

Abaixo seguem os documentos e atributos gerados e que foram cruzados para se obter a carta de zoneamento, com a classificação das classes apropriadas.

- ✓ Extensão do menor percurso da água superficial:

Restrita: <200 metros

Susceptível: 200 a 300 metros

Adequada: >300 metros

- ✓ Mapa de substrato rochoso:

Restrita: Aluviões, Fm. Botucatu e Fm. Pirambóia

Susceptível: Gr. Bauru

Adequada: Fm. Serra Geral

- ✓ Mapa de Profundidade dos Materiais Inconsolidados:

Restrita: < 2 metros

Susceptível: 2 a 10 metros

Adequada: 10 a > 20 metros

- ✓ Mapa de Declividade:

Restrita: <2% e > 20%

Adequada: 2% a 20%



- ✓ Extensão da menor distância do centro urbano:

Restrita: centro urbano

Susceptível: até 2000 metros

Adequada: > 2000 metros.

- ✓ Outros atributos a partir do mapa de documentação, como aterros pré-existentes.

Conyém salientar que alguns atributos foram analisados em relação a outros, com pesos interdependentes. Isto é, para alguns atributos restritos, mesclados a atributos susceptíveis e adequados, considerou o aquele que não apresentava risco a uma seleção.

Na maioria das áreas de recarga de aquífero, que foram consideradas restritas, apresentam regiões que podem ser consideradas susceptíveis devido ao fato de alcançar grandes profundidades, ou outros fatores.

O centro urbano foi considerado como área restrita, pois apresenta grande risco de contaminação à população. A proximidade com os canais de drenagem, também é um fator restrito.

Esta correlação se aplica a todas unidades.

Como o Anexo 8 foi gerado a partir de software específico, a melhor interpretação das classes vai depender do usuário que souber tratar os dados. Vale a pena lembrar que uma carta, gerada por meios computacionais, pode apresentar inúmeros erros.

## 9 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

---

A partir da Carta de Seleção de Áreas é possível tecer alguns comentários para refinar o resultado.

Essa seleção não levou em consideração algumas pequenas ocupações, bem como chácaras, fazendas, áreas de preservação ambiental, e lugares históricos, isto é, lugares que devem ser evitados.

Outro tópico importante é uma área favorável dentro da Bacia do Ribeirão do Feijão, que faz o abastecimento para a cidade de São Carlos. Essa área também deve ser descartada, pois representa grande risco à contaminação das águas de subsuperfície e superficial, e com isso acarretar danos para a população.

Em termos de contaminação de águas de subsuperfície, e analisando o Anexo 11, fica claro que o risco de uma contaminação, em locais onde o Nível Dinâmico é profundo, é mínimo ou pequeno, se forem tomadas as medidas possíveis na impermeabilização do terreno. Caso o Nível Estático ou Dinâmico, de uma região, seja pouco profundo, meios de proteção devem ser implantados e um monitoramento torna-se indispensável. Devem ser evitadas proximidades de áreas onde o Nível Estático é superficial, onde ocorre aparecimento de pequenas lagoas.

Em relação à taxa de pluviosidade no município, áreas onde a precipitação é maior, visualizada na Figura 13, como a área norte e



sudoeste, devem ser evitadas, pois propicia ao aumento do escoamento superficial, favorecendo aos fatores erosivos. Portanto, a menor precipitação é mais favorável para a implantação de aterros sanitários.

Mesmo utilizando solos naturais impermeáveis, como os materiais inconsolidados provenientes da Formação Serra Geral, camadas de *liners* devem fazer parte do recobrimento de aterros sanitários.

Em épocas de estiagem os solos argilosos são muito quebradiços e formam fendas de contração, como mostrado na Figura 46, promovendo uma infiltração rápida caso haja despejo de um contaminante no local, ou ocorra uma precipitação repentina, como a denominada "chuva de verão".

Se um aterro for implantado nas áreas com essa característica devem ser tomados os devidos cuidados com a impermeabilização do local.

Muitos dos municípios apresentam leis que zelam pelo meio ambiente de uma forma geral. Leis orgânicas são criadas justamente para organizar o desenvolvimento urbano e ambiental. Só que muitas dessas leis, tanto como as leis federais e estaduais, não são seguidas.

Existem algumas leis estaduais específicas quanto à disposição de aterros sanitários, nas quais os municípios devem incorporar nas suas diretrizes. A lei orgânica do Município de São Carlos deveria contar de um adendo que tratasse do mapeamento de áreas favoráveis para a instalação de aterros sanitários e aterros industriais, já que a cidade possui muitas indústrias.

Existem muitas áreas onde ocorrem impactos ambientais. Algumas são de maior expressão, como a sul da área urbana onde são despejados os entulhos, e restos de material de construção. Estas áreas deveriam ser interditadas, pois não são áreas adequadas. A prefeitura deve retirar

todo o material e dispô-lo em local apropriado e multas deveriam ser aplicadas para quem desrespeitar.

Outros locais, onde a prefeitura deveria fiscalizar melhor, são as pedreiras da região, que alteram o meio físico, acarretando em problemas ambientais, como assoreamento de córregos. Exemplo disto ocorre na pedreira mostrada na Figura 22.

De uma maneira geral, a implementação de aterros sanitários pode ser feita em qualquer local. Para que isto ocorra muitos cuidados devem ser tomados, principalmente para não provocar nenhum tipo de contaminação.

Áreas onde a Formação Botucatu aflora em forma de rocha ou material inconsolidado, que representam áreas de recarga de aquífero, deveriam ser preservadas, pois destas áreas que são extraídas as águas de excelente qualidade para o consumo humano.

Ao norte e próximo ao centro urbano há uma dessas áreas, onde inclusive está localizado o atual "aterro sanitário". Inúmeras fazendas e chácaras que possuem criação de gado, que estão neste local, são fontes contaminantes em potencial, pois o ácido úrico pode contaminar o solo e as águas de subsuperfície.

Na área onde está o aterro sanitário deveriam ser feitas melhores obras de impermeabilização, já que foram constatadas que as lagoas de estabilização do chorume não possuíam nenhum tipo de *liner*. Também, nestas lagoas, muitas rachaduras e escape de chorume foram detectados, o que fica clara a contaminação do solo.

Um fator determinístico da contaminação das águas de subsuperfície é a verificação de árvores, de raízes profundas, mortas nas proximidades do aterro.

Alguns blocos de rochas expostos e alterados foram encontrados nas proximidades da base do aterro, e na área de empréstimo usada para o recobrimento. Um perfil descrito avaliou que a profundidade do material inconsolidado da região é em torno de cinco metros, profundidade esta restrita para a implementação de aterros sanitários.

Apesar de haver um certo controle, como a chegada de caminhões no aterro, uso de balança, e máquinas para recobrimento, não há tratamento do chorume, e o uso de *liners* não é feito de maneira adequada. Portanto o aterro sanitário não opera de forma segura, propiciando em riscos de contaminação do solo e águas de subsuperfície.

Comparando que o antigo aterro situava-se numa área imprópria, também de recarga do aquífero Botucatu, dentro da Sub-bacia do Ribeirão do Feijão, as áreas selecionadas para a instalação de aterros sanitários foram feitas de forma incorreta.

Percebe-se, então, que não há nenhum interesse da prefeitura em buscar as pesquisas realizadas no município, pelas universidades locais, e os profissionais competentes. Há muito interesse político nas negociações dos locais a serem selecionados, visto que o atual aterro é um terreno da prefeitura, alugado para a empresa que administra a coleta de lixo do município.

## 10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

As áreas consideradas como adequadas devem ser caracterizadas detalhadamente, buscando refinar os resultados.

A falta de dados de profundidade e flutuações do nível freático, que é um atributo de extrema importância, dificulta a seleção de áreas para disposição de aterros sanitários. Os dados são mais concentrados na zona urbana.

O uso de *softwares* específicos para tratamento de dados é uma ferramenta prática e que produz resultados com maior rapidez, mas muitas vezes não estão de acordo com o previsto, podendo ocasionar em produtos incorretos. Atributos analisados sem o uso de programas computacionais, que fazem o tratamento, geram cartas mais precisas, porém consomem muito tempo para se chegar ao resultado.

A área do atual aterro sanitário, em local inadequado, reflete a política de seleção de áreas, isto é, não são considerados os trabalhos de cunho científico existentes.

Devem ser levados em consideração outros dados importantes para a caracterização mais detalhada das áreas, como a caracterização dos argilo-minerais, de sondagens a trado, e a existência de solos colapsíveis.

O trabalho de LEITE (1995) representou uma base boa para a realização desta dissertação, sendo necessário corrigir e adequar para situações práticas. A autora apresenta uma série de fluxogramas que estão numa seqüência de correlação. A falta de alguns dados impossibilita na correta aplicação da metodologia proposta. Foram desconsiderados os fluxogramas propostos pois alguns deles apresentam-se de maneira confusa e não são adequados para situações reais e práticas.

Para melhor aproveitar os fluxogramas, propostos pela autora, deve ser feito um programa computacional onde as informações seriam analisadas de acordo com a entrada de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALMEIDA, F. F. M. (1964). Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: Geologia do Estado de São Paulo, São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico da Secretaria da Agricultura, Boletim 41: 167-263.

ANEX, R. P. (1996). Optimal waste decomposition - Landfills as treatment process. *Journal of Environmental Engineering*. 122 (11): 964-974.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1983). Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. NBR 8419.

\_\_\_\_\_. (1987). Resíduos sólidos - classificação. (NBR. 10004).

CARVALHO, M. F. (1996). Aterros Sanitários: aspectos geotécnicos. São Paulo. V. 1. 153 p. Seminários Gerais. Departamento de Geotecnia Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.



CUNHA, M. A. & CONSONI, A. J. (1995). Os estudos do meio físico na disposição de resíduos. In: *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. ABGE. Série Meio Ambiente. 247p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (1997). Regionalização hidrológica, banco de dados pluviométrico e fluviométrico (CD ROM). 1997. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica DAEE - USP.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2000). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. <http://www.embrapa.gov.br> (Jan 2000)

FALCOSKI, L. A. N. (1997). Seminário Plano Diretor de São Carlos: Projeto Cidade Urgente, São Carlos, Universidade Federal de São Carlos.

FORNASARI FILHO, N.; BRAGA, T. O.; GALVES, M. L.; BITAR, O. Y.; AMARANTE, A. (1992). Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo (IPT. Publicação 1972; Boletim 61).

FORNASARI FILHO, N. & BITAR, O. Y. (1995). O meio físico em estudos de impacto ambiental - IEAs. In: *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo. ABGE - IPT. p: 151 - 163.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. <http://www.ibge.gov.br> (13 dec).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. (1995). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo. CEMPRE. 1ª ed. Publicação 2163. 278p.

KRINITZKY, E. L.; HYNES, M. E.; FRANKLIN, A. G. (1997). Earthquake safety evaluation of sanitary landfills. *Engineering Geology*. 46 (2): 143-156.

LEITE, J. C. (1995). *Metodologia para Elaboração da Carta de Susceptibilidade à Contaminação e Poluição das Águas Subsuperficiais*. V. 1 e 2. 219 p , Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LEITE, J. C. & ZUQUETTE, L. V. (1995). Carta de susceptibilidade à contaminação e poluição das águas subsuperficiais de Ribeirão Preto, SP. Escala 1:50.000. III SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS - REGEO' 95. Ouro Preto. p. 453-460.

LEITE, J. C. & ZUQUETTE, L. V. (1996). Atributos fundamentais à elaboração da carta de susceptibilidade à contaminação e poluição das águas subsuperficiais. CONGRES. BRAS. GEOL. ENGENH., 8. Rio de Janeiro. p. 647-657.

- NISHIYAMA, L. (1991). *Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos - SP*. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geotecnia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, J. & PRADO, H. do. (1984). Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos. II Memorial descritivo. Instituto Agrônomo de Campinas, SP, Boletim Técnico 98, 188 p.
- PARAGUASSU, A. B. (1972). Experimental silicification of sandstone. *Geological Society of America Bulletin*, V 83: 2853-2858.
- PRADO, H. (1997) *Os solos do Estado de São Paulo - Mapas Pedológicos*. EMBRAPA. 205 p.
- PINTO, A. R. (2000). *Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de líquidos percolados gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo /no prelo.
- ROSS, J. L. S. & MOROZ, I. C. (1997). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000*. São Paulo, USP, IPT, FAPESP. Vol. I 64p.

SCHALCH, V. (1984). *Produção e características do chorume de decomposição de lixo urbano*. São Paulo. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SCHALCH, V.; WELLINGTON, C. A. L.; LUCIANA, P. G. (1990). *Curso sobre gerenciamento de resíduos sólidos*. ABES. Goiânia. 227p.

SCHALCH, V. (1992). *Análise Comparativa do Comportamento de dois Aterros Sanitários e Correlações dos Parâmetros do Processo de Digestão Anaeróbia*. São Paulo. Tese (Doutorado). 220 p. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

SCHALCH, V.; ALMEIDA LEITE, W. C.; FANTINI JUNIOR, W.; AGUIAR, E. M.; FERNANDES JUNIOR, J. L. (1992). *Aterro Sanitário: considerações sobre escolha do sítio, projeto, implantação, operação e monitoramento*. In: *Congres. Bras. De Águas Subterrâneas, 7. Anais...* Belo Horizonte. ABAS. p: 123-127.

SOARES, P. C. (1973). *O Mesozóico Gondwânico no Estado de São Paulo*. 152 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, São Paulo.

STRAHLER, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. In: CROW, V. T. org. - *Handbook of applied hydrology*. New York, McGraw Hill.

- TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEIN, H.; VIGIL, S. (1993). *Integrated solid waste management engineering: principles and management issues*. McGraw-Hill, New York.
- ZUQUETTE, L.V. (1981). Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos. São Carlos. 2 v. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ZUQUETTE, L. V. (1987). Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. São Carlos. 2V. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- ZUQUETTE, L. V. (1991). Importância dos estudos geológicos geotécnicos para a disposição de rejeitos urbanos. In: II Simpósio sobre Barragens de Rejeito e Disposição de Resíduos. Rio de Janeiro. *Anais...V 1*. p. 367-377.
- ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; SINELLI, O.; GANDOLFI, N. (1994). Methodology of specific engineering geological mapping for selection of sites for waste disposal. International IAEG Congress, 7. Balkema. Amsterdam.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; SINELLI, O.; GANDOLFI, N. (1995).

Carta de Zoneamento Geotécnico Específico para Disposição de Resíduos da Região de Ribeirão Preto - SP. III SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS - REGEO' 95. Ouro Preto. p. 535-548.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; GANDOLFI, N.; RODRIGUES, J. E.

(1998). Mapeamento Geotécnico: Parte 1 - Atributos e Processos Básicos para Elaboração de mapas e cartas. / *no prelo.*

## APÊNDICE I

### RESULTADO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS INCONSOLIDADOS

PONTO N°	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LM 28	100	10	3	-	2,62	1,71	0,53	Botucatu
LM 29	100	15	4	-	2,64	1,70	0,74	Botucatu
LM 30	100	12	4	-	2,63	1,72	0,72	Botucatu
LM 31	100	20	5	-	2,64	1,69	0,62	Botucatu
LM 32	100	5	1	-	2,64	1,69	0,68	Botucatu
LM 34	100	26	18	-	2,63	1,59	0,83	Retr. Aren. I
LM 35	100	23	12	-	2,64	1,78	0,82	Retr. Aren. I
LM 36	100	30	14	-	2,63	1,77	0,78	Retr. Aren. I
LM 37	100	22	10	-	2,63	1,79	0,85	Retr. Aren. I
LM 39	100	75	53	-	2,83	1,14	1,53	S. Geral
LM 40	100	80	60	-	2,91	1,38	1,56	S. Geral
LM 42	100	45	30	-	2,64	1,64	0,98	Retr. Aren. III



PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LM 43	100	50	35	-	2,64	1,71	1,43	Retr. Aren. III
LM 44	100	82	65	-	2,66	1,26	1,51	S. Geral
LM 45	100	22	11	-	2,63	1,75	0,78	Retr. Aren. I
LM 46	100	75	56	-	2,73	1,50	1,56	S. Geral
LM 50	100	69	55	-	2,65	1,59	1,49	S. Geral
LM 51	100	35	20	-	2,69	1,45	0,75	Retr. Aren. II
LM 52	100	78	59	-	2,83	1,53	1,58	S. Geral
LM 53	100	25	18	-	2,63	1,75	1,42	Retr. Aren. I
LM 54	100	75	52	-	2,85	1,49	1,32	S. Geral
LM 55	100	27	21	-	2,64	1,72	1,49	Retr. Aren. I
LM 56	100	80	60	-	2,92	1,54	1,12	S. Geral
LM 74	100	87	55	-	2,75	1,55	0,98	S. Geral

PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	ρ	ρs	ρd		
LM 77	100	10	3	-	2,64	1,73	0,70	Botucatu
LM 91	100	85	54	-	2,79	1,55	1,45	S. Geral
LM 101	100	65	45	-	2,69	1,52	1,56	S. Geral
LM 132	100	23	10	-	2,65	1,57	0,82	Retr. Aren. I
LM 146	100	67	46	-	2,72	1,46	0,89	S. Geral
LM 148	100	21	10	-	2,65	1,78	0,85	Retr. Aren. I
LM 149	100	15	12	-	2,63	1,54	0,78	Retr. Aren. I
LM 156	100	23	12	-	2,63	1,64	0,72	Retr. Aren. I
LM 157	100	29	20	-	2,63	1,43	0,59	Retr. Aren. I
LM 158	100	25	10	-	2,64	1,49	0,74	Retr. Aren. I
LN 141	100	17	14	1,70	2,63	1,59	0,65	S. Geral
LN 159	100	26	20	1,48	2,65	1,36	0,95	Retr. Aren. I

PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	$\rho$	$\rho_s$	$\rho_d$		
LN 166	100	29	22	1,69	2,64	1,54	0,71	Retr. Aren. I
LN 202	100	45	30	1,49	2,64	1,26	1,10	Retr. Aren. III
LN 206	100	53	38	1,43	2,67	1,14	1,34	Retr. Aren. III
LN 428	100	14	13	1,69	2,62	1,60	0,64	Retr. Aren. I
LN 455	100	3	2	1,71	2,62	1,65	0,59	Botucatu
LN 495	100	66	45	1,53	2,86	1,14	1,51	S. Geral
LN 496	100	40	31	1,52	2,66	1,26	1,11	Bauru
LN 504	100	31	21	1,52	2,68	1,35	0,98	Bauru
LN 507	100	50	40	1,41	2,65	1,16	1,28	Retr. Aren. III
LN 508	100	20	13	1,75	2,64	1,59	0,66	Botucatu
LN 509	100	10	4	1,83	2,61	1,73	0,51	Botucatu
LN 516	100	27	21	-	-	-	-	Retr. Aren. I

PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	$\rho$	$\rho_s$	$\rho_d$		
LZ 13	100	65,84	23	-	3,11	1,38	-	Bauru
LZ 14	100	41,40	-	-	2,68	1,85	-	Bauru
LZ 15	100	18,60	15	-	2,72	1,99	-	Bauru
LZ 16	100	34,50	21	-	2,63	1,97	-	Retr. Aren. II
LZ 17	100	35,66	20	-	2,63	1,97	-	Retr. Aren. II
LZ 18	100	84,83	51	-	3,09	1,51	-	Retr. Aren. II
LZ 19	100	17,05	12	-	2,67	2	-	S. Geral
LZ 20	100	15,36	11	-	2,68	2,05	-	S. Geral
LZ 21	100	7,14	3,4	-	2,68	1,84	-	Retr. Aren. I
LZ 22	100	39	26	-	2,71	1,81	-	Bauru
LZ 23	100	30,40	16	-	2,72	1,92	-	Retr. Aren. III
LZ 24	100	46,75	33	-	2,71	1,76	-	Bauru

PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	$\rho$	$\rho_s$	$\rho_d$		
LZ 25	100	62	38	-	2,73	1,56	-	Retr. Aren. III
LZ 26	100	42,70	27	-	2,71	1,86	-	Retr. Aren. III
LZ 27	100	45,24	37	-	2,7	1,74	-	Bauru
LZ 28	100	12,07	3	-	2,63	1,87	-	Bauru
LZ 29	100	41,82	31	-	2,72	1,89	-	Botucatu
LZ 30	100	29,94	17	-	2,76	1,92	-	Retr. Aren. I
LZ 31	100	43,28	31,8	-	2,74	1,95	-	Retr. Aren. I
LZ 32	100	28,53	23	-	2,66	1,91	-	S. Geral
LZ 33	100	32,6	23	-	2,67	1,93	-	Botucatu
LZ 34	100	32,40	24	-	2,76	1,94	-	Botucatu
LZ 35	100	16,21	10,2	-	2,64	1,94	-	Botucatu
LZ 36	100	35,20	26	-	2,68	1,82	-	Botucatu

PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	$\rho$	$\rho_s$	$\rho_d$		
LZ 37	100	14,31	9,80	-	2,64	1,96	-	Botucatu
LZ 38	100	36,63	19	-	2,64	1,79	-	Retr. Aren. I
LZ 39	100	21,04	15	-	2,64	1,97	-	Retr. Aren. I
LZ 41	100	89,27	70	-	2,94	1,37	-	Botucatu
LZ 42	100	43,66	30,15	-	2,65	1,7	-	Bauru
LZ 43	100	69,18	-	-	2,66	1,62	-	Retr. Aren. III
LZ 44	100	59	-	-	2,65	1,59	-	Retr. Aren. III
LZ 45	100	70,55	46,20	-	2,87	1,52	-	S. Geral
LZ 46	100	65,88	46	-	2,83	1,63	-	S. Geral
LZ 48	100	13,42	9	-	2,63	1,94	-	Botucatu
LZ 49	100	35	-	-	2,76	1,96	-	Retr. Aren. I
LZ 50	100	22,02	16	-	2,66	1,89	-	S. Geral

PONTO Nº	GRANULOMETRIA (% QUE PASSA)			MASSA ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )			ÍNDICE DE VAZIOS (e)	UNIDADE
	4,76 mm	0,075 mm	0,002 mm	$\rho$	$\rho_s$	$\rho_d$		
LZ 54	100	17,05	11,60	-	2,64	1,52	-	Retr. Aren. I
LZ 56	100	79	-	-	2,94	1,49	-	Retr. Aren. I
LZ 58	100	85,73	69	-	2,94	1,57	-	S. Geral