

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**"APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA  
SELEÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS EM ATERRO SANITÁRIO - MUNICÍPIO DE  
DESCALVADO (SP)"**

MARCO ANTONIO ALBANO MOREIRA

**SÃO CARLOS**  
**2002**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**"APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA  
SELEÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS EM ATERRO SANITÁRIO - MUNICÍPIO DE  
DESCALVADO (SP)"**

**MARCO ANTONIO ALBANO MOREIRA**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São  
Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do  
título de Mestre em Engenharia Urbana**

**Orientador: PROF<sup>o</sup> DR. REINALDO LORANDI**

**S ã o C a r l o s  
2 0 0 2**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M383at

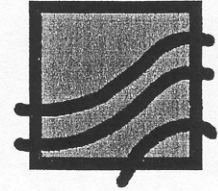
Moreira, Marco Antonio Albano.

Aplicação de técnicas de geoprocessamento para seleção de áreas de disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário – município de Descalvado (SP) / Marco Antonio Albano Moreira. -- São Carlos : UFSCar, 2005.  
144 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2002.

1. Geologia de engenharia. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Seleção de áreas. 5. Aterro sanitário. I. Título.

CDD: 624.151 (20<sup>a</sup>)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 18/12/2002  
pela Comissão Julgadora

---

Prof. Dr. Renaldo Lorandi  
Orientador (DECiv/UFSCar)

---

Prof. Dr. Luiz Nishiyama  
(INSTITUTO DE GEOGRAFIA/UFU)

---

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira  
(DECiv/UFSCar)

---

Profª Drª Suely da Penha Sanches  
Presidente da CPG-EU



**Dedico a Deus pela constante presença, e certeza de que a vida sempre vale a pena.**

## **AGRADECIMENTOS**

**Ao Prof. Dr. Reinaldo Lorandi, pela orientação, colaboração, apoio e confiança no desenvolvimento deste trabalho.**

**Aos professores Adail Ricardo Leister Gonçalves, Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira e Luiz Nishiyama pelas valiosas sugestões que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.**

**Ao Engenheiro Cláudio Jorge Cançado, que não se cansou em prestar auxílio por inúmeras vezes na compreensão e uso dos recursos da informática e na discussão acerca da metodologia, contribuindo diretamente na realização deste trabalho.**

**Ao Prof. Dr. Luis Fernando Moura que no momento crucial de minha vida profissional e acadêmica, teve a presença de espírito e a ponderação necessária para que mesmo indiretamente, colaborasse para que se tornasse possível à realização deste trabalho.**

**Aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU pelos conhecimentos transmitidos e aos colegas de turma pelo apreço e convívio tão agradável.**

**Aos colegas do Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico – GPMF, Roberto Feres, Maria Eugenia Bruck de Moraes, Valdir Galiano, Rodolfo Moreda Mendes, Rosemi Ferreira da Silva e Fábio Enrique Torresan, que ao longo da realização do trabalho em diversas ocasiões contribuíram com discussões, e na organização das informações utilizadas.**

**Aos colegas de trabalho Sidnei Muzetti e Luís Antonio Leal, do laboratório de mecânica de solos e de estradas respectivamente da UFSCar - DECiv, pelas valiosas informações acerca dos resultados**

**dos ensaios laboratoriais. E as demais colegas de departamento pelo convívio e compreensão pela realização deste trabalho.**

**À Prefeitura Municipal de Descalvado, através da Casa da Agricultura na pessoa do Secretário de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, Sr. Sérgio de Marco e do Engenheiro José Carlos Paggiaro pelo apoio e informações prestadas.**

**Às empresas, TRIPOL – Poços Artesianos LTDA, PAOL – Poços Artesianos Oliveira LTDA, e HIDRO BELÉM Poços Artesianos LTDA pelos dados de sondagens fornecidos.**

**A toda minha família que acompanhou a elaboração deste trabalho, e contribuiu para que essa vitória fosse alcançada.**

**Um agradecimento especial a minha esposa Dulcelena e aos meus filhos Rodrigo e Diego, que souberam pacientemente suportar e compreender os longos momentos de ausência, tendo assim, prestado uma colaboração inestimável para a realização deste trabalho.**

**E a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.**

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE</b>	<b>i</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	<b>ix</b>
<b>RELAÇÃO DE SIGLAS E ABVREVIATURAS</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>CAPITULO 1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO 3. REVISÃO BILIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO 4. METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS</b>	<b>53</b>
<b>CAPITULO 5. CARACTERIZAÇÃO DA AREA DE ESTUDO</b>	<b>74</b>
<b>CAPITULO 6. METODOLOGIA</b>	<b>102</b>
<b>CAPITULO 7. CARTAS OU MAPAS INTERMEDIÁRIOS</b>	<b>117</b>
<b>CAPITULO . 8. CONFECÇÃO DO PRODUTO CARTOGRÁFICO INTERPRETATIVO FINAL</b>	<b>126</b>
<b>CAPITULO 9. CONCLUSÕES</b>	<b>134</b>
<b>10. RECOMENDAÇÕES FINAIS</b>	<b>136</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>137</b>

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA</b>	<b>6</b>
2.1. Objetivo	6
2.2. Justificativa	6
2.2.1. Disposição atual de resíduos no Município de Descalvado	7
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
3.1. Mapeamento Geotécnico	10
3.1.1. Metodologias de mapeamento geotécnico	13
3.2. Resíduos sólidos	15
3.2.1. Introdução	15
3.2.2. Definições	16
3.3. Classificação dos resíduos	20
3.3.1. Classificação USEPA	21
3.3.2. Classificação brasileira	22
3.3.3. Outras classificações	25
3.4. Composição dos resíduos sólidos urbanos	27
3.5. Resíduos sólidos e contaminação do meio ambiente	32
3.6. Formas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos	33
3.6.1. Métodos térmicos	34
3.6.2. Disposição no meio físico	35
3.6.2.1. Lixão	35

<b>3.6.2.2. Aterro controlado</b>	<b>36</b>
<b>3.6.2.3. Aterro sanitário</b>	<b>37</b>
<b>3.6.2.4. Métodos de execução de aterros</b>	<b>38</b>
<b>3.6.2.5. Componentes e dispositivos principais de um aterro sanitário</b>	<b>45</b>
<b>3.6.2.6. A implantação de aterros sanitários</b>	<b>47</b>
<b>3.6.2.7. Panorama atual sobre os disposição de resíduos sólidos no Brasil</b>	<b>49</b>
<b>4. METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS</b>	<b>53</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>74</b>
<b>5.1. Localização</b>	<b>74</b>
<b>5.2. Aspectos socioeconômicos</b>	<b>76</b>
<b>5.3. Demografia</b>	<b>77</b>
<b>5.4. Clima vegetação natural e balanço hídrico</b>	<b>79</b>
<b>5.5. Pedologia</b>	<b>80</b>
<b>5.6. Geologia</b>	<b>86</b>
<b>5.7. Geomorfologia</b>	<b>93</b>
<b>5.8. Hidrogeologia</b>	<b>96</b>
<b>5.8.1. Introdução</b>	<b>96</b>
<b>5.8.2. Unidades aquíferas</b>	<b>96</b>
<b>5.9. Hidrografia</b>	<b>99</b>
<b>5.9.1. Características dos corpos d'água</b>	<b>100</b>
<b>6. METODOLOGIA</b>	<b>102</b>

<b>6.1. Aspectos metodológicos</b>	<b>102</b>
<b>6.2. Atributos do meio físico adotados restritivos para a disposição de resíduos sólidos</b>	<b>103</b>
6.2.1. Substrato rochoso	103
6.2.2. Material inconsolidado	105
6.2.3. Capacidade de troca catiônica (CTC)	103
6.2.4. Material colapsível	106
6.2.5. Características para compactação	107
6.2.6. Permeabilidade	107
6.2.7. Nível da água subterrânea	108
6.2.8. Escoamento superficial	109
6.2.9. Áreas de recarga	110
6.2.10. Declividade	110
<b>6.3. Confeção da base cartográfica georreferenciada</b>	<b>114</b>
6.3.1. Planos de informação das cartas intermediárias	115
6.3.2 Modelo numérico do terreno	115
6.3.3. Declividade	116
6.3.4. Imagem da área urbanizada	116
6.3.5. Distancia dos cursos d'água , das rodovias e da área urbana	116
<b>7. CARTAS OU MAPAS INTERMEDIÁRIOS</b>	<b>117</b>
7.1 Carta de classes de declividade ou Carta clinométrica	117
7.1.1. Determinação das classes e confeção da carta de declividade	117

<b>7.2. Mapa de formações geológicas de superfície</b>	<b>118</b>
<b>7.3. Mapa de materiais inconsolidados</b>	<b>118</b>
<b>7.3.1 Materiais residuais e materiais retrabalhados</b>	<b>119</b>
<b>7.4 Carta do potencial de escoamento superficial</b>	<b>1124</b>
<b>8. CONFECCÃO DO PRODUTO CARTOGRÁFICO INTERPRETATIVO FINAL</b>	<b>126</b>
<b>8.1. Cruzamento de primeira ordem</b>	<b>126</b>
<b>8.2 Cruzamento de segunda ordem</b>	<b>128</b>
<b>8.3 Cruzamento de terceira ordem</b>	<b>129</b>
<b>8.4 Cruzamento de quarta ordem</b>	<b>130</b>
<b>8.5 Cruzamento de quinta ordem</b>	<b>132</b>
<b>9. CONCLUSÕES</b>	<b>134</b>
<b>10. RECOMENDAÇÕES FINAIS</b>	<b>136</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>137</b>



## **ANEXOS**

**ANEXO I – Resultados dos ensaios incorporados ao trabalho**

**ANEXO II – Perfis geológicos de poços profundos**

**Anexo III – Mapa de Documentação**

**Anexo IV – Carta de Classes de Declividades**

**Anexo V - Mapa de Formações Geológicas de Superfície**

**Anexo VI – Mapa de Materiais Inconsolidados**

**Anexo VII – Carta do Potencial de Escoamento Superficial**

**Anexo VIII – Carta de Adequabilidade de Áreas Para Aterros Sanitários**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Lixo depositado a céu aberto, sem recobrimento por longo período_____	<b>8</b>
Figura 2.2 Solo inadequado para a disposição de resíduo, com feições erosivas ao longo do talude_____	<b>8</b>
Figura2.3 Prática comum do uso de uma erosão natural para deposição de lixo_____	<b>9</b>
Figura2.4 Ao fundo outro talude com feições erosivas mais a presença de catadores_____	<b>9</b>
Figura 3.1 Fluxos de material e geração de resíduos em uma sociedade tecnológica_____	<b>18</b>
FIGURA 3.2 Fluxo do resíduo sólido_____	<b>19</b>
Figura 3.3 Lixão de Porto Ferreira_____	<b>32</b>
Figura 3.4 Escavação de trincheira de pequeno porte com a utilização de retroescavadeira____	<b>38</b>
Figura 3.5 Resíduos sendo descarregados em trecho de uma trincheira_____	<b>39</b>
Figura 3.6 Acabamento superficial de uma trincheira de pequeno porte_____	<b>39</b>
Figura 3.7 Abertura de uma trincheira de grande porte_____	<b>40</b>
Figura 3.8 Descarga de resíduos no interior da trincheira_____	<b>40</b>
Figura 3.9 Compactação dos resíduos a partir de uma das extremidades da trincheira_____	<b>41</b>
Figura 3.10 Trincheira preenchida pelos resíduos e terminada_____	<b>41</b>
Figura 3.11 Execução de uma célula de aterro sanitário em área com resíduos compactados sendo cobertos por uma camada de solo_____	<b>42</b>
Figura 3.12 Célula de aterro sanitário tronco-piramidada executada em área_____	<b>42</b>
Figura 3.13 Execução de uma célula de aterro sanitário aproveitando-se a encosta como elemento de contenção_____	<b>43</b>
Figura 3.14 Compactação de resíduos contra uma encosta_____	<b>44</b>

Figura 3.15 Execução de uma célula de aterro sanitário contra uma encosta com recobrimento dos resíduos sólidos no local _____	<b>44</b>
Figura 3.16 Aterro sanitário: corte esquemático _____	<b>47</b>
Figura 3.17 Fluxograma que representa as interações técnicas relacionadas aos aterros sanitários e o meio ambiente _____	<b>49</b>
Figura 3.18 Distribuição produção diária de resíduos sólidos por região (em % de peso) _____	<b>50</b>
Figura 3.19 Distribuição da destinação final de resíduos sólidos (em % de peso) _____	<b>51</b>
Figura 3.20 Distribuição coleta de material reciclável por região _____	<b>52</b>
Figura 5.1 Localização da área de estudo no estado _____	<b>73</b>
Figura 5.2 Localização do Município de Descalvado em relação às cidades vizinhas _____	<b>74</b>
Figura 5.3 Bacia do Mogi Guaçu, com sua compartimentação _____	<b>74</b>
Figura 5.4 Variação populacional de Descalvado de 1980 a 2000 _____	<b>77</b>
Figura 5.5 Diagrama do balanço hídrico de uma área contígua a Descalvado (SP) _____	<b>79</b>
Figura 5.6 Aspecto da frente de cuesta _____	<b>79</b>
Figura 5.7 Perfil de Areia Quartzosa profunda (NEOSSOLOS) na quadrícula de Descalvado-SP _____	<b>81</b>
Figura 5.8 Extrato da Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo: Quadrícula de Descalvado _____	<b>83</b>
Figura 5.9 Saprolito da formação Corumbataí _____	<b>84</b>
Figura 5.10 Formação Pirambóia, arenito típico mostrando suas variações _____	<b>85</b>
Figura 5.11 Perfil de alteração da Formação Pirambóia, material residual típico mostrando feições de erosão na base do talude _____	<b>86</b>
Figura 5.12 Saprolito de arenito da Formação Botucatu _____	<b>87</b>
Figura 5.13 Saprolito da Formação Botucatu _____	<b>88</b>
Figura 5.14 Residual da formação Santa Rita com feições erosivas ao longo do talude _____	<b>89</b>

Figura 5.15 Gráfico representando a distribuição relativa à área de cada unidade estratigráfica, em porcentagem _____	<b>91</b>
Figura 5.16 Relevo de morros (Morro Santo Antonio, em destaque ) com encostas suavizadas _____	<b>92</b>
Figura 5.17 Parte do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo contendo a área de estudo em detalhe _____	<b>93</b>
Figura 5.18 Área de abrangência do Aquífero Guarani no América do Sul e corte transversal _____	<b>96</b>
Figura 7.1 Ao fundo, pedreira de extração de diabásio com relevo típico de solos residuais rasos originários de rochas magmáticas básicas da região _____	<b>116</b>
Figura 7.2 Ponto de coleta para amostragem evidenciando relevo típico de solos retrabalhados originários de rochas magmáticas básicas da região _____	<b>117</b>
Figura 8.1 Distribuição porcentual do potencial das áreas para a disposição de resíduos _____	<b>130</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 Definições das propriedades características de um resíduo perigoso_____	<b>23</b>
Tabela 3.2 Fontes e tipos de resíduos sólidos urbanos _____	<b>29</b>
Tabela 3.3 Composição porcentual média do lixo domiciliar em alguns municípios brasileiros _____	<b>33</b>
TABELA 3.4 Composição de RSU (%) para diferentes cidades _____	<b>31</b>
Tabela 4.1 Critérios para avaliação das áreas para instalação de aterro sanitário _____	<b>58</b>
Tabela 4.2 Etapas de identificação do meio físico _____	<b>60</b>
Tabela 4.3 Seqüência de obtenção dos atributos fundamentais, secundários e complementares correlacionados com escala mais adequada _____	<b>62</b>
TABELA 4.4 Principais atributos e níveis usados na definição e delimitação de unidades apresentando heterogeneidade mínima com vistas à seleção de áreas para aterros sanitários _____	<b>63</b>
Tabela 4.5 Classes de atributos e características principais para a seleção de áreas para aterros _____	<b>64</b>
Tabela 5.1 Taxas de natalidade, mortalidade, urbanização e densidade demográfica _____	<b>78</b>
TABELA 6.2 Atributos selecionados e suas classes de adequabilidade para a instalação de aterros sanitários na área mapeada _____	<b>110</b>
Tabela 7.1 Unidades do Mapa de Materiais Inconsolidados _____	<b>119</b>
Tabela 7.2 Pontuação dos atributos considerados na elaboração da carta de escoamento superficial e infiltração do Município de Descalvado (SP) _____	<b>122</b>
Tabela 8.1 Ordem de importância das cartas intermediárias para a geração da Carta Final _____	<b>123</b>
Tabela8.2 Matriz de Decisão para a Carta de Primeira Combinação _____	<b>124</b>

Tabela 8.3 Matriz de Decisão para a Carta de Segunda Combinação_____	<b>125</b>
Tabela 8.4 Matriz de Decisão para a Carta de Terceira Combinação_____	<b>127</b>
Tabela 8.5 Matriz de Decisão para a Carta de Quarta Combinação_____	<b>128</b>
Tabela 8.6 Tabela 8.6 Matriz de Decisão para a Carta de Quinta Combinação_____	<b>129</b>

## RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
CEOTMA	Centro de Estudios del Ordenacion del Territorio y Medio Ambiente
CERH	Centro Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
EPA	Environmental Protection Agency
GIS	Geographic Information System
GPMF	Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico
IA	Instituto Agrônômico
IAEG	International Association Engineering Geology and the Environmental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDRISI	Software de SIG da Clark University
IG	Instituto Geológico
IG – UFR	Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro
IGCE–UNESP - RC	Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE – UNESP - RIO CLARO
IGME	Instituto Geológico y Minero de España
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MCT	Miniature Compacted Tropical

MNT	Modelo Numérico de Terreno
NACE	National Association Corrosion Engineers
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SP	São Paulo
TAC	Termos de Ajuste de Conduta
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”
USP	Universidade de São Paulo
UTM	Universal Transverse Mercator



**MOREIRA, M. A. A.- "Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)". São Carlos, 2002 144p Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar.**

**RESUMO**

Na sociedade moderna, a disposição adequada dos resíduos sólidos tornou-se um dos maiores desafios a serem vencidos pela administração pública. Como consequência do sistema econômico atual, associado ao intenso crescimento das cidades, aumenta a cada ano a geração de lixo per capita, o que demanda cada vez mais, por áreas disponíveis para serem utilizadas para o tratamento e a disposição destes resíduos. Dentre as várias técnicas de disposição dos resíduos sólidos urbanos, a disposição em aterros sanitários é a mais utilizada, devido à viabilidade econômica e relativa simplicidade de operação. Para a instalação destes aterros, é necessário o conhecimento dos atributos do meio físico da área a ser utilizada, para poder avaliar as suas interações com o aterro sanitário. A complexidade destas interações e a quantidade de atributos a serem analisados dificultam a escolha do local mais adequado à implantação do aterro sanitário. Porém com avanço da tecnologia, mais precisamente, com os avanços ocorridos na área de informática, surgiram os sistemas de informação geográfica, que vem sendo cada vez mais utilizados para auxiliar na resolução de problemas que necessitam da manipulação simultânea de grande número de informações, como no caso da seleção de áreas aptas à disposição de resíduos sólidos urbanos. Neste trabalho utilizou-se dados e informações produzidas em mapeamentos geotécnicos anteriormente executados na área de estudo, para a produção de uma carta de zoneamento específica para a seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos, aplicando-se a metodologia proposta por Zuquette et. al. (1994). Essa metodologia é voltada à análise e escolha de áreas potencialmente favoráveis à disposição de resíduos, indicando entre outros aspectos, os atributos a serem considerados e analisados em função do tipo de disposição de resíduos, bem como a seqüência para obtenção destes atributos. Neste trabalho aplicou-se, esta metodologia utilizando-se um sistema de informações geográficas para a modalidade, disposição em aterro sanitário, para o Município de Descalvado, São Paulo. Adotou-se a escala de trabalho de 1: 50.000, elaborando-se cartas intermediárias que combinadas entre si, resultaram em um documento cartográfico, que indica a hierarquização, das unidades classificadas na área de estudo, quanto ao seu potencial a serem utilizadas para a disposição de resíduos sólidos urbanos.

Palavras chave: **1. Geologia de engenharia. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Seleção de áreas. 5. Aterro sanitário.**

**MOREIRA, M. A. A.- "Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)". São Carlos, 2002. 144p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar.**

ABSTRACT

In the modern society, the appropriate disposition of the solid residues became one of the largest challenges to be due for the public administration. As a consequence of the current economic system, associate to the intense growth of the cities, increases every year the generation of per capita garbage, what disputes more and more, for available areas for be used for the treatment and the disposition of these residues. Among the several techniques of disposition of the urban solid waste, the disposition in sanitary landfill is the more used, due to the economical viability and relative operation simplicity. For the installation of these sanitary landfill, it is necessary the knowledge of the attributes of the physical middle of the area to be used, to evaluate their interactions with the sanitary landfill. The complexity of these interactions and the amount of attributes to be analyzed hinder the choice of the most appropriate place to the implantation of the sanitary landfill. However with progress of the technology, more precisely, with the progresses happened in the computer science area, the geographical systems of information appeared, that it has been used more and more to aid in the problem solve that need the simultaneous manipulation of great number of information, as in the case of the selection of capable areas to the disposition of urban solid residues. In this work it was used data and information produced in geotechnical mappings previously executed in the study area, for the production of a specific zoning chart for the selection of areas for disposition of urban solid waste, being applied the methodology proposed by Zuquette et. al. (1994). that methodology is returned to the analysis and choice of areas potentially favorable to the disposition of residues, indicating among other aspects, the attributes to they be considered and analyzed in function of the type of disposition of residues, as well as the sequence for obtaining of these attributes. In this work it was applied, this methodology being used a system of geographical information for the modality, disposition in sanitary landfill, for the Municipal district of Descalvado, São Paulo. The scale of work of was adopted is 1:50.000, being elaborated intermediate charts that combined amongst themselves, resulted in a cartographic document, that it indicates the hierarchization, of the units classified in the study area, as for her potential be used for the disposition of urban solid wastes.

Key Words: engineering geology, geographic information system, urban solid wastes, selection of areas, sanitary landfill.

## 1. INTRODUÇÃO

---

Os centros urbanos estão passando por um período de acentuada urbanização, que se reflete negativamente na qualidade de vida de seus moradores. A falta de um planejamento que considere os elementos naturais é um agravante para esta situação.

A qualidade de vida oferecida por uma cidade aos seus moradores implica em vários fatores que estão reunidos em sua infra-estrutura, desenvolvimento sócio-econômico e ambiental. No caso do ambiente, constitui-se elemento imprescindível para o bem estar da população, pois influencia diretamente na saúde física e mental da população.

Nas cidades, ocorre constantemente uma relação entre o meio físico e o homem, responsável pela qualidade do meio ambiente urbano. A qualidade ambiental é colocada em jogo, principalmente, durante os diferentes estágios de evolução e desenvolvimento da humanidade que geralmente ocasionam seu desequilíbrio e conseqüentemente, o impacto ambiental, e devido à complexidade e diversidade de relações que ocorrem no meio urbano os impactos ambientais são mais acentuados, evidentes e de difícil solução.

De modo geral, com a associação entre o desenvolvimento econômico e tecnológico, a sociedade moderna vive o fenômeno da produção industrial de bens de consumo de forma cada vez mais acentuada, a forma de organização da sociedade torna-se cada vez mais consumista, o que a longo prazo pode levar ao esgotamento dos recursos naturais. Neste contexto, este comportamento da sociedade, pode ainda, acarretar problemas prejudiciais ao meio ambiente, pela contaminação dos solos, dos sistemas hídricos, de águas subterrâneas, despejo incorreto de efluentes de indústrias e resíduos sólidos urbanos, poluição atmosférica, ocupação de encostas (áreas de risco) como de várzeas próximas de cursos de água, entre outros fatores que, se não forem controlados levam a uma crescente degradação ambiental.

Portanto, com relação à questão ambiental do meio urbano é necessário a realização de um Planejamento Urbano que considere fatores como: qualidade do ar e da água, proteção dos mananciais e das áreas verdes, tratamento de esgoto, coleta e destinação adequada dos resíduos sólidos, conservação da vegetação nativa, preservação dos fundos de vale, conservação das praças, parques e arborização de vias públicas, além de toda infra-estrutura e equipamentos públicos.

É de grande importância que ao abordar este tema, não haja a postura simplista e radical, contrária ao desenvolvimento, ao progresso, e a tecnologia, julgando-os como culpados pelas alterações ocorridas no meio ambiente. Sabe-se que a utilização dos recursos naturais é necessária, porém a natureza, com a sua biodiversidade é de fundamental importância, tanto para a geração atual como para a de amanhã, e por isso, é necessário que haja a sua utilização de maneira racional. Para tanto, é preciso que sejam implementadas ações planejadas que levem ao desenvolvimento sustentável.

Com a intensificação do processo de urbanização, há no meio físico, um reflexo direto do ciclo de consumo adotado, principalmente nos grandes centros urbanos, que tem como consequência direta, a poluição ambiental, que causa vários impactos ao meio físico, dentre eles, aqueles advindos do fenômeno da geração de resíduos em volumes cada vez maiores o que causa dificuldades associadas a sua disposição.

A disposição de resíduos sobre a superfície terrestre sempre fez parte da atividade cotidiana do homem, ao longo de sua existência. Nos primórdios, esta prática não causava grandes problemas, pois a área disponível para a disposição dos resíduos gerados, era proporcionalmente, muito maior que a população da época (BASILIO, 2001).

Segundo Tchobanoglous; Theisen; Vigil citado por Basilio (2001), os problemas surgem a partir do momento em que o homem começa a se congrega em tribos, vilas, comunidades e a acumulação de resíduos torna-se consequência natural da vida.

Com a revolução industrial, há conseqüentemente, o aumento da urbanização, que acarreta o aumento da produção de resíduos, ampliando-se os problemas relacionados com a disposição de resíduos sólidos (BASILIO, 2001). Decorrente da revolução industrial surge uma nova ordem social com um melhor poder aquisitivo o que leva a novos costumes, padrões de vida e de consumo, que juntamente com o acentuado crescimento urbano, traz como consequência direta, um aumento sem precedentes da quantidade e variedade dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos (BROLLO, 2001).

Quanto ao Brasil, apesar das inúmeras iniciativas que vêm sendo efetivadas em busca da proteção do ambiente, ainda não está arraigada a filosofia de que a responsabilidade pelo meio ambiente pelo combate a poluição e pela oferta de saneamento básico a todos os

cidadãos brasileiros está prevista na constituição federal brasileira, que deixa ainda a cargo dos municípios, legislar sobre assuntos de interesse local e de organização dos serviços públicos. Por isto e por tradição, a gestão da limpeza urbana e dos resíduos sólidos gerados no país, inclusive os provenientes de serviços de saúde é de responsabilidade dos municípios (BRASIL, 2002).

Os sistemas de limpeza urbana, constituem-se essencialmente de serviços que demandam engajamento por parte das administrações municipais para que se garanta um fluxo de recursos permanente para sua realização. Isto torna o setor frágil, principalmente em épocas de mudanças de administração e renovações contratuais. Um aterro sanitário abandonado pode se transformar em um lixão em questão de dias e se houver a redução ou colapso do fluxo de recursos disponíveis para o sistema de coleta de lixo, podendo provocar sérios problemas à saúde da população de um momento para outro (BRASIL, 2002).

Com base na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000, o IBGE caracterizou a situação da limpeza urbana no Brasil, utilizando-se de informações coletadas pelos pesquisadores do IBGE, junto aos órgãos responsáveis pela execução dos serviços de limpeza urbana, na grande maioria das vezes, a própria prefeitura da cidade (88% dos municípios). O IBGE ressalta que alguns informantes podem ter sido demasiadamente otimistas, criando um quadro, onde as deficiências do sistema não aparecem, caracterizando uma situação em que a especificação das Unidades de Destino do Lixo indicou uma situação de destinação final do lixo coletado, bastante favorável.

Segundo os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, Brasil (2002), com: 47,1% em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e apenas 30,5% em lixões, mais de 69% do lixo coletado no Brasil estaria tendo sua destinação final em aterros. Todavia em muitos municípios, o resultado não é tão favorável: 63,6% utilizam lixões e 32,2%, aterros, (13,8% sanitários, 18,4% aterros controlados), sendo que 5% não informaram para onde vão seus resíduos.

Essa tendência de melhora na situação da disposição de lixo no Brasil, indicando 32,2% de disposição de forma adequada em 2000, contra 10,7% em 1989, se dá na medida em que passam a ocorrer ações como: uma maior pressão sobre os municípios a partir de uma forte atuação do ministério público, na cobrança das prefeituras com relação à assinatura dos

Termos de Ajuste de Conduta – TAC, para recuperação dos lixões, e na fiscalização do seu cumprimento, aliadas a implantação de programas populares como o da UNICEF, Lixo e Cidadania (Criança no Lixo, Nunca Mais), em todo o Território Nacional, e ainda a destinação de recursos do governo federal para o setor e apoio de alguns governos estaduais, com vistas ao saneamento básico.

Entretanto mesmo com todas estas iniciativas, ainda não se atingiu a qualidade desejada de destinação final do lixo urbano no Brasil; pois estes locais geralmente estão na periferia das cidades, não despertando interesse da população formadora de opinião, tornando-se assim pouco prioritários na aplicação de recursos por parte da administração municipal.

Porém, como o serviço de limpeza urbana, coleta e disposição final dos resíduos são de responsabilidade das administrações municipais, é necessário que os municípios tenham programas adequados de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos. A disposição desses resíduos não pode ser feita de qualquer modo, pois a natureza dos compostos e subprodutos do lixo (industrial ou doméstico) pode afetar as condições de qualidade do meio ambiente, assim os municípios devem adotar diretrizes que visem a preservação do meio ambiente. E para que esses programas alcancem o objetivo desejado o trabalho de preparação deve partir de um bom planejamento e gerenciamento envolvendo toda sociedade e abarcando as relações entre questões ambientais, urbanísticas, tecnológicas, políticas, sociais e econômicas.

Diante deste quadro fica evidente a necessidade de se conhecer as condições do meio físico, os riscos e as metodologias de operação e disposição mais adequadas antes da implantação de qualquer tipo tratamento e do aterro para a disposição dos resíduos sólidos.

Os resíduos urbanos, geralmente têm sido dispostos sem levar em consideração as características do meio natural e nem as atividades sócio-econômicas das proximidades das áreas destinadas a este fim. Surgem daí, impactos provocados pelos resíduos sólidos urbanos que podem estender-se à população geral, por meio da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e ainda, pelo aparecimento de focos de doenças, mau cheiro entre outros (BASILIO, 2001).



As autoridades responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos devem considerar também, as concentrações e a toxicidade dos resíduos, pois a disposição pontual desses resíduos pode gerar uma degradação ambiental tal, que leve ao comprometimento do uso adequado dos ecossistemas envolvidos (BROLLO, 2001).

A partir da constatação destes problemas, objetivando orientar a seleção de locais geotecnicaamente adequados para a disposição de resíduos, Zuquette et. al. (1994), desenvolveram uma metodologia adequada à análise e escolha das áreas potencialmente favoráveis para este fim, indicando entre outros aspectos, os atributos a serem analisados em função do tipo de disposição: aterro sanitário, tanque séptico, lagoa ou fossa séptica; bem como a seqüência de obtenção destes atributos.

Em diversos países, dentre eles o Brasil, que contam com a disponibilidade de grandes espaços, o aterro sanitário vem sendo a forma de disposição de resíduos sólidos mais usada. Pois comparado a outras formas de disposição conhecidas, apresenta-se como uma alternativa relativamente econômica, de tecnologia amplamente conhecida e eficiente quanto a proteção dos recursos naturais (NASCIMENTO, 2001).

Para atingir o objetivo, o aterro sanitário de ser utilizado, como parte de uma gestão de resíduos sólidos que esteja inserida no contexto ambiental, e que passe pelas etapas de definição de uma política que integre os diversos setores envolvidos (saúde, educação, industrialização, transporte, etc.), levando a execução de uma política ambiental para a gestão dos resíduos que possibilite a redução dos impactos ambientais causados ao meio físico e conseqüentemente a redução dos riscos à saúde pública (BROLLO, 2001).

Durante o procedimento técnico-científico para a instalação de aterros sanitários é de fundamental importância usar como uma das ferramentas, a seleção de áreas adequadas para a disposição de resíduos sólidos, que muito contribui, para melhorar a gestão de resíduos sólidos (BROLLO, 2001).

## **2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA**

---

### **2.1. Objetivo**

O objetivo deste trabalho é aplicar uma metodologia voltada ao aproveitamento de dados de mapeamentos geotécnicos, anteriormente executados para a área de estudo com o propósito de produzir um conjunto de cartogramas, que combinados entre si, permitam a produção de uma carta orientativa, específica para a seleção de áreas adequadas a implantação de aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos, na escala 1/50.000. O trabalho foi desenvolvido para o município de Descalvado, Estado de São Paulo, e tem como propósito, auxiliar a decisão da escolha de áreas adequadas para a disposição de resíduos sólidos domésticos, bem como ordenar o conhecimento das zonas onde há a possibilidade de maiores impactos ambientais, analisando geotecnicamente os atributos, que são utilizados na classificação de uma determinada região para enquadrá-la como adequada ou não para a finalidade pretendida. Assim o processo de seleção de áreas para instalação de aterros sanitários deve envolver desde aspectos ambientais e construtivos até aspectos sociais, políticos e econômicos.

### **2.2. Justificativa**

O trabalho a ser desenvolvido, justifica-se face ao evidente aumento dos problemas ambientais, decorrentes de intervenções humanas que tem causas e efeitos diversos e suas soluções, geralmente, exigem a participação de distintas áreas do conhecimento. Por isto, na gestão ambiental, há a necessidade de buscar uma atuação no contexto interdisciplinar, integrando o acervo tecnológico dos campos diversos de conhecimento, que variando de acordo com cada caso, podem contribuir para a solução eficaz dos problemas ambientais (BITAR; ORTEGA, 1999).

No contexto da gestão ambiental, é preponderante a caracterização dos processos do meio físico, atuantes no ambiente considerado, bem como na previsão das alterações que estes processos estão sujeitos em face da instalação de obras civis, ou outra forma de uso do solo atividades estas que em geral desencadeiam a geração de resíduos (BITAR; ORTEGA, 1999).

Atualmente com o crescimento das cidades e de suas populações, ocorre o desenvolvimento econômico simultaneamente com o avanço da ciência e tecnologia surgindo

novas substâncias e, com elas são criados, diferentes tipos de resíduos extremamente nocivos ao ambiente natural. Conforme Brollo (2001), para o estabelecimento de um adequado ciclo, produção-disposição final, para os resíduos sólidos gerados nos centros urbanos, é necessário um crescente envolvimento dos diferentes setores da sociedade, com o engajamento, tanto técnico quanto político, buscando consolidar a compatibilidade de sua utilização com as demais políticas específicas para cada região.

A delimitação de áreas para a disposição de resíduos sólidos é de fundamental importância para orientar a correta disposição dos RSU e ainda auxiliar a implantação de uma gestão de resíduos sólidos urbanos, inserida no contexto da gestão ambiental, com uma política para o setor, integrada entre os diversos setores da sociedade (saúde, educação, indústrias, transportes, etc), de forma a direcionar para a definição de uma política ambiental apoiada em instrumentos de gestão integrada de resíduos, que minimizem os impactos ambientais e os riscos a saúde pública (BROLLO, 2001).

### **2.2.1 Disposição atual de resíduos no Município de Descalvado**

No Município de Descalvado, a disposição de resíduos sólidos é feita em “LIXÃO”, dito parcialmente controlado. Porém, não há um controle eficiente para evitar a contaminação, havendo a necessidade da implantação de um sistema de drenagem para coleta de água pluvial e para coleta e tratamento do chorume, de forma a evitar a contaminação do solo, e promover a diminuição de gases poluentes e combustíveis, produzidos pela decomposição do lixo.

A escolha do local de disposição dos resíduos, seguiu apenas o critério da negociação do uso da área, sem nenhuma intervenção técnica que permita a previsão da vida útil do aterro, possíveis danos a saúde, possível redução do resíduo na fonte (coleta seletiva) e demais ações que além de adequar a relação disposição-ambiente, com meio físico, aumentaria a vida útil da área utilizada para a disposição destes resíduos.

O local não apresenta infra-estrutura adequada, permitindo o acesso de catadores que colocam em risco a própria saúde, fazendo desta prática um meio de ganho econômico para a sua subsistência. Assim a situação “LIXÃO” de Descalvado reflete o lugar comum de vários municípios com relação à disposição de resíduos que se passa pela pouca ou nenhuma preocupação com o ambiente, como fica claro observando-se as figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4.



Figura 2.1 Lixo depositado a céu aberto, sem recobrimento por longo período.  
Fonte: Autor



Figura 2.2 Solo inadequado para a disposição de resíduo, com feições erosivas ao longo do talude.  
Fonte: Autor.





Figura2.3 Prática comum do uso de uma erosão natural para deposição de lixo.  
Fonte: Autor



Figura2.4 Ao fundo outro talude com feições erosivas mais a presença de catadores.  
Fonte: Autor.

### 3.1. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Os problemas ambientais, decorrentes de intervenções humanas têm causas e efeitos diversos e suas soluções, geralmente, exigem a participação de distintas áreas do conhecimento. Por isto, na gestão ambiental, a Geologia de Engenharia tende a atuar no contexto interdisciplinar, integrando seu acervo tecnológico ao de outros campos diversos de conhecimento, que variando de acordo com cada caso, podem contribuir para a solução eficaz dos problemas ambientais.(BITAR; ORTEGA, 1999).

Os conhecimentos geológicos devem considerar o meio físico (rochas, material inconsolidado, águas, relevo) e as suas relações com as formas de ocupação e as suas condições socioeconômicas. O uso dos conhecimentos geológicos para buscar a solução dos problemas ambientais decorrentes dos processos de ocupação vem sendo discutido por diversos pesquisadores, conforme descrito em trabalhos de Kingsley; Smith; Ami; citados por (ZUQUETTE, 1993).

Para Cendrero, citado por Zuquette (1993), aumenta diariamente a quantidade de pessoas no planeta, e a demanda por recursos naturais, assim, neste cenário o conhecimento das informações geológicas é fundamental para definir a orientação da ocupação e de uma exploração equilibrada do meio ambiente.

Neste contexto, utilizando-se das informações geológicas, a Geologia de Engenharia, tem por objetivo a eliminação de riscos de degradação e/ou destruição do meio ambiente considerando, o adensamento populacional, instabilidade das formas de relevo e percolação da água. Preocupando-se, portanto, com a solução de problemas relacionados à implantação das formas de ocupação, as quais na maioria das vezes interferem nas condições ambientais em nível além do aceitável. O controle desses fatores, através do mapeamento geotécnico, subsidia as ações de planejamento da ocupação e estabelecem critérios que possibilitam promover a harmonia entre as várias formas de ocupação e o ambiente natural.

Como instrumento de apoio ao mapeamento geotécnico, são elaboradas cartas geotécnicas, que fundamentam-se na identificação e caracterização detalhada de problemas de natureza geológico-geotécnica efetivamente registrados numa área. Tais problemas podem

estar associados às características físicas que dificultam o uso urbano, à elevada suscetibilidade a determinados processos geológicos como erosão, escorregamento, movimento de massa, etc.

Segundo Zuquette (1993), desde o século retrasado, discute-se a importância da utilização das informações do meio físico e paralelo a esta questão sempre esteve presente a discussão relativa a qual seria o melhor “artifício” que representaria as suas variações em termos de componentes e em espaço tridimensional.

Peter, citado por Zuquette (1993), aponta que esta questão começou a ser solucionada em 1913, quando Langen apresentou documentos cartográficos em uma feira da construção de Leipzig (Alemanha), que orientaram as construções nas cidades de Erfurt, Danzig e noutras. Daí por diante esta forma de apresentação de documentos cartográficos foi sendo aperfeiçoada com o acréscimo de novas informações, análises diferenciadas e detalhes em função das escalas e recebeu diversas denominações tais como: Engineering Geological Mapping (em países de língua inglesa), Cartes Geotechniques (na França), Carte de Geologia Tecnica (na Itália), Iuzenyrsco Geologicka Mapa (na Tchecoslováquia), Ingenieurgeologische Karte (na Alemanha) Environmental Geological Maps Soil and Subsoil Maps (U.S.A., Canadá, África do Sul).

.No Brasil, os trabalhos executados sofrem grande influencia de duas correntes de trabalho, a de língua francesa (cartographie geotechnique) e a dos países de língua inglesa (Engineering Geological Mapping), conhecidas hoje como, Cartografia Geotécnica e Mapeamento Geotécnico, respectivamente (ZUQUETTE, 1993).

Atualmente, as definições para os termos inerentes à Cartografia Geotécnica e ao Mapeamento Geotécnico, podem ser encontradas em vários autores:

O Instituto Geológico y Minero, Espanha (1987), define Cartografia Geotécnica como sendo um instrumento que visa administrar a informação requerida para decidir a expansão de uma cidade problemática, incluindo vários aspectos relacionados com o meio físico (propriedades mecânicas dos solos e rochas, morfologia e condições hidrológicas) e também os fenômenos que mesmo em caráter eventual sejam importantes e determinantes para atuações urbanísticas ou de planejamento regional, como são os riscos geológicos.

Coutinho citado por Castro (1998), define Cartografia Geotécnica, como sendo um dos instrumentos para o planejamento e direcionamento da ação humana sobre o meio ambiente que utiliza uma representação gráfica da descrição, potencialidade e limitação do meio físico, em face de determinados tipos de intervenções e obras concernentes a urbanização.

Collares (1994), ressalta a importância do Mapeamento Geotécnico como ferramenta ao planejamento da ocupação que tem por objetivo promover a harmonia entre as diversas formas de ocupação e o ambiente natural e prevenindo os riscos naturais induzidos.

Dias (1996), enfatizam a visão multidisciplinar do Mapeamento Geotécnico na busca da melhor proposta na recuperação física e ambiental. A ação conjunta entre técnicos e comunidades visando a recuperação do meio ambiente induz ao uso racional do espaço físico, com melhoria da qualidade de vida do homem e da sociedade.

A International Association of Engineering Geology, I.A.E.G.(1976), define mapa geotécnico como sendo um mapa geológico que agrupa todos os componentes do ambiente geológico-geotecnico visando o planejamento do uso e ocupação do solo, projeto, construção manutenção de obras civis e engenharia de minas.

Fernandes; Avilla; Jacinto (1987), definem carta geotécnica como a representação gráfica das potencialidades e limitações que traduz um certo número de informações geológicas e geotécnicas que são representadas através da delimitação de zonas ou unidades, com as mesmas características face a intervenção prevista. O tipo de informação apresentada é consequência dos objetivos da elaboração da carta variando, portanto a metodologia de execução das mesmas.

Para Zuquette (1993), é importante ter claro a diferença entre Mapa Geotécnico, Planta Geotécnica e Carta Geotécnica, com as seguintes definições:

- Mapa Geotécnico, é uma representação dos atributos do meio físico, sem a realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1:10.000.
- Planta Geotécnica, é a representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1/5.000, com objetivo de atender a execução de obras locais e específicas.



- Carta Geotécnica, constitui a representação geográfica que resulta da análise e interpretação dos dados contidos nos mapas geotécnicos. São elaboradas para uma condição pré-definida e devem, sempre refletir o resultado de uma análise das características básicas do meio físico. Podemos citar, cartas de zoneamento geotécnico, de erodibilidade, de disposição de rejeitos sépticos, de escavabilidade, de obras enterradas, de vulnerabilidade de aquíferos, de estabilidade de talude, de irrigação, de materiais de construção e outras.

### **3.1.1. Metodologias de mapeamento geotécnico**

De acordo com Zuquette (1993), as primeiras atividades envolvendo mapeamento geotécnico voltados ao planejamento do uso e ocupação do meio físico foram publicadas em 1913 em Leippzig, Alemanha, caracterizadas por um conjunto de documentos cartográficos elaborados por Langen.

Ainda segundo o mesmo autor, no período de 1940 a 1960 ocorreu a fase mais criativa do mapeamento geotécnico em função da necessidade de reconstrução de algumas cidades no período pós-guerra. No período compreendido entre meados de 1960 e o próximo a 1980, ocorreu a fase mais produtiva com um significativo aumento na quantidade de trabalhos apresentados.

Em diversos países, França, Inglaterra, Ex-Tchecoslovaquia, Ex-URSS, Ex- Republica Democrática Alemã, Polônia, Hungria e outros, os pesquisadores foram desenvolvendo metodologias voltadas às particularidades de cada país e de acordo com o estágio de conhecimento do tema.

No Brasil, segundo Castro (1998), os primeiros trabalhos sobre mapeamento geotécnico, foram publicados na década de 60 por, Harberlehner, que discutiu os princípios do mapeamento geotécnico, Heine que realizou o levantamento geotécnico do Rio de Janeiro na escala 1/5.000, enfatizando os problemas relacionados a escorregamentos, Grehs, que realizou o mapeamento de Santa Cruz do Sul (RS) na escala 1/50.000, também com ênfase nos problemas relacionados a escorregamentos.

Ainda segundo a mesma autora, a partir de 1970, destacaram-se inúmeros trabalhos, que tiveram início com Coulon, que realizou o mapeamento geológico de Morretes e

Montenegro(RS); em seguida a este, muitos outros mapeamentos geotécnicos continuaram sendo realizados. Entretanto, o desenvolvimento mais significativo dos trabalhos de mapeamento geotécnico ocorrem no Brasil a partir de 1980, quando começaram a ser realizados trabalhos acadêmicos embasados cientificamente e não mais empiricamente, destacando-se a obra de Zuquette (1981), denominada “Mapeamento Geotécnico Preliminar da Região de São Carlos”.

Neste período no Brasil, após os trabalhos pioneiros de 1966, ocorre a formação de vários grupos técnico-científicos de trabalho, que buscam aprimorar aplicação da técnica de mapeamento geotécnico, dentre eles, alguns desenvolvendo metodologias próprias de mapeamento geotécnico, dos quais podem ser citados, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT; Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro IG – UFRJ, Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo EESC-USP e o Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE – UNESP - RC, Instituto Geológico de São Paulo – IG, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, CPRM – Serviço Geológico do BRASIL.

Com o avanço que se deu na técnica de mapeamento geotécnico, notadamente após o ano de 1980, vem aumentando cada vez mais o número de trabalhos que tem contribuído substancialmente para o desenvolvimento das metodologias nacionais, em face da larga elaboração de trabalhos científicos por parte dos institutos, algumas iniciativas governamentais e trabalhos realizados através de convênios entre universidades e órgãos de fomento a pesquisa. Dentre os quais, podemos destacar os trabalhos de pesquisa que vem sendo realizados pelo Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico - GPMF, da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

Neste grupo de pesquisa, vários trabalhos foram publicados: Feres (1998), pesquisou a Ocupação dos Fundos de Vale de uma Bacia Hidrográfica Urbana Rio Branco (AC); Castro (1998), pesquisou o Potencial a Erosão Acelerada das Áreas Urbana e de Expansão de Descalvado (SP); Torezan (2000), pesquisou a Análise Ambiental da Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP) com Ênfase nas atividades de Exploração Mineral de Areia; Mendes (2001), pesquisou o Mapeamento Geotécnico da Área Central Urbana de São José do Rio Preto (SP) na Escala 1/10.000 como Subsídio ao Planejamento Urbano; Galiano (2001), pesquisou o

Mapeamento Geotécnico da Quadricula de Pirassununga na Escala 1/50.000, como subsidio ao Desenvolvimento Regional; além de vários artigos já publicados em revistas e congressos nacionais e internacionais.

Cabe destacar que neste capítulo com relação ao tema Mapeamento Geotécnico foi feita uma abordagem sucinta do assunto, destacando apenas os tópicos relevantes e necessários a um entendimento mínimo do assunto, pois para trabalhos em que há a necessidade de um aprofundamento deste tema, há vários trabalhos publicados em que é feita uma abordagem detalhada, dentre os quais alguns podem ser citados: Zuquette, (1987). Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. São Carlos, EESC – USP; Zuquette, (1993) “Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos para elaboração”; EESC – USP; Castro, (1998), Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do Município de Descalvado (SP), escala 1:10.000, UFSCar; Feres, (1998) Caracterização geotécnica de uma bacia hidrográfica urbana (RIO BRANCO-AC) com ênfase nos processos de ocupação dos fundos de vale., UFSCar; Guerra, (1998), Cartografia geológico-geotécnica de áreas costeiras: O exemplo de Suape - PE, Rio Claro, UNESP; Basilio, (2001), Procedimentos para seleção de áreas para aterros sanitários a partir de cartas geotécnicas: aplicação na Folha de Campinas (SP), - UNESP- RIO CLARO.

## **3.2 Resíduos Sólidos**

### **3.2.1 Introdução**

Com o constante aumento do contingente populacional dos centros urbanos e a conseqüente diversificação das formas de ocupação, para atender as necessidades da sociedade moderna cada vez mais há a utilização de recursos tecnológicos no processo fabril, que demandam o uso em quantidades cada vez maiores de recursos naturais, o que além de aos poucos dilapidar estes recursos, ainda devolve ao meio físico os resíduos sólidos gerados inerentes a este processo (BASILIO, 2001).

A disposição final dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos demanda cada vez mais o envolvimento de diversos setores da sociedade para que se estabeleça de forma adequada, técnica e politicamente, o ciclo produção-disposição final. Com relação aos

resíduos sólidos domésticos, verifica-se que nos países desenvolvidos a tendência é de reduzir cada vez mais a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários, através da adoção de técnicas como: minimização e reaproveitamento na fonte, coleta seletiva e reciclagem, compostagem, incineração, e disposição dos resíduos últimos em aterros sanitários (BROLLO, 2001).

No Brasil, ainda há a necessidade da implantação de ações com uma abordagem sistêmica quanto aos resíduos sólidos, pois a situação da disposição de resíduos sólidos ainda é bastante crítica, com a existência de “lixões” disseminados na maioria das regiões do país e em municípios de todos os portes. Em geral implantados em locais inadequados caracterizando-se como um enorme potencial de degradação e contaminação ambiental (BROLLO, 2001).

No estado de São Paulo alguns órgãos como Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Ministério de Público, têm tomado algumas medidas, entre elas, foi feito o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos, que permitiu diagnosticar todos os municípios que estariam apresentando irregularidades na destinação final de resíduos sólidos, e com isso foi instituída a figura do TAC – Termo de Ajustamento de Conduta São Paulo (1999), que impõe às administrações municipais, procedimentos para a regularização das formas de disposição de resíduos sólidos segundo normas que atendam e possibilitem adequação técnica e ambiental das instalações para que estas obtenham o licenciamento ambiental. Essas medidas são muito benéficas ao ambiente, porém persiste ainda o problema ambiental previamente instalado levando a degradação e contaminação das áreas pelo uso inadequado (BROLLO, 2001).

### **3.2.2 Definições**

De acordo com a norma NBR 10.004/87 da Associação Brasileira de Normas Técnicas os resíduos sólidos são definidos como sendo "aqueles que se encontram no estado sólido e semi-sólido, resultantes das atividades da comunidade de origem: industrial doméstica, hospitalar, comercial, agrícola de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável

o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d' água ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível" (ABNT, 1987).

Para Katoka (2000), “conceitualmente os resíduos são definidos como sendo constituídos de materiais das mais diferentes origens e processos, que são descartados após serem utilizados pelo homem nos diversos processos de consumo”. De acordo com Tchobanoglous, Theisen, Vigil citados por Basilio (2001), os rejeitos são materiais em estado natural, que não serviram ao manufaturamento, portanto não tem valor para o homem, sendo descartados antes da sua utilização e o processo de geração de resíduos tem seu início na extração da matéria prima e continua com a manufatura e consumo dos produtos gerados (**Figura 3.1**).

No modelo de consumo descrito acima, conseqüentemente se faz necessário a disposição dos resíduos gerados. Segundo Cunha; Consoni (1995), a disposição de resíduos faz parte de um contexto mais amplo denominado “gerenciamento de resíduos sólidos” onde se busca mitigar os problemas ambientais relacionados à disposição de resíduos (**Figura 3.2**).



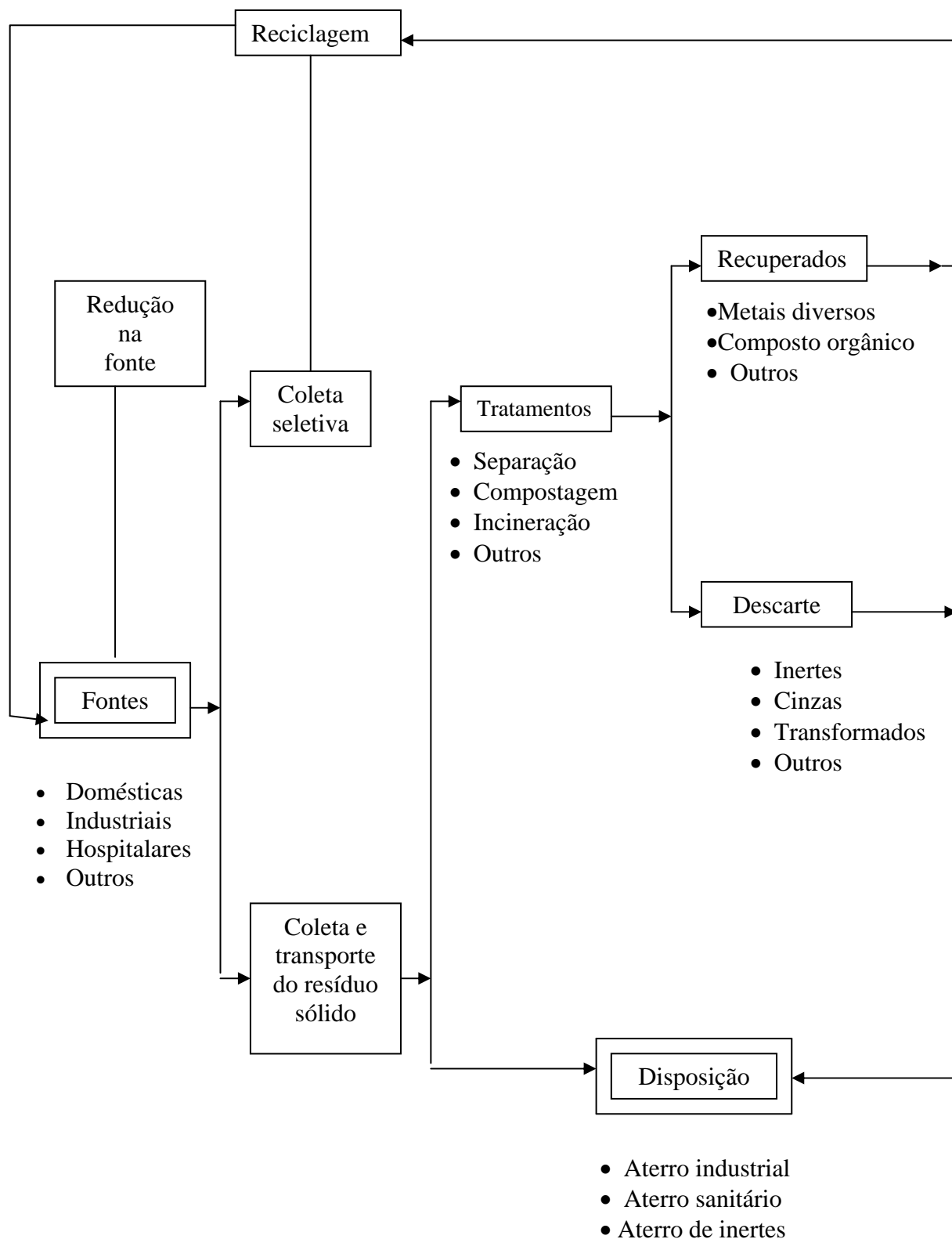


FIGURA 3.2. - Fluxo do resíduo sólido  
 Fonte: CUNHA; CONSONI (1995).

Contaminante é qualquer substância de natureza radioativa, física, química ou biológica incorporada à água, ao solo, a rocha ou ao ar de maneira não natural em concentrações acima dos índices normalmente encontrados na natureza (KATOKA, 2000).

Para Zuquette (1993) contaminação é qualquer alteração causada nos componentes do meio por atividades antrópicas, que podem provocar problemas indiretos ou diretos aos seres vivos no decorrer de períodos longos de tempo.

Segundo a norma ABNT-NBR 10.703/89, “contaminação é toda introdução no meio ambiente (ar, água, ou solo) ou em alimentos, de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas, em concentrações nocivas ao ser humano, ou outros elementos que possam afetar a saúde, e é tida como um caso particular de poluição”.

Para Zuquette (1993) poluição é um conjunto de alterações que provocam mudanças no meio e que o tornam impróprio para o desenvolvimento das atividades naturais normais ou antrópicas correntes.

Segundo a Norma ABNT-NBR 10.703/89, “poluição é a degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde a segurança, o bem estar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas; ou afetem desfavoravelmente a biota, as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”. Estas matérias ou energias podem causar modificações prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. Vários órgãos de controle ambiental e de saúde pública têm padronizado para estas matérias ou energias reconhecidamente prejudiciais ao homem para a garantia de sua qualidade de vida e preservação do meio ambiente (KATAOKA, 2000).

### **3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS**

Decorrentes do modo de vida consumista da sociedade moderna são geradas enormes quantidades de resíduos sólidos, e com relação a sua disposição final, a classificação destes resíduos é um dos principais aspectos a serem abordados quando da escolha de locais para a disposição final de resíduos gerados pelas atividades humanas. Conforme suas peculiaridades, os países têm adotado classificações particulares em conformidade com a natureza do resíduo



gerado, ficando as diferentes propostas de destinação final condicionadas à classificação adotada (KATAOKA, 2000).

As classificações adotadas para estes resíduos tem sido feitas quanto a sua fonte ou origem e quanto ao seu grau de periculosidade baseado em determinados padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

### **3.3.1 Classificação US EPA**

A US. *Environment Protection Agency* - EPA, por meio da *Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA) citado por Kataoka (2000), estabelece que um resíduo será perigoso se ele possuir certas características (inflamabilidade, corrosividade, reatividade ou toxicidade) ou constar de listas específicas - listagens de resíduos, conforme apresentadas pela EPA – 40 *Code of Federal Regulations* CFR, Part 261(1991) baseado em análises de componentes perigosos presentes no resíduo.

Testa citado por Kataoka (2000), baseado nas leis regulamentadoras americanas define resíduo perigoso como qualquer resíduo ou combinação de resíduos que representem risco potencial à saúde humana ou organismos vivos por não serem degradáveis ou serem persistentes na natureza, ser biocumulativo através da cadeia alimentar, ser letal ou causar efeitos danosos. Estes resíduos apresentam características de inflamabilidade, corrosividade e toxicidade nas mesmas condições adotadas pela Norma ABNT – NBR 10.004 (1987).

Para efeito da RCRA o termo tóxico refere-se à substâncias que causam morte ou prejuízos a seres humanos e animais. Toxicidade é um dos critérios necessários para a classificação de materiais perigosos (resíduos). O procedimento para o teste de toxicidade é o mesmo da Norma ABNT-NBR 10.005 (1987) que determina o teste para a lixiviação de uma amostra representativa do resíduo usando água destilada com pH 5 com ácido acético. O extrato lixiviado é analisado para 8 metais: arsênico, bário, cádmio cromo, chumbo, mercúrio selênio e prata. Adicionalmente o extrato é analisado para 4 herbicidas e 2 pesticidas. Assim se o nível de concentração no extrato for igual ou exceder aos níveis limites especificados, o resíduo é classificado como tóxico ou perigoso.

### **3.3.2. Classificação Brasileira**

No Brasil, a classificação definida pela Norma ABNT-NBR 10004 (1987) segue os critérios desenvolvidos pela EPA americana para de classificação dos resíduos com algumas adaptações classificado-os conforme sua periculosidade.

Na norma ABNT – 10.004, os resíduos são agrupados em três categorias: Resíduos Classe I – Perigosos, Resíduos Classe II – Não Inertes e Resíduos Classe III – Inertes.

Esta classificação baseia-se fundamentalmente na periculosidade dos resíduos, entendida como, características apresentadas por um resíduo que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas podem apresentar riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente.

#### **Resíduos Classe I – Perigosos**

São classificados como resíduos classe I ou perigosos, os resíduos ou misturas de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco a saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada Rocca et. al. (1993) baseado na Norma ABNT-NBR 10.004 (1987) “Resíduos Sólidos: Classificação”, Tabela3.1.

Tabela 3.1 - Definições das propriedades características de um resíduo perigoso.

CARACTERÍSTICA	CÓDIGO IDENTIF.	PROPRIEDADES
INFLAMABILIDADE	D001	Se uma amostra representativa do resíduo, obtida conforme a NBR 10.007 apresentar uma das seguintes propriedades: ser líquido e ter ponto de fulgor inferior a 60 <sup>0</sup> C, determinado conforme ASTM D93, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume; não ser líquida e ser capaz de , sob condições de temperatura e pressão de 25 <sup>0</sup> C e 0,1 Mpa (1atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo; ser um oxidante definido como substancia que pode liberar oxigênio e, como resultado estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material.
CORROSIVIDADE	D002	Se uma amostra representativa do resíduo, obtida conforme a NBR 10.007 apresentar uma das seguintes propriedades: ser aquoso e apresentar pH inferior a 2, ou igual ou superiora 12,5, e ser líquido e corroer o aço SAE1020 a uma razão maior 6,35mm ao ano, a uma temperatura de 55 <sup>0</sup> C, de acordo com o método NACE ( <i>National Association Corrosion Engineers</i> ) TM-01-69 ou equivalente.
REATIVIDADE	D003	Se uma amostra representativa do resíduo, obtida conforme a NBR 10.007 apresentar uma das seguintes propriedades: ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar; reagir violentamente com água; formar misturas potencialmente explosivas com água; gerar gases vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde ou ao meio ambiente, quando misturados com água; possuir em sua constituição ânions, cianeto ou sulfeto, que possa por reação liberar gases, vapores ou fumos tóxicos em quantidades suficientes para pôr em risco a saúde humana ou o meio ambiente; ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou da temperatura em ambientes confinados; ser capaz de produzir prontamente reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25 <sup>0</sup> C e 0,1Mpa (1atm); ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou de efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo para este fim.

Fonte: NBR 10.004 Resíduos Sólidos: Classificação.

Tabela 3.1 - Definições das propriedades características de um resíduo perigoso. (continuação).

TOXICIDADE		<p>Se uma amostra representativa do resíduo, obtida conforme a NBR 10.007 apresentar uma das seguintes propriedades: possuir, quando testada, uma DL<sub>50</sub> oral para ratos menor que 50mg/kg ou CL<sub>50</sub> inalação para ratos menor que 2mg/L ou uma DL<sub>50</sub> dérmica para coelhos menor que 200mg/kg; quando o extrato obtido de uma nova amostra contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes da listagem nº 7. Neste caso resíduo será caracterizado como tóxico TL ( com códigos de identificação D005 a D029); possuir uma ou mais substancias constantes da listagem nº 4 e apresentar periculosidade levando-se em consideração alguns fatores (natureza da toxidez do resíduo; concentração do constituinte no resíduo, potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação tem de migrar do resíduo para o meio ambiente; sob condições impróprias de manuseio; persistência do constituinte ou de qualquer produto tóxico de sua degradação; potencial que o produto tóxico de sua degradação tem de se degradar em constituintes não perigosos considerando a velocidade em que ocorre a degradação; extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação é capaz de bioacumulação nos ecossistemas) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias da listagem nº 5 (com código de identificação P001 a P123); resíduos de derramamento ou produtos fora de especificação de quaisquer substâncias constantes nas listagens nº 5 e 6 (com código de identificação P001 a P123 ou U001 a U246).</p>
PATOGENICIDADE	D004	<p>Se uma amostra representativa do resíduo, obtida conforme a NBR 10.007 apresentar uma das seguintes propriedades: caso o resíduo contenha microorganismos ou se as toxinas forem capazes de produzir doenças. Não se incluem nesta classificação os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos.</p>

Fonte: NBR 10.004 Resíduos Sólidos: Classificação.

## Resíduos Classe II – Não Inertes

São classificados como Classe II ou Resíduos não Inertes, os resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I – Perigosos ou na Classe III – Inertes podendo ter propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água (ROCCA; IACOVONE; BARROTTI, 1993).

## Resíduos Classe III – Inertes

Ainda segundo os autores na obra citada., são classificados como Classe III ou resíduos inertes, os resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos que submetidos ao teste de solubilização conforme Norma ABNT – NBR 10.006 (1987), não tenham constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões definidos pela Norma ABNT – NBR 10.004 (1987).

### **3.3.3. OUTRAS CLASSIFICAÇÕES**

A classificação brasileira dos resíduos sólidos exige muita atenção na interpretação de seus termos, assim buscando simplificar esta classificação alguns autores vem propondo novas classificações para os resíduos.

Schalch et. al (1990), com base na NBR 10.004 (1987), estabeleceu a seguinte classificação para os resíduos:

- a) Segundo sua origem: residencial, comercial, industrial, hospitalar (resíduos de serviço da saúde), especial e de feiras, varrições e outros.
- b) Do ponto de vista sanitário: orgânicos (material putrescível ou fermentável).e inertes (material não putrescível).
- c) Do ponto de vista econômico: resíduos aproveitáveis, resíduos para produção de compostos (resíduos orgânicos em geral), materiais recuperáveis e resíduos não aproveitáveis (resíduos inorgânicos em geral).
- d) Do ponto de vista da degradabilidade: facilmente degradável (matéria orgânica) moderadamente degradável (papel, papelão e outros celulósicos),

difícilmente degradável (tecido, couro, borracha e madeira) e não degradável (vidro metal, plástico e pedras).

Zuquette; Gandolfi (1991) propõem uma classificação para os resíduos normalmente produzidos nos centros urbanos de médio porte (20.000 habitantes), em dois grandes grupos: Contaminantes Comuns e Contaminantes Perigosos baseada, principalmente no potencial apresentado pelos resíduos à contaminação e poluição do meio físico quando dispostos de maneira inadequada.

#### Contaminantes Comuns

São resíduos que em função de suas características físicas, químicas e de solubilidade não apresentam riscos a saúde pública e ao meio ambiente (Classe II e III da NBR 10.004/87 da ABNT).

#### Contaminantes Perigosos

São divididos em duas subclasses: Contaminantes Pouco Perigosos – Baixa Periculosidade e Contaminantes Altamente Perigosos.

- 1) Contaminantes Pouco Perigosos: são produzidos em quantidades variáveis em quase todas as regiões do País, nos centros urbanos e também na zona rural, podendo ser divididos em quatro subgrupos:
  - a. Resíduos com baixo nível de radioatividade: são os nucleídeos e ou materiais que apresentam até  $370 \text{ Mbq/m}^3$  e meia vida considerada curta.
  - b. Pesticidas e similares: são os pesticidas comumente utilizados no meio urbano ou rural tais como :  $\alpha$  endosulfan,  $\beta$  endosulfan, endosulfan sulfato, B.H.C. ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ), aldrin, dieldrin, D.D.D., D.D.T., endrin, endrin aldehyde, chordane, heptachlor, toxaphane, organofosforados e outros.
  - c. Resíduos com Íons Pesados: são materiais que apresentam em parte ou na totalidade, íons compostos dos seguintes elementos: Cd, Zn, Hg, Pb, Fe, Ni, Cu, Cr, arseniatos e boratos, Se, Sb, As e Ti.

- d. Resíduos Tóxicos: são os que contiverem os seguintes materiais: óleos, cianetos, benzenos, fenóis, álcalis, ácidos, combustíveis, restos hospitalares, plásticos e outros
2. Contaminantes Altamente Perigosos: são resíduos radioativos usados em reatores e que apresentam mais que  $370 \text{ Mbq/m}^3$ , meia vida de longa e geração de temperatura pela radiação.

### **3.4. Composição dos resíduos sólidos urbanos**

A composição dos resíduos sólidos urbanos gerados é um parâmetro dinâmico que varia no tempo e no espaço. Dentre os inúmeros fatores que condicionam a qualidade e a quantidade de resíduos gerados em um município, destacam-se: condições climáticas, costumes sociais, renda per capita, densidade populacional, grau de urbanização e industrialização e políticas econômicas (NASCIMENTO, 2001).

Tchobanoglous, Theisen, Vigil citados por Basilio (2001), classificam os resíduos sólidos quanto a fonte em: residenciais, comerciais, institucionais de construção e demolição, de serviços municipais, de unidades de tratamento, da indústria e da agricultura (TABELA:3.3).

Na composição dos resíduos sólidos urbanos predominam os materiais provenientes das atividades residenciais e comerciais, entrando na proporção de 50 a 75% do lixo gerado e classificado como RSU. Do total de RSU excluindo-se a fração de resíduos perigosos o lixo residencial e comercial consiste em compostos orgânicos (combustíveis) e inorgânicos (não combustíveis). A fração orgânica é composta de materiais como: restos de comida, papel, papelão, plásticos em geral, tecidos, borrachas, couro, madeira e restos de jardinagem. A fração inorgânica é composta por vidro, metais diversos (alumínio, metais ferrosos e outros) e entulhos (NASCIMENTO, 2001).

Os RSU apresentam grande diversidade composicional, apresentando também contaminantes perigosos resultantes do amplo uso de metais pesados na indústria eletrônica, maquinários e artefatos utilizados na vida cotidiana. Sua ocorrência nos resíduos está relacionada com as principais fontes como baterias (inclusive de telefones celulares), pilhas de equipamentos eletrônicos em geral, pigmentos de tintas, papel e remédios (NASCIMENTO, 2001). A disposição de pneus em aterros também pode trazer sérios

problemas o ambiente, pois são de difícil compactação e ocupam muito espaço, acabam sendo estocados em pilhas que além de deixarem o local com aspecto visual desagradável, favorecem o aparecimento de criadouros de insetos e vetores de muitas doenças causando problemas a saúde pública Tchobanoglous, Theisen, Vigil citados por (BASILIO, 2001).

Nas tabelas 3.2, 3.3 e 3.4 são apresentadas, respectivamente, as porcentagens típicas e principais características dos resíduos sólidos urbanos e a composição média (em porcentagem) dos resíduos domiciliares nas principais capitais brasileiras e em alguns países.



Tabela 3.2 - Fontes e tipos de resíduos sólidos urbanos.

<b>Fonte</b>	<b>Unidades típicas e/ou atividades onde são gerados os resíduos</b>	<b>Tipos de resíduos sólidos</b>
Residencial	Família única ou varias famílias em residências independentes e apartamentos de baixo médio e alto padrão.	Resíduos de comida, papel, papelão, plásticos, tecidos, couro, jardinagem e poda, vidros, metais, cinzas, resíduos especiais (incluindo itens volumosos, artigos eletrônicos, linha branca, baterias, óleos e pneus) e resíduos perigosos.
Comercial	Lojas, restaurantes, supermercados, escritórios, hotéis, motéis, gráficas e copiadoras, estações de serviço e oficinas em geral.	Papel, papelão, plásticos, madeira, resto de comida, vidro, metais, resíduos especiais, resíduos perigosos, etc.
Instituições	Escolas, hospitais, prisões e centros governamentais.	Papel, papelão, plásticos, madeira, resto de comida, vidro, metais, resíduos especiais, resíduos perigosos, etc.
Construção e demolição	Áreas de novas construções, reformas de estradas e edificações.	Madeira, aço, concreto e poeira.
Serviços municipais	Varição, limpeza de bocas de lobo, parques, praias e outras áreas recreacionais.	Resíduos específicos, entulhos, resíduos de varrição, podas de arvores e resíduos em geral derivados de parques praias e ares de recreação.
Unidades de tratamento e incineradores municipais	Processos de tratamento de água, efluentes e resíduos industriais.	Resíduos de plantas de tratamento, compostos principalmente por lodo.
Resíduos sólidos urbanos	.Incluem todos os resíduos gerados em uma comunidade, com exceção dos resíduos industriais.	Todos os acima descritos.
Industria	Construção, fabricação, industrias leves e pesadas, refinarias industrias químicas unidades geradoras de energia, demolições, etc	Resíduos de processos industriais e sucatas. Resíduos não industriais: restos de alimentos, entulhos, cinzas, material de demolição de construções, resíduos especiais e resíduos perigosos.
Agricultura	Pomares, videiras, usinas de leite confinamentos, propriedades agrícolas em geral.	Resíduos der alimentos putrefatos, resíduos de agricultura, entulhos e resíduos perigosos.

Fonte: adaptada de Tchobanoglous, Theisen, Vigil citados por Basilio (2001).

Tabela 3.3 – Composição porcentual média do lixo domiciliar em alguns municípios brasileiros.

Resíduos	MUNICIPIOS							
	São Paulo	Rio de Janeiro	Salvador	Fortaleza	Recife	Porto Alegre	Distrito Federal	Belo Horizonte
Vidro	1	2	4	3	1	2	3	2
Metal	3	3	4	7	2	3	3	3
Plástico	12	13	11	8	4	3	2	2
Papel	14	27	19	23	1	25	26	17
Outros	70	55	62	59	94	68	65	76

Fonte: Modificado de São Paulo (1995).

TABELA3.4 - Composição de RSU (%) para diferentes cidades.

Componente	Cidade / Pais									
	Bangkok	Pekin	Nairobi	Honk Kong	New York	Istanbul	Atenas	Cochabamba	Brasil	
	(Tailândia)	(China)	(Kenia)		(USA)	(Turquia)	(Grecia)	(Bolivia)	Sao Paulo	Recife
<b>Metal</b>	1	1	3	3	5	2	4	1	5	2
<b>Papel</b>	25	5	12	3	22	10	19	2	14	15
<b>Plástico</b>	-	1	5	-	-	3	7	3	14	8
<b>Borracha, couro e madeira</b>	7	1	-	7	3	6	4	1	7	-
<b>Têxteis</b>	3	-	-	10	-	3	-	-	3	-
<b>Materiais orgânicos</b>	44	45	74	15	20	61	59	71	51	60
<b>Vidro</b>	1	1	4	10	6	1	2	1	1	2
<b>Outros</b>	19	46	2	52	44	34	5	21	5	13

Fonte: modificado de Manassero et. al citado por (BASILIO, 2001).

### 3.5. Resíduos sólidos e contaminação do meio ambiente

A proteção do meio ambiente, face aos impactos causados ao meio físico pela disposição de resíduos sólidos, requer a análise da migração de contaminantes, a partir dos locais onde ocorre a disposição desses resíduos, utilizando-se de técnicas e metodologias apoiadas nos preceitos da Geologia de Engenharia, dentre eles, a escolha do local de disposição e execução das investigações geológico-geotécnicas adequadas para esta atividade. Para a compreensão e avaliação da migração dos contaminantes no meio físico relacionados à disposição de resíduos, é preciso considerar os condicionantes, geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geomórfológicos.

Para citar alguns temas: zonas de alto risco sísmico; zonas de falhamentos regionais; zonas cársticas e de subsidência; estratigrafia e tipos litológicos; presença de aquíferos regionais; zonas de recarga de aquíferos regionais; posição do nível d'água e suas variações em relação a base de disposição; qualidade e utilização das águas subterrâneas; proximidade, qualidade e utilização das águas superficiais; características granulométricas, porosidade densidade e umidade; características de resistência, colapsividade e de deformabilidade; localização e características de áreas de empréstimos; áreas sujeitas a inundações, áreas com declividades elevadas; áreas suscetíveis a escorregamentos, erosões e subsidências, (Figura 3.3).



Figura 3.3 - Lixão de Porto Ferreira  
Fonte: Torezan (2000).

A disposição dos resíduos sólidos em áreas escolhidas sem qualquer estudo técnico prévio pode acarretar muito mais que uma simples "poluição visual". Os locais usados para esta finalidade são fontes potenciais de contaminação do meio físico - ar, águas e solo, constituindo-se assim em focos de problemas a saúde dos seres vivos em geral e do homem em particular, que sobre ele vive e dele depende.

A escolha do local e o conhecimento dos parâmetros físicos do meio devem ser feitos com rigor, uma vez que o lixo vai ser depositado com o objetivo de "viver" no local indefinidamente. Desta forma, o problema não afeta apenas a realidade atual, mas transfere-se também para as gerações futuras (DÖRHÖFER; SIBERT, 1998).

A inobservância das limitações do meio físico quando da sua apropriação, pode gerar custos elevados para a implantação de projetos de ocupação e/ou restauração de áreas degradadas. Assim, as condições do meio físico totalmente adversas à ocupação "planejada" podem levar ao abandono do projeto o que, entretanto, não estancará o processo de degradação por ele gerado (ZUQUETTE, 1987).

Vários relatos indicam que comumente ocorre a contaminação dos recursos hídricos e conforme Elis (1998), e a preocupação com a contaminação destes recursos vem intensificando os estudos dos processos de transporte e migração dos poluentes no meio físico, tornando-se um aspecto relevante no projeto de implantação de aterros sanitários. O conhecimento dos mecanismos de transporte e das interações solo/contaminante é essencial na escolha dos locais favoráveis a disposição de rejeitos. Os principais processos de transporte de contaminantes em meios porosos são a advecção, que consiste no deslocamento relativo de uma certa quantidade de material sob a ação de forças naturais e a dispersão hidrodinâmica, que consiste no espalhamento do material através do meio.

### **3.6. Formas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos**

Com o constante avanço tecnológico, o Homem aprimora cada vez mais as técnicas de manufaturamento o que aumenta a sua capacidade de produção e conseqüentemente provoca um crescimento vertiginoso da geração de resíduos de diversas naturezas, biodegradáveis, não-degradáveis, recalcitrantes, etc. Porém a forma disposição destes resíduos, não acompanha na mesma proporção o avanço experimentado pela produção, assim se não forem

adotadas medidas preventivas, a disposição inadequada determina um processo contínuo de deterioração ambiental com sérias implicações na qualidade de vida, pois os efeitos negativos desta forma de disposição no meio ambiente têm caráter cumulativo não sendo detectados imediatamente, mas somente no seu estágio avançado de poluição (KATAOKA, 2000).

### 3.6.1. Métodos térmicos

Dentre as tecnologias térmicas utilizadas para o tratamento dos resíduos a incineração e a pirólise, são as mais utilizadas, sendo a primeira mais difundida.

**Incineração:** é um processo de tratamento térmico realizado sob alta temperatura (900 a 1250 °C), combinada com o uso do oxigênio do ar, para destruir a fração orgânica do resíduo, reduzindo o seu volume, e diminuindo o teor de umidade. Trata-se portanto, de um processo de oxidação exotérmico no qual há a conversão de compostos orgânicos em dióxido de carbono e vapor de água, acompanhado da liberação de calor. É utilizado para o tratamento de resíduos de alta periculosidade, ou que necessitam de destruição completa e segura (KATAOKA, 2000).

Em geral, a composição dos resíduos a serem incinerados apresenta compostos orgânicos e quantidades variáveis de material inorgânico, incluindo metais pesados e vidros Kataoka (2000). O material resultante do processo de incineração contém gases e cinzas que requerem manejo, tratamento e disposição especial, devido a sua periculosidade, pela possibilidade da presença de dioxinas e furanos, organoclorados extremamente tóxicos e metais pesados na cinza em suspensão, que no aterro podem solubilizar passando a fazer parte da lixívia trazendo riscos de contaminação do lençol freático (BASILIO, 2001).

A incineração tem como desvantagem o alto custo de implantação e operação dos incineradores comparados aos de um aterro sanitário, mas trás como vantagem a redução do volume de resíduos a ser disposto além de eliminar a toxicidade de resíduos como os PCBs (Bi Fenil Policlorados), dioxinas, resíduos combustíveis como os cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e patológicos, que em outras formas de disposição podem resultar na transmissão de sérias doenças (KATAOKA, 2000).

Uma forma de diminuir os custos operacionais, é a recuperação de parte da energia utilizada no processo de queima para a geração de vapor e eletricidade.

**Pirólise:** diferentemente da incineração, durante o processo de decomposição ocorre uma reação endotérmica a temperaturas menores, no intervalo de 425° C-750° C, e na ausência de oxigênio. A pirólise, quando comparada com a incineração, apresenta a vantagem de eliminar os transtornos causados pela formação de lixívia nos aterros e sua subsequente migração que contaminam as águas superficiais e subterrâneas, e ainda reduzem significativamente o volume do resíduo a ser destinado à disposição final (KATAOKA, 2000).

### **3.6.2 Disposição no meio físico**

Para o descarte dos resíduos gerados, qualquer área livre afastada dos aglomerados populacionais ou de habitações isoladas eram transformadas em depósito destes resíduos. A seleção destas áreas era essencialmente o resultado da procura por um local que estivesse disponível e que se encontrasse por um lado, relativamente perto do centro de gravidade das povoações principais e, por outro suficientemente afastado para não afetar as populações com mau cheiro dali exalados. Assim, a maioria dos resíduos gerados pelo homem tem como destino final a disposição no meio físico, e comumente são utilizadas as seguintes formas de disposição: lixão, aterro controlado e aterros sanitários.

#### **3.6.2.1 Lixão**

Segundo Bidone; Povinelli (1999), o lixão é uma forma inadequada de disposição de resíduos sólidos urbanos caracterizada pela simples descarga de resíduo no solo ( a céu aberto), sem nenhuma medida de proteção ao ambiente ou a saúde pública. Essa forma de disposição provoca diversos problemas à saúde através da proliferação de vetores (moscas mosquitos baratas ratos entre outros), problemas de poluição do ar, pela geração de gases provenientes da decomposição da matéria orgânica e reações físico-químicas na massa de resíduo. O principal impacto causado é a poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas pelo lixiviado – mistura do chorume (líquido), gerado pela degradação da matéria orgânica com água de chuva, além de não possibilitar o controle dos resíduos que são encaminhados para o local de disposição. Segundo os mesmos autores é a pior forma de disposição de resíduos sólidos.

Embora sempre condenável, em pequenos municípios esta forma de disposição era tolerada, porque o volume de resíduos era relativamente reduzido. Com o passar dos tempos veio o aumento dos aglomerados urbanos e o conseqüente aumento do volume dos resíduos criando uma situação insustentável. Mais recentemente, embora lentamente, a sociedade vem sendo sensibilizada para os problemas que semelhantes práticas representam para o meio ambiente (PEREIRA, 2000).

Essa forma de disposição causa, além dos problemas ambientais e sanitários, um sério problema social atraindo catadores, indivíduos que se utilizam do lixo como meio de sobrevivência, em alguns casos permanecendo na área, formando pequenas comunidades no local de disposição.

### **3.6.2.2 Aterro controlado**

A disposição dos resíduos na forma de aterramentos, vem sendo cada vez mais utilizadas, e constituem uma das formas de disposição no meio físico possível de assegurar o acondicionamento final dos resíduos produzidos pela sociedade urbana atual, permitindo diminuir os impactos ambientais causados, desde que consideradas as técnicas de gerenciamento durante todo o processo, da construção a disposição, (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Segundo a NBR 8849 da ABNT(1985), define aterro controlado como sendo uma *“técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos a saúde pública e à sua segurança, minimizando impactos ambientais, método este que utiliza preceitos de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho”*.

Para Bidone, Povinelli (1999), é a forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, na qual, algumas precauções tecnológicas executivas adotadas durante o desenvolvimento do aterro, como recobrimento dos resíduos com material argiloso (mesmo que na maioria das vezes sem compactação), aumentam a segurança do local, minimizando os riscos e impactos ao meio ambiente e a saúde pública.

Segundo estes mesmos autores, embora seja uma técnica preferível ao lançamento a céu aberto, não substitui o aterro sanitário, sendo uma solução compatível, porém, ainda



inadequada, mas adotada geralmente para os municípios de pequeno porte, pois é economicamente atrativa, por dispensar o uso de equipamentos compactadores, e de algumas técnicas técnicas de proteção ambiental, como impermeabilização de base e sistema de tratamento de percolados que oneram o custo da implantação da obra.

### **3.6.2.3 Aterro sanitário**

A partir de 1900, cidades americanas e européias , começaram a enterrar seus resíduos para diminuir os impactos ambientais destes depósitos. Na década de 30, começou a utilização de equipamentos pesados para a compactação dos resíduos com o objetivo de reduzir a utilização de espaço e dispor os resíduos de maneira sanitária mais adequada, nesta fase ainda sem nenhum tipo de proteção, evoluindo para a técnica atual de aterros sanitários, Sorg; Bendixen citados por (KATAOKA, 2000).

Segundo a NBR 8419 da ABNT (1984), *“Aterro sanitário é um método de disposição de resíduos no solo , sem provocar prejuízos ou ameaças a saúde e a segurança, utilizando-se de princípios de engenharia, de tal modo, a confinar o lixo no menor volume possível, cobrindo-o com camada de terra, ao fim do trabalho de cada dia , ou mais freqüente, conforme necessário”*.

Os aterros sanitários devem dispor de sistemas de proteção com exigências ambientais que, para os resíduos comuns, classificados como não perigosos, ou de origem doméstica, são bem menores que as necessárias para os resíduos classificados como perigosos ou de origem industrial. Os aterros podem ser classificados conforme o tipo de resíduo que recebem. No Brasil, aterro sanitário é o local onde são dispostos os resíduos de origem urbana, excluindo-se os de Classe I, que por serem perigosos devem ser dispostos em aterros denominados aterro sanitários industriais (KATAOKA, 2000).

Medidas como: impermeabilização de base e laterais, cobertura diária dos resíduos, sistemas de coleta e tratamento dos líquidos percolados, queima dos gases produzidos e drenagem e afastamento das águas precipitadas sobre a área do aterro são as principais técnicas utilizadas que caracterizam um aterro sanitário e os diferenciam dos aterros controlados.

#### 3.6.2.4 Métodos de execução de aterros

Vários autores dentre eles, Tchobanoglous; Theisen; Vigil citados por Basilio (2001), Bidone; Povinelli (1999), definem que os resíduos podem ser dispostos a partir de 3 métodos básicos, segundo sua técnica de operação. Estes métodos estão intimamente ligados com as características geotécnicas da área, e são eles:

##### a) Método de trincheira

Esse método fundamenta-se na abertura de trincheiras no solo, onde o lixo é disposto no fundo, compactado e posteriormente recoberto com terra.

Esta forma de disposição é recomendada para áreas que apresentem material de cobertura disponível e lençol freático distante da superfície, bem como em casos onde o local do aterro é plano ou levemente inclinado, e quando a produção diária de lixo, não ultrapassar 10t. Sendo assim, este método apropriado para pequenas comunidades, cujas quantidades de resíduos geradas levam à execução de trincheiras de pequeno porte, estas são normalmente abertas com equipamentos de uso corrente em escavação a baixo custo. No entanto, este método de disposição também pode ser aplicado para grandes comunidades geradoras de lixo (BIDONE, POVINELLI, 1999).

As figuras 3.4 a 3.6, e 3.7 a 3.10 ilustram a implantação e execução de trincheiras de pequeno porte e de grande porte respectivamente.



Figura 3.4: Escavação de trincheira de pequeno porte com a utilização de retroescavadeira.  
Fonte: Bidone, Povinelli, (1999).



Figura 3.5: Resíduos sendo descarregados em trecho de uma trincheira (DMLU/PMPA).  
Fonte: Bidone, Povinelli (1999).



Figura 3.6: Acabamento superficial de uma trincheira de pequeno porte (DMLU/PMPA).  
Fonte: Bidone, Povinelli (1999).





Figura 3.7: Abertura de uma trincheira de grande porte.  
Fonte: Bidone, Povinelli (1999).



Figura 3.8: Descarga de resíduos no interior da trincheira.  
Fonte: Bidone, Povinelli (1999).





Figura 3.9: Compactação dos resíduos a partir de uma das extremidades da trincheira  
Fonte: Bidone, Povinelli (1999).



Figura 3.10: Trincheira preenchida pelos resíduos e terminada.  
Fonte: Bidone, Povinelli, (1999).



### b) Método da área

O método é indicado para regiões de topografia plana ou levemente inclinadas onde o lençol freático está no limite máximo, em ravinas, vales ou outras depressões. Neste método os resíduos são descarregados e compactados, formando uma elevação (dique) que recebe o recobrimento com solo ao final da operação de um dia. A formação da célula do aterro por este método exige a aquisição e o transporte de terra para cobertura.

As figuras 3.11 e 3.12 ilustram a técnica de execução.



Figura 3.11: Execução de uma célula de aterro sanitário em área com resíduos compactados sendo cobertos por uma camada de solo (DMLU/PMPA).

Fonte: Bidone, Povinelli (1999).



Figura 3.12: Célula de aterro sanitário tronco-piramidada executada em área (DMLU/PMPA).

Fonte: Bidone, Povinelli, (1999).

Em função da falta de locais apropriados, as grandes cidades aproveitam áreas baixas e úmidas. Esse procedimento não é correto, pois requer cuidados especiais, como constante rebaixamento do lençol freático, construção de diques ao longo da linha costeira ou dos rios, para evitar a contaminação das águas pelo chorume, além do bombeamento das águas antes do início da construção do aterro.

### c) Método da rampa ou meia encosta

Neste método utiliza-se uma combinação dos dois métodos anteriores. É utilizado em áreas secas e de encostas, normalmente aproveitando-se o material escavado do próprio local na cobertura do lixo, que é uma vantagem deste método. O aterro é executado depositando-se um certo volume de lixo no solo, que é compactado por um trator de esteira em várias camadas, seguida de material para a cobertura do lixo compactado, formando as células sanitárias. Após a conclusão do aterro, com o “selamento” superficial e a reconstituição da morfologia local, a área pode ser utilizada em atividades ambientalmente menos restritivas.

As figuras 3.13 a 3.15, lustram a execução de célula de aterro sanitário em meia encosta.



Figura 3.13: Execução de uma célula de aterro sanitário aproveitando-se a encosta como elemento de contenção  
Fonte: Bidone, Povinelli, (1999).





Figura 3.14: Compactação de resíduos contra uma encosta.  
Fonte: Bidone, Povinelli, (1999).



Figura 3.15: Execução de uma célula de aterro sanitário contra uma encosta com recobrimento dos resíduos sólidos no local..(DMLU/PMPA).  
Fonte: Bidone, Povinelli (1999).



### 3.6.2.5. Componentes e dispositivos principais de um aterro sanitário

Os aterros sanitários necessitam de grandes áreas, adjacentes aos centros produtores de lixo, para que se possa efetuar a sua instalação e em sua estrutura temos componentes e dispositivos tais como: sistemas de drenagem e de tratamento dos percolados (gases e líquidos), célula de resíduo, bermas, etc.

Segundo Basilio (2001), um corte através de um aterro sanitário típico (Figura 3.16) revela os seguintes componentes:

Célula de resíduo: Constitui-se de uma unidade básica de um aterro sanitário e corresponde ao volume de resíduos espalhados dentro de uma área confinada, compactados ou recobertos por uma camada de solo ao final de cada jornada de trabalho. As dimensões da célula dependem do volume compactado, que por seu turno, é função da densidade do lixo no local. Em geral, pode-se considerar que a densidade de campo da maior parte dos resíduos compactados está por volta de  $595 \text{ Kg/m}^3$ . Densidades consideravelmente maiores ocorrem quando o material presente constitui-se de grandes quantidades de material de demolição, fibras sintéticas, borracha, vidro e material inorgânico e bem compactado.

Camada de resíduos: corresponde a um conjunto de células adjacentes e de mesma altura, existentes na área de um aterro em desenvolvimento. Um aterro é formado por um conjunto de camadas de resíduos.

Material de recobrimento: Corresponde a uma camada de solo ou de outros compostos utilizada para o recobrimento das células ao final de cada dia ou jornada de trabalho, com o objetivo de proteger a frente de trabalho da ação dos ventos, controlar a entrada de água nas células, evitar a presença de ratos, insetos e outros vetores de doenças, diminuir a exalação de odores, impedir a catação, eliminar a queima e a saída descontrolada de gases. O volume de material usado para a cobertura das células depende da área da célula e da espessura do material necessário ao cumprimento das funções a que se destina este recobrimento.

Bermas: São pequenas plataformas ou terraços horizontais executados ao longo das faces do talude, utilizados para manter a estabilidade das camadas de resíduos, para a colocação de dispositivos de drenagem superficial, tubos de coleta de gases e de monitoramento do aterro.

Revestimento de fundo: É utilizado com a finalidade impedir a contaminação do meio físico adjacente pelos gases e efluentes líquidos gerados durante a vida do aterro. São constituídos por camadas de solo argiloso compactado, por geomembranas ou pela combinação de ambos.

Sistema de drenagem do chorume: O líquido que percola através dos resíduos sólidos em decomposição, formado por constituintes químicos e matéria biológica, é denominado de chorume. Este deve ser coletado por um sistema de drenagem interna, com funções de reduzir as pressões dos líquidos sobre a massa do resíduo e de evitar a migração do mesmo para o subsolo. O líquido coletado pelos dispositivos instalados no aterro, cuja concepção depende da solução de tratamento adotada pelo aterro, deverá ser direcionado para os locais de tratamento definidos no projeto.

Sistema de drenagem de gases: Tem como principais funções controlar as emissões de gases para a atmosfera, diminuir os odores, minimizar a propagação dos gases em subsuperfície e permitir a coleta e envio do biogás para as unidades de processamento e aproveitamento dos mesmos como fonte de energia. Este sistema deve ser formado por uma rede de drenos adequados, constituídos por tubos de concreto perfurados e instalados em pontos predefinidos do aterro, atravessando-o no sentido vertical, desde o solo até as camadas superiores. Sistemas auxiliares de drenos horizontais e subverticais são construídos com a finalidade de otimizar a drenagem de gases, que dependendo do projeto, podem estar interligados ao sistema de drenagem dos líquidos percolados.

Sistema de drenagem de águas pluviais: tem a finalidade de interceptar e desviar a água de escoamento superficial para áreas externas ao aterro, durante e após o encerramento do mesmo. A sua função principal é evitar a entrada de água na massa do resíduo, sendo, portanto, de fundamental importância, pois a água superficial é a maior responsável pela quantidade total do volume lixiviado. Seu dimensionamento depende da vazão a ser drenada, e para sua construção geralmente são utilizadas estruturas drenantes de meia cana de concreto (canaletas) associadas a escadas d'água e tubos de concreto (SÃO PAULO, 1995).

Camadas de recobrimento final: Ao término da vida útil do aterro, o mesmo deve ser totalmente recoberto, o que é feito utilizando-se em geral, de um sistema composto por solo e geomembranas e tem as seguintes finalidades: minimizar a infiltração das águas pluviais,

limitar a emissão de gases, evitar a proliferação de vetores de doenças, limitar a combustão, proporcionar uma superfície adequada revegetação e servir como elemento fundamental para a reurbanização do local.

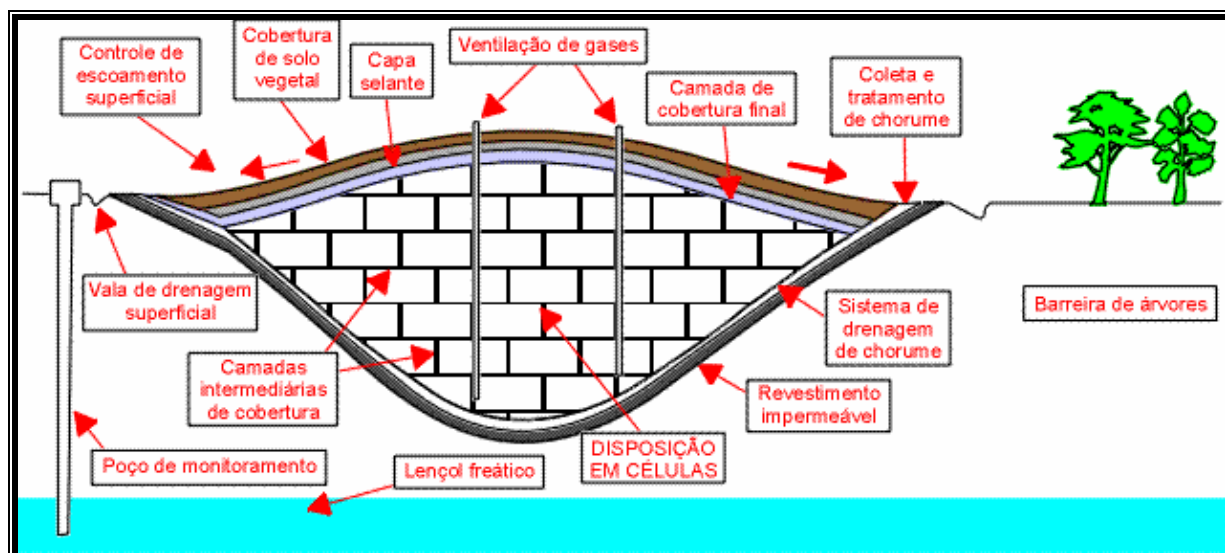


Figura 3.16 Aterro sanitário: corte esquemático Fonte: [www.speedlink.com.br/verdevida/aterro.htm](http://www.speedlink.com.br/verdevida/aterro.htm).

### 3.6.2.6. A implantação de aterros sanitários

A implantação de um aterro sanitário passa por várias etapas e processo completo de seleção constitui-se em um sistema complexo que integra aspectos de engenharia, economia, avaliação ambiental, legislação e opinião pública, entre outros.

Um dos problemas mais significativos referentes a implantação de aterros sanitários, reside na escolha da sua área. Em decorrência dos inúmeros aspectos determinantes, já anteriormente citados, para a escolha do local mais adequado para a implantação dessas unidades saneadoras. A etapa de seleção de áreas favoráveis localização de aterros para RSU é de crucial importância para a implantação de um novo aterro sanitário. Os objetivos dos estudos para esta seleção devem estar voltados para a localização de sítios onde os resíduos possam ser dispostos economicamente e com o menor impacto ambiental possível (O'LEARY ; CANTER, 1986).

A seleção de locais favoráveis ao recebimento de rejeitos confinados em aterros sanitários depende dos tipos de critérios estabelecidos. O caminho para atingir este objetivo requer uma abordagem sistêmica onde se define os limites, se identifica os elementos importantes e se determina as ligações que os integram. Uma característica importante na estruturação dos

sistemas é a sua organização hierárquica. A hierarquização ajuda a estabelecer um número limitado de interações em meio a um grande número de elementos (SIMÕES, 1996).

Ainda de acordo com Simões na obra citada observa-se que quando os engenheiros ou técnicos da esfera municipal se vêem obrigados a tomar tal decisão, se deparam com algumas questões tais como:

- Em que região da cidade deverão ser dispostos os RSU produzidos?
- Qual a região da cidade produz mais RSU?
- Qual a composição do RSU produzido nas diferentes partes da cidade?
- Quanto custará a disposição do RSU nas diferentes áreas possíveis?
- Seria vantajoso incinerar todo ou parte do RSU produzido?
- que fazer com o resto da incineração?
- Qual o equipamento de incineração mais adequado?
- E ainda outros questionamentos.

Como estes profissionais usualmente lidam com uma linguagem mais matemática necessitam, ao menos para reforço de seus julgamentos desta percepção abstrata, de algum mecanismo que de um modo mais cartesiano possa auxiliá-los nas suas tomadas de decisões.

Para tanto é imprescindível o conhecimento das interações técnicas entre os componentes do aterro sanitário e o meio ambiente para o seu planejamento, neste cenário diversos escritórios de engenharia e órgãos públicos tem estabelecido seus critérios e procedimentos buscando sistematizar e objetivar o processo de seleção de áreas para aterros tanto no Brasil como em outros países. (ZUQUETTE et. al., 1997), elaboraram um fluxograma dos aspectos que interferem nos aterros e que devem nortear os estudos voltados a elaboração de cartas específicas para a disposição de rejeitos (Figura 3.17).

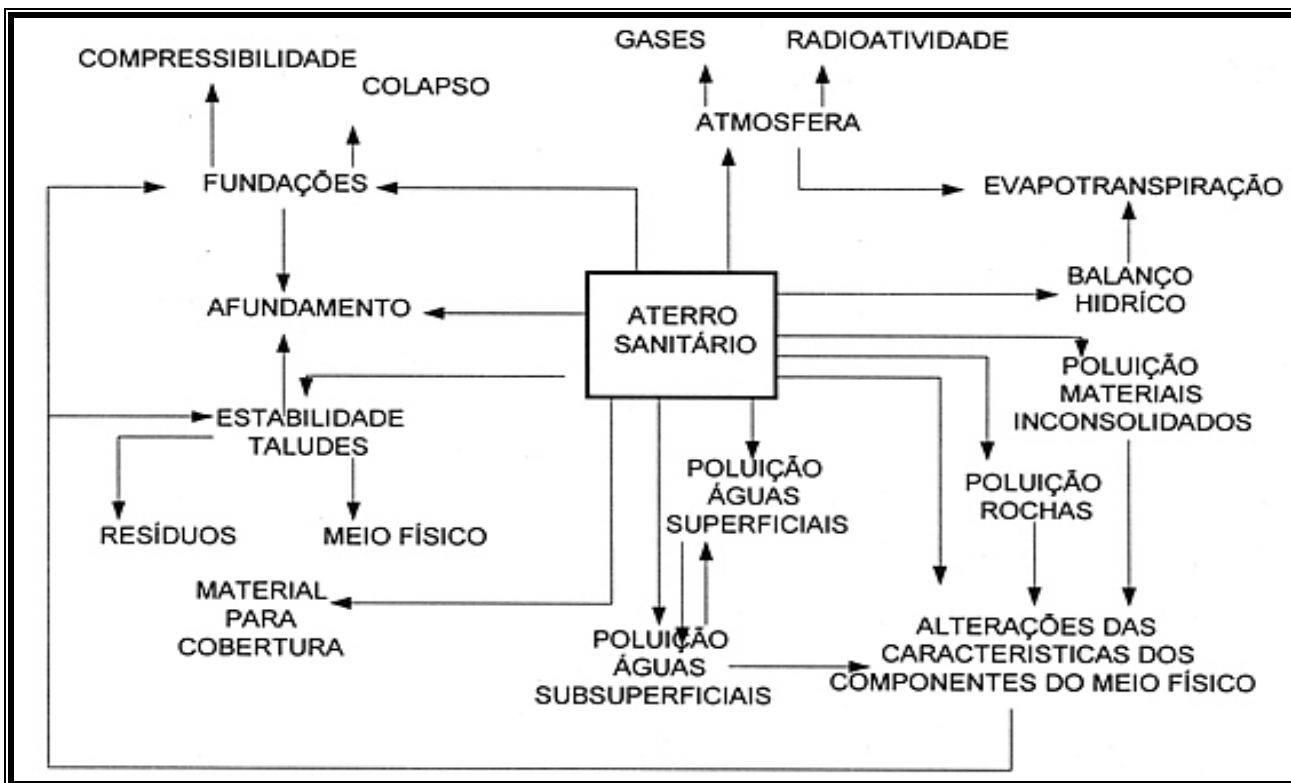


Figura 3.17: Fluxograma que representa as interações técnicas relacionadas aos aterros sanitários e o meio ambiente.

Fonte: Zuquette et al. (1997).

A análise do fluxograma mostra que os aterros sanitários são dispositivos que comportam de maneira semelhante a um organismo vivo, com seus componentes apresentando inter-relações mais ou menos complexas com os componentes do meio físico e que devem ser perfeitamente conhecidas para uma disposição segura dos resíduos nos aterros sanitários.

A partir do entendimento e da análise destas interações Zuquette et al.(1997) definiram os de atributos, ou seja as características naturais dos componentes do meio físico que devem ser consideradas quando de sua análise, com o objetivo de seleção de locais para implantação de aterros sanitários.

### 3.6.2.7 Panorama atual sobre os disposição de resíduos sólidos no Brasil

Nos países em desenvolvimento, assim como nos países desenvolvidos, os resíduos sólidos, constituem motivo de preocupação das autoridades e órgãos ambientais, seja devido às quantidades que vem sendo geradas, principalmente como resultado da elevada concentração industrial em algumas regiões do país, seja pela carencia de instalações e locais adequados para o tratamento e destinação final destes resíduos.

A questão do lixo no país, demanda por ação política para que haja o encaminhamento de políticas públicas, que contemplem o gerenciamento dos resíduos sólidos. A implantação destes programas requer, além de, projetos que levem a educação ambiental em massa que promovendo a mudança na postura da população com relação aos cuidados com os resíduos gerados e que levando à compreensão da magnitude deste problema que causa danos ao meio ambiente, à saúde das pessoas e à economia do país, investimentos financeiros para possibilitar o equacionamento da questão.

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil (2002), apontam que com relação ao aspecto econômico há um índice muito baixo de investimento voltado à gestão de resíduos sólidos. Aproximadamente 80% dos municípios brasileiros (4338) investem apenas 5% do orçamento municipal em limpeza urbana e/ou coleta do lixo. Do total de municípios brasileiros, apenas 31 aplicam mais de 20% de seu orçamento na gestão de resíduos sólidos.

No Brasil, segundo estes dados, são coletadas aproximadamente 228.413 toneladas de lixo por dia, sendo que desse total a região sudeste é responsável por cerca de 62%, ou seja, 141.618,80 toneladas diárias. No âmbito do Estado de São Paulo, são coletadas diariamente, 105.582 toneladas, ou seja aproximadamente 46% da produção diária de lixo no Brasil. Na figura 3.18, observa-se a distribuição, em porcentagem de peso dos resíduos gerados diariamente por cada uma das regiões brasileiras.

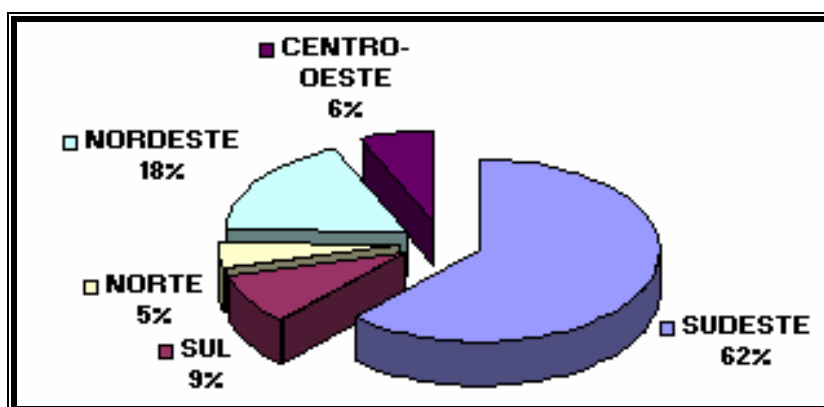


Figura 3.18 Distribuição produção diária de resíduos sólidos por região (em % de peso)

Com relação a destinação final destes resíduos, da quantidade total coletada, em peso, 37,03% são dispostos em aterros controlados, 36,18% em aterros sanitários e 21,16% em lixões, e 1,77% restante com outras destinações (estações de compostagem, estações de triagem, unidades de incineração, locais não fixos, vazadouros em áreas alagadas e outros), conforme mostra a figura 3.19.

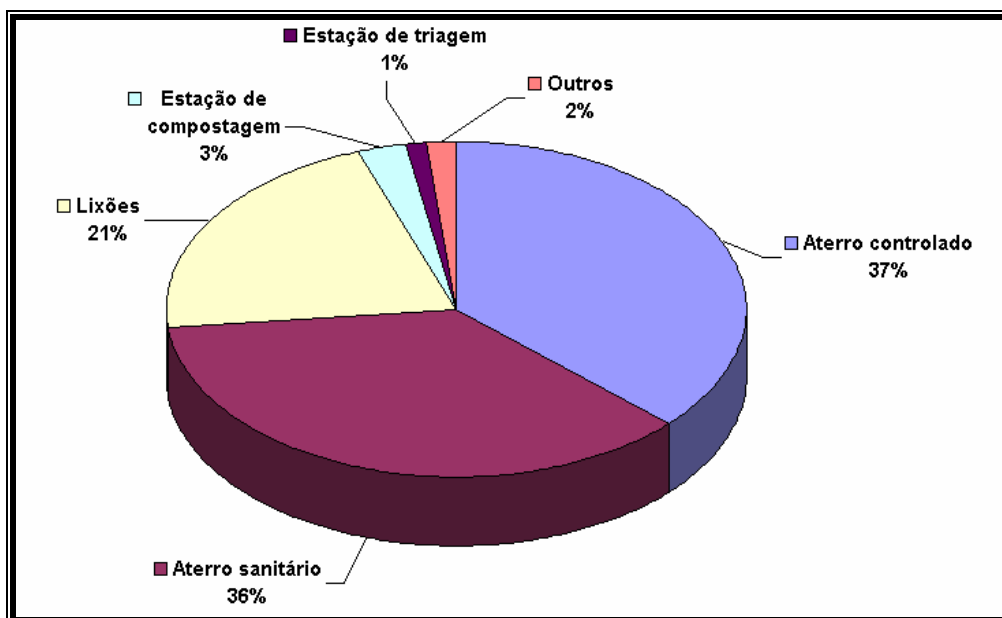


Figura 3.19 Distribuição da destinação final de resíduos sólidos (em % de peso)

Com relação aos resíduos de origem industrial, o quadro é bastante preocupante pois apesar do elevado potencial de impacto ambiental inerente a estes resíduos, a maior parte dos municípios, 88,4% (4841) não controlam a sua destinação, dispendo-os juntamente com o lixo doméstico. Apenas 674 municípios coletam estes resíduos, 58 dispõem em aterros especiais e 563 encaminham para o mesmo local dos demais resíduos (aterros ou lixões).

Os resíduos sólidos produzidos pelos serviços de saúde (lixo séptico), requerem técnicas diferenciadas para a segregação, tratamento e destinação final, e têm um papel importante no cenário da saúde pública por serem uma fonte potencial de organismos patogênicos, pelo caráter infectante de alguns de seus componentes e pela heterogeneidade de sua composição, já que podem conter substâncias tóxicas, radioativas, perfurantes e cortantes, oferecendo também, riscos ao meio ambiente.

Diariamente são coletadas 4.072,5 toneladas destes resíduos, o que representa em torno de 2% da quantidade total dos resíduos gerados no país. A coleta é feita separadamente em 3466 municípios, mas em aproximadamente 74% (2569 municípios) são dispostos

juntamente com os demais resíduos, em aterros ou lixões. Dos municípios que coletam estes resíduos, 2336 dispõe de alguma forma de tratamento, mas mesmo com a existência de dispositivos legais, orientando a incineração destes resíduos em unidades licenciadas para tal fim, aproximadamente 31% (1086 municípios) realizam a queima a céu aberto.

A coleta seletiva é adotada por 8,2% dos municípios brasileiros. O número estimado de material reciclável coletado é de 4.290 toneladas por dia, ou seja menos de 2% do total de resíduos gerados são reciclados, a figura 3.20 mostra o índice de coleta do material reciclável por região. A separação do material reciclável é feita em grande parte pelos catadores de lixo que em função de fatores sociais, esta atividade representa um meio de renda para muitos brasileiros. Apesar de ser útil pois diminui o volume de resíduos a serem aterrados, a catação de lixo, necessita da intervenção por parte dos poderes públicos, e da própria sociedade, no sentido de torna-la aceitável do ponto de vista sócio ambiental, e deforma a não expor esses catadores a situações de perigo para sua saúde, como é o caso quando se expõem a situações insalubres, fazendo a catação em lixões, situação que segundo o IBGE ocorre em aproximadamente 74% dos dos municípios brasileiros.

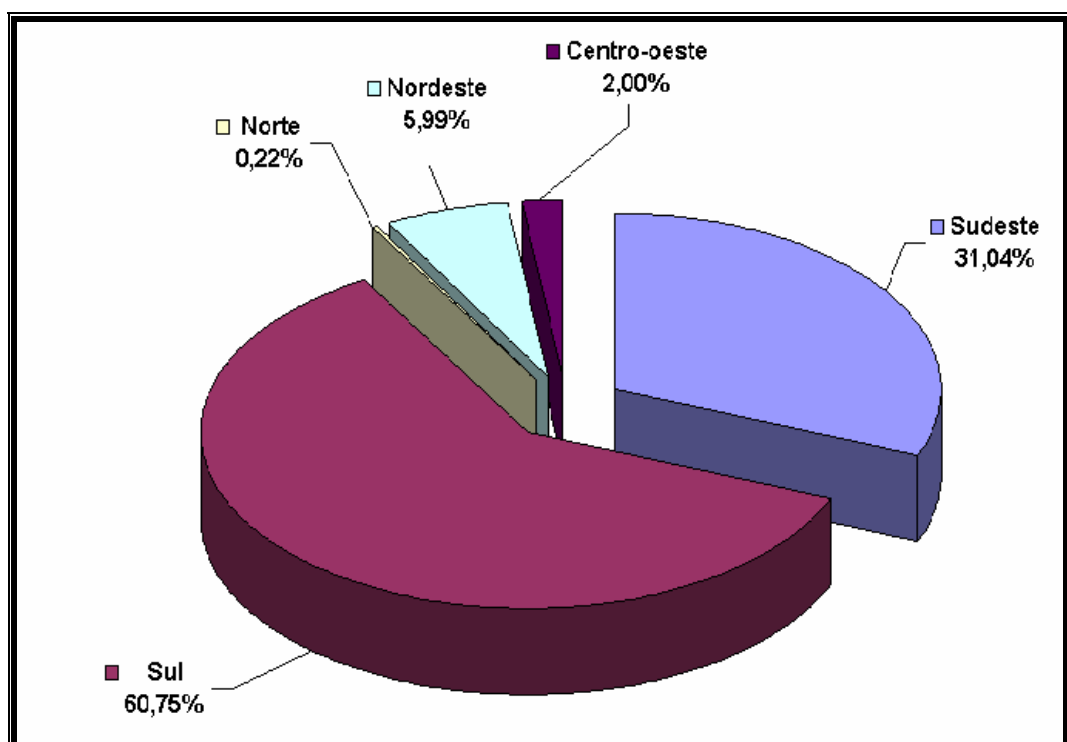


Figura 3.20 Distribuição coleta de material reciclável por região



#### **4. METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS**

---

Mundialmente até a década de 60, do século passado, a implantação dos aterros sanitários era feita sem nenhuma preocupação com a contaminação do solo e dos recursos hídricos, pois acreditava-se que os contaminantes seriam atenuados naturalmente pelo solo, (existência de barreiras, que são camadas com condutividades hidráulicas menores que  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  com espessuras e com nível d'água abaixo do tapete basal impermeabilizante maiores que três metros), e que conseqüentemente não atingiriam as águas subterrâneas. Porém vários estudos tem provado que se não forem adotados critérios para a seleção da área para implantação do sitio, mesmo aterros pequenos podem contaminar a água subterrânea, Bagchi; Kelly, citados por (NASCIMENTO, 2001).

No Canadá, a partir da década de 50 do século passado, os aterros eram implantados sem nenhuma preocupação com as técnicas adequadas de construção e implantação de aterros sanitários e nem com os impactos causados ao meio físico. Neste período, era comum o uso de áreas acessíveis e disponíveis, de pequenas dimensões e muitas vezes inseridas em terrenos baixos, inadequados à implantação de aterros. Já a partir da década de 60 do século passado, tornou-se comum a implantação de aterros em terrenos secos, topograficamente elevados com áreas maiores e impermeabilização de base natural ou artificial mais adequados ambiental e geotecnicamente Ferguson citado por (NASCIMENTO, 2001).

A seleção de áreas para disposição de resíduos é uma etapa complexa a ser cumprida no processo de implantação de um aterro sanitário, dado o aumento da complexidade da composição dos resíduos em função do avanço tecnológico constante. Assim em vários países os pesquisadores têm adotado critérios próprios para decidir qual a melhor área para implantação de aterros sanitários, já que estes são uma fonte potencial de poluição das águas superficiais e subterrâneas.

No Brasil assim como em outras partes do mundo os problemas relacionados com a disposição de resíduos tem as mesmas características, porém levando-se em conta a nossa realidade econômica, tecnológica, social e educacional. Segundo Pejón; Zuquete (1991) nos centros urbanos, independentemente do tipo, quantidade e porte da cidade, a disposição dos

resíduos sólidos urbanos tem sido feita de maneira inadequada e sem qualquer preocupação com o meio físico.

Os mesmos autores, indicam os seguintes fatores como responsáveis diretos por este comportamento:

- falta de conhecimento regional das características do meio físico e do meio como um todo;
- não caracterização e separação dos tipos de resíduos;
- falta de bases mais reais sobre as normas existentes para escolha dos locais; falta de bases mais reais sobre as normas existentes (NBR 8418,8419,10157 e outras) para a escolha dos locais;
- pequena quantidade de estudos nos aterros em funcionamento;
- falta de fiscalização e punição, pelos órgãos públicos, dos responsáveis pela disposição inadequada dos RSU;
- como a poluição ocorre de forma lenta e gradual, a população só tem se manifestado na atualidade e falta de noção dos administradores quanto a gravidade do problema, o mesmo ocorrendo com a maioria dos profissionais ligados aos órgãos públicos.

Como as metodologias brasileiras encontram-se em desenvolvimento, não existe ainda no Brasil uma normatização que especifique uma metodologia para seleção de áreas para disposição resíduos sólidos urbanos em aterros em aterros sanitários. A aplicação destas metodologias por parte dos pesquisadores apoiam-se em algumas publicações por parte órgãos como a CETESB, IPT, e nas normas existentes e fixadas pela ABNT, mas sem uma definição de critérios ou roteiros técnicos para as caracterizações geológico-geotécnicas e climatológico-ambientais, imprescindíveis à escolha do local adequado a disposição de resíduos sólidos urbanos.

De acordo com as normas da ABNT (NBR 1004, 8418, e 8419) e da CETESB em vigor, são as seguintes restrições a serem observadas na escolha do local de implantação de um aterro sanitário:

- condutividade hidráulica inferior a  $10^{-5}$ cm/s;

- distância mínima dos centros urbanos de 500m (condicionada a direção dos ventos);
- profundidade mínima do lençol freático de 15m a partir da base do aterro e,
- distância mínima de 200m dos corpos d'água superficiais.

Para Rocca; Iacovoni; Barrotti (1993), a escolha dos locais para implantação de aterros deve atender:

- ao planejamento do desenvolvimento econômico, social e urbano da região;
- as diretrizes fixadas para uso e ocupação do solo;
- a proteção da saúde pública, e
- a defesa do meio ambiente.

No que se refere aos aspectos a serem verificados e analisados para a seleção de áreas para a disposição de rejeitos são recomendados:

- grau de urbanização e compatibilidade da vizinhança;
- valor de mercado do terreno;
- distância dos pontos geradores dos resíduos;
- condições de trafegabilidade; características hidrogeológicas;
- potencial contaminação das águas superficiais e subterrâneas e
- localização quanto a mananciais de abastecimento de água.

Para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo (1995), na escolha dos locais para implantação de aterros, deve-se considerar a importância das características do meio físico. Uma área adequada proporciona menores riscos ao ambiente e a saúde pública. Portanto com a escolha adequada da área, o empreendimento será instalado tecnicamente de forma correta, prevenindo os futuros efeitos da poluição dos solos e das águas superficiais e subterrâneas.

As metodologias podem ser tanto qualitativas, quanto quantitativas. As qualitativas, consistem basicamente da avaliação e hierarquização dos atributos do meio físico baseada na experiência e conhecimento destes atributos por parte de quem as aplica, para a obtenção de uma carta de zoneamento geotécnico composta por áreas classificadas para a disposição de resíduos sólidos urbanos. As quantitativas, avaliam os atributos para o zoneamento de uma área, associando o conhecimento dos pesquisadores, à utilização de algoritmos matemáticos e

computacionais, diminuindo assim a subjetividade na análise e hierarquização dos atributos envolvidos.

A seguir são apresentadas algumas metodologias, que buscam dar eficiência à seleção de locais para a implantação de aterros sanitários.

- **Metodologia do IPT**

Segundo a metodologia qualitativa do IPT, São Paulo, (1995), na seleção de áreas para instalação de aterros sanitários estão envolvidas três etapas:

a) levantamento geral de dados: onde são pesquisadas as informações já existentes nas prefeituras ou outros órgãos públicos referentes a população, características do, lixo e sua coleta e transporte;

b) etapa da pré-seleção de áreas: onde são analisados um conjunto de dados sobre o meio físico e socio-econômico, decisivos para a definição de áreas potencialmente favoráveis à disposição de resíduos; as informações que devem ser analisadas são de caráter

- geológico-geotécnicos: feições estruturais e unidades geológico-geotecnicas regionais;
- pedológicos: tipos de solo, identificação de materiais apropriados para a cobertura e dos processos que atuam no meio físico;
- relevo: declividade dos terrenos, compartimentação geomorfológica e formas de relevo; hidrológicas e hidrogeológicas: profundidade do lençol freático, áreas de recarga, mananciais, bacias e corpos d'água de interesse ao abastecimento publico e áreas de proteção do manancial,
- climáticos: regime de chuvas, serie histórica de precipitação e direção e intensidade dos ventos;
- aspectos legais: localização das áreas de proteção ambiental, áreas de proteção de mananciais, parques, reservas, áreas tombadas e de zoneamento urbano;

- aspectos socio-econômicos: valor da terra, uso e ocupação dos terrenos, distância em relação aos centros urbanos, integração com a malha viária, aceitação da população e entidades organizadas.

A análise dos dados coletados na fase de pré-seleção permite a definição de áreas potencialmente favoráveis para disposição de rejeitos e que serão individualizadas após visita de campo. A comparação dos resultados obtidos após esta fase com os critérios para avaliação das áreas para instalação de aterros sanitários, definidos na Tabela 4.1 resultará na classificação das áreas em uma das seguintes categorias: recomendada, recomendada com restrições e não recomendada, de acordo com o grau de adequabilidade atingido em função da análise das informações sobre o meio físico e das características sócio-econômicas.

c) Etapa de estudos para seleção de áreas pré-selecionadas: corresponde a uma etapa de trabalho de campo objetivando conhecer os detalhes as características do meio físico nas áreas pré-selecionadas, utilizando-se de técnicas de investigação empregadas comumente pela Geologia de Engenharia.

Tabela 4.1 - Critérios para avaliação das áreas para instalação de aterro sanitário.

Dados necessários	Classificação das áreas		
	Recomendada	Recomendada (com restrições)	Não recomendada
Vida útil	> 10 anos	(10 anos, a critério do órgão ambiental)	
Distância do centro atendido	< 10 km	10 -20 km	> 20 km
Zoneamento ambiental	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental		Unidades de conservação ambiental e correlatas
Zoneamento urbano	crescimento mínimo	Crescimento intermediário	crescimento máximo
Densidade populacional	baixa	Média	alta
Uso e ocupação de terras	áreas devolutas ou pouco utilizadas		ocupação intensa
Valorização da terra	Baixa	Média	alta
Aceitação da população e de entidades ambientais e não governamentais	Boa	Razoável	inaceitável
Distância dos cursos d'água	> 200 m	Com aprovação do órgão ambiental responsável	

Fonte: São Paulo (1995).

- **Metodologia da EESC-USP**

Os pesquisadores da **EESC-USP** vêm desenvolvendo vários estudos buscando orientar a disposição de resíduos de forma geotécnica e ambiental adequadas, assim, Zuquette, Gandolfi (1987a), Zuquette, Gandolfi (1987b), Zuquette, Gandolfi (1991a), Zuquette, Gandolfi (1991b), propõem uma metodologia qualitativa para áreas municipais, que pode ser aplicada na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários confrontando as formas de ocupação com os atributos e buscando a um menor custo refletir e aplicar-se as diversidades do meio físico em países com grandes extensões territoriais como é o caso do Brasil.

Segundo os mesmos autores, para a seleção de um local para a implantação de aterros sanitários, deve-se além considerar os recursos técnicos disponíveis para a obtenção dos atributos envolvidos, obedecer a seqüência da tabela 4.2 que define as etapas de identificação do meio físico. Com o resultado da análise destes atributos as áreas são classificadas quanto a implantação do aterro sanitário em:

- Adequadas;
- Moderadas: devido à ocorrência de pelo menos um atributo fortemente limitante;

- Inadequadas: devido à ocorrência de dois ou mais atributos desfavoráveis, mas não fortemente limitantes, com a possibilidade de correção através de recursos tecnológicos.

Tabela 4.2 – Etapas de identificação do meio físico.

<b>Estagio</b>	<b>Procedimento de engenharia</b>	<b>Investigação do meio físico</b>
Inventário da região	Seleção de empresas que reúnem condições para a realização do projeto.	Mapeamento geotécnico em escala 1/50.000 e escolha das áreas que reúnem potencial.
Pré-planejamento	Análise das variáveis que serão consideradas	Mapeamento geotécnico das áreas escolhidas e definição dos locais mais favoráveis escala 1/10.000 ou maior.
Análise dos locais	Estudo de viabilidade	Definição dos diferentes materiais e/ou condições características de cada local (no máximo 5-investigação de cada local)
Projeto construtivo	Layout de projeto, definição de índices de estabilidade e de segurança.	Mapeamento dos locais selecionados em escala 1/500 ou 1/1000, caracterizações e investigações “in situ”, amostragens para análises em laboratório (escolha de 2 locais mais adequados).
Projeto construtivo	Gerenciamento e acompanhamento das obras.	Observações “in situ” das variações do meio físico, com a definição de pontos onde de monitoramento será necessário, definição do sistema de pesos para as situações negativas, considerando os aspectos em escala real.
Pré-estocagem	Verificar o funcionamento dos equipamentos de maneira geral.	Análise dos diferentes aspectos do local para conhecimento do seu “background”, através de geofísica, análises geoquímicas etc.
Estocagem	Verificar o funcionamento dos equipamentos de maneira geral.	Análises rotineiras dos atributos, propriedades e parâmetros pré-definidos (“background”).
Monitoramento.	Verificar o funcionamento dos equipamentos de maneira geral.	Acompanhamento por um período superior ao definido como de risco

Fonte: Zuquette, Gandolfi (1991b).



Zuquette (1993) e Zuquette et. al. (1994), propuseram uma metodologia específica para a seleção de áreas favoráveis à disposição de resíduos sólidos urbanos voltada às condições brasileiras (áreas com grande extensão territorial e necessidades de caracterização a custos baixos), onde as características do meio físico são classificadas de acordo com o seu grau de adequabilidade, adotando-se intervalos definidos de variação. Os trabalhos preliminares de seleção devem produzir um mapa geotécnico específico com escalas entre 1/100.000 a 1/25.000 e considerar os atributos envolvidos, seus níveis e as formas de disposição (aterro sanitário, tanque e fossa séptica ou lagoa).

Esta metodologia correlaciona a obtenção dos atributos com a escala de trabalho (Tabela 4.3) e no caso específico de zoneamento para aterros sanitários os autores propõem um conjunto de até 34 atributos para serem analisados, levando-se em conta as características da área em estudo (ZUQUETTE et. al., 1994). Estes atributos constam da Tabela 4.4, e permitem a definição e a delimitação de unidades, que são classificadas como: favorável ou adequada moderada, severa ou restritiva (Tabela 4.5).

Tabela 4.3: Seqüência de obtenção dos atributos fundamentais, secundários e complementares correlacionados com escala mais adequada.

ATRIBUTOS			Escalas mais adequadas
Fundamentais	Secundários	Complementares	
-Zona de inundação -Zona úmida Feições de escorregamentos -Profundidade do substrato rochoso Profundidade do nível d'água Condições de drenabilidade -Declividade -Litologia	-Unidade básica do controle dos trabalhos de fotointerpretação e de campo (landform) -Variação do perfil de materiais inconsolidados -Feições de erosão -Textura dos materiais inconsolidados	-Matacão	1:100.000
-Area de recarga -pH/ $\Delta$ pH dos materiais inconsolidados -Mineralogia dos materiais inconsolidados e rochas -C.T.C dos materiais inconsolidados -Escoamento superficial	-Descontinuidades -Localização de poços e fontes -Balanço hídrico	-Pluviosidade - Evapotranspiração -Direção dos ventos	1:50.000
-Fator de retardamento -Coeficiente de permeabilidade -Direção de fluxo subterrâneo -Erodibilidade	-Potencial de colapsividade - Compressibilidade -Salinidade	-Condições de compactação	1:25.000 ou maior

Fonte: Zuquete et al. (1994).

TABELA 4.4 - Principais atributos e níveis usados na definição e delimitação de unidades apresentando heterogeneidade mínima com vistas a seleção de áreas para aterros sanitários.

Componente	Atributos/Classes	ATERRO SANITÁRIO			
		ADEQUADO	MODERADO	SEVERO	RESTRITIVO
Substrato Rochoso	(1) Litologia			Arenito	Calcário
				Aqüíferos	Aqüíferos
	(2) Profundidade (m)	> 15	5 - 10	< 5	< 3
	(3) Descontinuidades			Muito fraturado	Muito fraturado
Materiais Inconsolidados	(4) textura	Argilo-arenoso	Areno-argiloso	Arenoso	Muito Arenoso
	(5) Variação do perfil de alteração	Heterogêneo	Heterogêneo	Homogêneo	Homogêneo
	(6) Mineralogia	Mineral argiloso do x 1	Mineral argiloso do tipo 1 x 1	Minerais inertes	Minerais inertes
	(7) Blocos de rocha	Poucos e pequenos	Poucos e pequenos	Muitos e pequenos	Muitos e grandes
	(8) pH / ΔpH (*)	> 4 / negativo	> 4 / negativo	> 5 / negativo	< 4 / positivo
	(9) Salinidade (mhos/cm)	< 16	< 16	> 16	Alto
	(10) C.T.C. (**) (meq/100g)	> 15	5 - 15	< 5	< 2
	(11) Condições de compressibilidade	Não	Não	Ocorre na camada superficial	Ocorre na camada superficial
	(12) Material colapsível	Não ocorre	Na camada superficial (2m)	Na camada superficial (4m)	Na camada superficial (6m)
	(13) Índice de erodibilidade	Baixo	Baixo	Alto	Muito alto
	(14) Fator de retardamento	Alto	Intermediário	Baixo	Baixo
	(15) Características para compactação	Bom	Bom	Inadequado	Inadequado
Água	(16) Nível da água subterrânea (m)	> 10	> 6	< 4	< 2
	(17) Direção de fluxo da água subterrânea	1	1	2 ou 3	> 3

Fonte: Zuquette et. al. (1994).

TABELA 4.4 - Principais atributos e níveis usados na definição e delimitação de unidades apresentando heterogeneidade mínima com vistas a seleção de áreas para aterros sanitários (continuação).

<b>Água</b>	(18) Escoamento superficial	Laminar	Laminar (baixo)	Laminar (alto)	Concentrado	
	(19) Condutividade hidráulica (cm/s)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-4</sup>	> 10 <sup>-3</sup>	Muito alto (>10 <sup>-2</sup> )	
	(20) Área de recarga	Não	Não	Não	Ocorre	
	(21) Distância de poços e fontes (m)	> 500	400	> 300	< 300	
	(22) Condições de drenabilidade	Boa	Boa	Inadequada	Inadequada	
<b>Relevo</b>	<b>Processo</b>	(23) Erosão	Não	Não	Intenso potencial	
		(24) Escorregamento	Não	Não	Potencial	
		(25) Subsidência	Não	Não	Não	
		(26) Cavernas	Não	Não	Não	
	<b>Feições</b>	(27) Declividade (%)	2 - 5	> 5 < 2	> 15	>20
		(28) Landform	Encostas suaves		Encostas íngrimes. Zonas de inundação	Encostas muito íngrimes. Zonas de inundação
		(29) Distância entre os limites das bacias de drenagem	(> 200m) Distante (200m)	(> 200m) Distante (100m)	Próximo	Coincidente
		(30) Zona úmida	Não	Não	Não	Ocorre
		(31) Zona de inundação	Não	Não	Tempo de retorno > 20 anos	Tempo de retorno <20 anos
		(32) Evapotranspiração	Alta	Intermediária	Baixa	Muito baixa
<b>Características Climáticas</b>	(33) Direção do Vento				Em direção a área urbana	
	(34) Precipitação (mm)			> 2000 por ano	> 3000 por ano	

(\*)  $\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{H_2O}$

(\*\*) C.T.C. =Capacidade de Troca Catiônica

Fonte: ZUQUETTE et. al. (1994).

Tabela 4.5 - Classes de atributos e características principais para a seleção de áreas para aterros

<b>Classes</b>	<b>Características</b>
<b>Favorável</b>	As características naturais dos atributos apresentam níveis adequados para a disposição de resíduos.
<b>Moderada</b>	Alguns atributos da área em estudo não apresentam condições favoráveis a disposição. Entretanto, é possível a correção a custos baixos e mecanismos tecnológicos comuns.
<b>Severa</b>	Mais de 50% dos atributos naturais apresentam condições inadequadas para a disposição de resíduos. A correção só é possível com a utilização de recursos tecnológicos especiais.
<b>Restritiva</b>	A maioria dos atributos naturais da área apresentam condições inadequadas a disposição. Faz-se necessário a utilização de mecanismos tecnológicos muito especiais, e os custos envolvidos são altos e os impactos ambientais intensos.

Fonte: ZUQUETTE et. al. (1994).

- Leite (1995), propõe e aplica para a região de Ribeirão Preto – SP, uma metodologia para a elaboração de uma carta de susceptibilidade à contaminação e poluição das águas subsuperficiais. Tal metodologia é baseada em um sistema de algoritmos compostos por fluxogramas e tabelas. A interpretação destes fluxogramas, direciona a análise da área com relação aos atributos intervenientes no processo de seleção das áreas. As tabelas indicam a classificação dos atributos quanto à restritividade e indicam as recomendações necessárias. Com o resultado da interpretação dos fluxogramas e tabelas, uma análise cuidadosa dos mapas e dados obtidos deve ser feita, conjuntamente com os atributos envolvidos, o que condicionará a favorabilidade ou não de um local para instalação de um aterro sanitário.

Ainda segundo a autora, para uma área ser utilizada como sitio de disposição de resíduos sólidos, deve satisfazer as seguintes condições:

- ✚ O risco iminente de uma contaminação ambiental seja inimizado;
  - ✚ O equilíbrio ecológico da região seja preservado ao máximo;
  - ✚ A comunidade esteja de acordo com a instalação do aterro;
  - ✚ Satisfaça as exigências legais quanto ao uso da terra; tenha uma vida útil a mais longa possível e que para o início de operação, necessite de um mínimo de obras; e
  - ✚ Não se assente em áreas de recarga de aquíferos.
- Para Carvalho (1999), a seleção do local para instalação de um aterro sanitário envolve além dos fatores ambientais, os técnicos, econômicos, legais e os sociais. Assim, em relação ao meio físico, os condicionantes topográficos, hidrogeológicos e geotécnicos devem ser investigados, juntamente com outros fatores como, distancia de transporte dos centros geradores de resíduos, capacidade de disposição, condições de acesso e trafegabilidade, susceptibilidade de contaminação do lençol freático , disponibilidade de solos para o recobrimento dentre outros fatores s serem considerados. E ainda, afirma que as informações geológicas, hidrogeológicas e geotécnicas são de fundamental importância para a analise ambiental da área, pois a partir destas informações as medidas para adequar o projeto e o monitoramento do

aterro serão estabelecidas. Os dados geológicos e geotécnicos, referem-se aos parâmetros de resistência, deformabilidade e condutividade hidráulica dos terrenos e os de hidrogeologia referem-se ao comportamento das águas subterrâneas.

- Andrade (1999), apresenta uma metodologia computacional de seleção de áreas para aterro sanitário desenvolvida em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), envolvendo a edição e manipulação de dados cartográficos e temáticos básicos a definição de parâmetros de exclusão, análise de rede e sobreposição topológica.

Essa metodologia utiliza a lógica booleana (0 ou 1) para classificar as áreas de uma determinada região de estudo, ou seja, as áreas são consideradas apropriadas (1) ou não apropriadas (0). Essa classificação é realizada em mapas de uso do solo, modelo de elevação do terreno, cartas de declividade, cartas de vulnerabilidade geotécnica, mapa hidrogeológico e outros.

Após esta etapa inicial, é empregada a sobreposição de topológica em que os mapas e cartas são combinados dois a dois e as áreas resultantes do cruzamento, são reclassificadas novamente em apropriadas e não apropriadas. No caso de em duas áreas sobrepostas, uma aparecer como apropriada e uma outra como não apropriada, a área é reclassificada como não apropriada, ou seja, o critério mais restritivo prevalece sobre o menos restritivo. Os cruzamentos são feitos sucessivamente até se obter o produto cartográfico final.

- Consoni; Silva, Gimenez (2000), apresentam uma metodologia de seleção de áreas para aterro sanitário, em que divide o procedimento em três etapas:
  - a) Levantamento de dados gerais;
  - b) Pré-seleção (escala original) e
  - c) Estudos para a viabilização de áreas pré-selecionadas (escala local).

A etapa de levantamento de dados regionais, consiste na aquisição de dados e informações referentes a dados populacionais, características e formas de coleta e transporte do resíduo, com a finalidade de estimar a produção de resíduo, e com isso dimensionar a capacidade e forma de funcionamento do futuro aterro.

Na fase de pré-seleção, o objetivo é o de obter o máximo de informações sobre os as características da área quanto a geologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia, hidrogeologia, clima, legislação e aspectos sócio-econômicos, para satisfazer os critérios ambientais, técnicos e sócio-econômicos, relacionados com a seleção da área.

Nesta fase, as áreas que atenderem o maior número de critérios adotados, são as mais favoráveis e serão classificadas em três categorias:

- ✚ Recomendada; atendem as normas vigentes e exigem baixo investimento para a sua efetiva implantação;
- ✚ Recomendada com restrições: exigem medidas complementares de médio investimento;
- ✚ Não recomendada: por exigirem altos investimentos para sua implantação, e em função disto seu uso torna-se inviável.

Ainda nesta fase, a municipalidade é consultada para indicar as possíveis áreas pré-selecionadas, e no caso destas serem consideradas não recomendadas, outras serão priorizadas para pré-seleção.

Na etapa final, de estudos para viabilização, restringe-se a escolha de apenas três áreas entre as selecionadas na etapa de pré-seleção, com o objetivo de reduzir os custos de trabalho de campo. Nesta etapa são realizados estudos do meio físico e investigações geotécnicas em escala de detalhe local, recaindo a escolha da área final, sobre aquela que atender mais adequadamente os critérios metodológicos adotados.

- Kataoka (2000), propõe uma metodologia de seleção de áreas para aterro sanitário industrial, que pode ser adaptada para a escolha de áreas para a instalação de aterros de resíduos sólidos urbanos, considerando-se apenas os critérios de seleção referentes aos resíduos sólidos urbanos.




Esta metodologia, tem como princípio o preenchimento de uma planilha para a avaliação e gerenciamento das atividades relativas aos aterros sanitários, incluindo os industriais. A aplicação da planilha compreende a implantação de programas



multidisciplinares, com abordagem do meio físico, biológico e sócio-econômico e a caracterização do empreendimento. Na planilha, os dados relativos aos tópicos intervenientes abordados, são dispostos em uma ordem seqüencial de fácil leitura e entendimento em relação aos aterros analisados, para atender as exigências técnicas pertinentes e uniformizar os critérios de análise dos EIA/RIMA e documentar todo o processo de aprovação e solicitação de complementações.

Avaliação da qualidade das informações obtidas nas planilhas, é feita por atribuição de pontuações para cada item da planilha, onde para o estudo executado de maneira correta e apresentando condições favoráveis de segurança ao meio ambiente e à saúde pública recebem a maior pontuação e no caso de estudos deficientes com resultados desfavoráveis a implantação do empreendimento, ou inexistência do estudo, a pontuação é menor podendo chegar à zero.

Com base nesses critérios, é atribuída aos itens da planilha uma pontuação máxima de três pontos que corresponde aos estudos considerados fundamentais. Valores menores (dois e um pontos) são atribuídos para os itens de importância secundária. A análise conjunta destes estudos proporciona a correta caracterização de determinado item considerado fundamental na planilha. A análise geral para aprovação do EIA/ RIMA, atestando a qualidade dos estudos de caracterização executados para o aterro, é feita com base na distribuição e somatório das pontuações máximas parciais para cada item da planilha, atingindo a pontuação total de 100 pontos para a planilha, permitindo avaliar os locais de acordo com três faixas de pontuação:

-  Análise inadequada – pontuação total do aterro abaixo de 51 pontos com porcentagem inferior a 51% dos estudos considerados fundamentais, o estudo não é aprovado.
-  Análise regular - pontuação total do aterro entre 51 e 80 pontos, com porcentagem entre a 51 a 80% dos estudos considerados fundamentais, o estudo é aceitável com complementação.
-  Análise adequada - pontuação total do aterro acima de 80 pontos com porcentagem inferior a 80% dos estudos considerados fundamentais, o estudo é aprovado.

- Melo (2001), propõe uma metodologia baseada na análise estratégica de decisão para seleção de áreas para aterro sanitário, com a utilização da lógica fuzzy e operadores de agregação, que além de considerarem as compensações entre os fatores, levam em conta o risco que o analista deseja assumir na avaliação das áreas. O modelo aplicado, considerou três grupos de critérios: ambiental, operacional e sócio-econômicos. Esses grupos foram analisados e processados em três etapas: padronização ou normalização dos fatores com aplicação da lógica fuzzy, valoração dos fatores por meio da comparação par a par e, por fim, a agregação utilizando a combinação linear ponderada e média ponderada.

Para a normalização dos fatores, com a aplicação da lógica fuzzy, todos foram colocados num mesmo intervalo de comparação, adotando-se uma escala contínua crescente de adequabilidade de 0 a 255, para permitir que os diferentes fatores pudessem ser comparados e combinados. Os critérios de restrição (áreas que não apresentam nenhum grau de adequabilidade), foram definidos utilizando-se a lógica booleana, ou seja, para as áreas não-aptas é atribuído o valor 0 e para as áreas aptas é atribuído o valor 1.

Na fase seguinte, para a valoração ou atribuição de peso aos critérios ou fatores adotados, utilizou o método da comparação par-a-par, em que os diferentes fatores que influenciam na tomada de decisão, são organizados em um modelo hierárquico, e comparados entre si, e um valor de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala predefinida, que indica a intensidade com que um fator predomina sobre o outro em relação a decisão a ser tomada, indicando a razão de consistência e permitindo ajustes repetidos de comparação.

Na fase de agregação, os fatores, de cada um dos critérios foram primeiramente agregados com o método da combinação linear ponderada, que permite a compensação total entre os fatores, através de pesos ponderados dos fatores com risco médio. Posteriormente, foi aplicada a agregação com o método da média ponderada ordenada, que além de utilizar os pesos dos critérios utilizados no método da combinação linear ponderada, considera um outro conjunto de pesos, que denominam-

se pesos ordenados, e permitem controlar o nível total de compensação entre os fatores e o nível de risco na determinação da adequabilidade

A busca de uma escolha técnica e geotecnicamente adequadas para a instalação de aterros sanitários, com a adoção de medidas realmente eficazes e possíveis de serem adotadas, que possibilitem a disposição segura dos resíduos sólidos nesses aterros, é muito complexa, dada à quantidade de dados, informações, critérios e fatores envolvidos na análise. Com o avanço tecnológico, principalmente na área da informática, novas metodologias vêm sendo aplicadas com a adoção de ferramentas matemáticas, conjuntamente com algoritmos computacionais, para cenários e realidades diferentes, portanto estas metodologias encontram-se em fase de evolução e desenvolvimento. Assim, as mais recentes têm utilizado estes métodos para aumentarem a eficiência na seleção de locais para a instalação de aterros sanitários, e facilitar a decisão na escolha destas áreas. Seguem alguns exemplos:

- Charnpratheap; Zhou; Garner; (1997), aplica uma metodologia que demonstra o potencial da utilização conjunta entre lógica fuzzy e o método multicriterial AHP (*analytic hierarchy process*) em sistemas de informação geográfica para a seleção preliminar de áreas ideais a implantação de aterros sanitários, considerando critérios sociais, ambientais e técnicos no cálculo dos pesos dos fatores e na seleção final, estabelece uma comparação entre o uso da lógica booleana em relação a lógica fuzzy.
- Pfeiffer, (2001), utiliza como ferramenta um sistema de informações geográficas, visando à seleção preliminar de áreas adequadas a disposição de resíduos sólidos, com viabilidade ambiental utilizando-se de três diferentes métodos: lógica booleana, ponderação dos fatores e lógica fuzzy, comparando os resultados obtidos.

No processo de seleção com base na lógica booleana, as áreas aptas receberam valor 1 caracterizando-se como fatores que definem algum grau de aptidão para a área considerada., e as áreas não-aptas receberam valor 0, caracterizando-se como restrições de caráter eliminatório, por se constituírem de unidades com barreira absoluta, impedindo o uso da área, por não apresentarem nenhum grau de aptidão para a disposição de resíduos sólidos.

No processo de seleção com base na lógica ponderação dos fatores, estes foram avaliados e ponderados segundo suas importâncias, com a adoção de uma escala com intervalo de 0-10. Para a definição dos pesos relativos entre os fatores considerados, considerou as características dos fatores da área estudada, apoiada em pesquisa feita em trabalhos realizados anteriormente por vários autores, utilizando a ponderação de fatores. Este método é vantajoso em relação ao anterior, por apresentar os resultados obtidos (áreas) em classes de adequação e não apenas em permitidos ou não como no método booleano.

No processo de seleção com base na lógica fuzzy, todos os fatores foram padronizados de acordo com uma escala contínua crescente de adequabilidade com intervalo de um byte (0 a 255). A padronização é necessária para uniformizar as unidades de todos os mapas, atribuindo-lhes uma escala comum de valores de aptidão, para que possam ser agregados para a geração da carta final de adequabilidade a implantação de aterros. Padronizados os fatores, utilizou método da combinação linear ponderada (*weighted linear combination* - WLC) para atribuir pesos aos fatores. O produto final foi reclassificado segundo as classes de adequabilidade adotadas.

Segundo Pfeiffer, (2001), a utilização dos três diferentes métodos: lógica booleana, ponderação dos fatores e fuzzy - para a seleção de áreas com viabilidade ambiental para a instalação de aterros, resultou na exclusão de 96,2%, 95,4% e 13,8%, respectivamente, da área estudada, evidenciando que o uso da teoria fuzzy representa limites espaciais, mais compatíveis com a realidade descartando áreas em quantidade bem menor quando comparado com os outros dois métodos utilizados.

- Marques, (2002), propõe uma metodologia para avaliação de áreas para aterros sanitários para a região de Araraquara - SP, que consiste na análise avaliação dos atributos do meio físico, de maneira quantitativa, considerando a variação e importância dos mesmos entre si e com relação ao objetivo proposto, visando a adequabilidade de áreas para aterros, avaliando as etapas de caracterização (levantamento e análise das informações existentes, elaboração de mapas preliminares da área, revisão em campo dos mapas preliminares, complementação e refinamento destes mapas, nova campanha de campo com coleta de amostras e em seguida

realização de ensaios laboratoriais) e de seleção de áreas (ordenação, análise multicriterial e hierarquização e produção da carta final) com base nos atributos do meio físico obtidos nas etapas de caracterização. Os atributos considerados controladores, e que melhor caracterizassem a área de estudo foram selecionados a partir daqueles propostos por (ZUQUETTE et. al. (1994).

Em seu trabalho, Marques, (2002), adotou o método multicriterial AHP (*analytic hierarchy process*), proposto por Saaty, baseado na lógica de comparação pareada, ou par a par, que organiza os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão em um modelo hierárquico, comparando-os entre si e atribuindo-lhes um valor de importância relativo, numa escala pré-definida, que indica a intensidade da predominância de um fator em relação a outro, auxiliando a tomada de decisão.

Marques na obra citada., definiu níveis de hierarquização considerando a adequabilidade de áreas para a instalação de aterros sanitários, os componentes do meio físico (substrato rochoso, material inconsolidado, água e feições de relevo), os atributos relacionados a estes componentes e as classes de cada atributo com seus limites definidos como favoráveis, moderados, severos e restritivos para a instalação de aterros sanitários. Aplicou a lógica de comparação pareada para os elementos de mesmo nível hierárquico, definindo a importância relativa entre eles. Com os pesos de importância relativa obtidos, aplicou a equação proposta por Siddiqui, que define o índice que auxilia no zoneamento de áreas, por indicar o grau de adequabilidade entre as unidades encontradas no terreno para o fim proposto. A partir dos índices de adequabilidade para situações extremas, passíveis de ocorrer na natureza, estabeleceu uma “Escala de Valor”, com limites que definiram as classes de adequabilidade de acordo com a classificação proposta por (ZUQUETTE et. al. 1994).

## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.1. LOCALIZAÇÃO

O município de Descalvado (SP) está situado na porção centro-leste do Estado de São Paulo, região sudeste do país, entre as coordenadas aproximadas de latitudes  $21^{\circ}45'S$  -  $22^{\circ}00'S$  e longitudes  $47^{\circ}30'W$  -  $47^{\circ}45'W$  e está distante, aproximadamente, 250 km da capital deste Estado. A área do município possui uma extensão de aproximadamente  $756\text{Km}^2$  e está inserida na articulação das quadrículas (folhas topográficas) SF-23-V-C-IV-4-Descalvado, SF-23-Y-A-I-2-Corumbataí e SF-23- V-C-IV-2-Luis Antonio, SF-23- V-C-IV-3-Ibaté (IBGE, 1971), na escala 1:50.000 . Em relação à infra-estrutura viária, tem como principais vias de acesso a SP-215 (Washington Luís) e a SP-300 (Via Anhanguera) que são as vias de acesso a capital e aos pólos regionais de Campinas e de Ribeirão Preto. (Figura5.1).

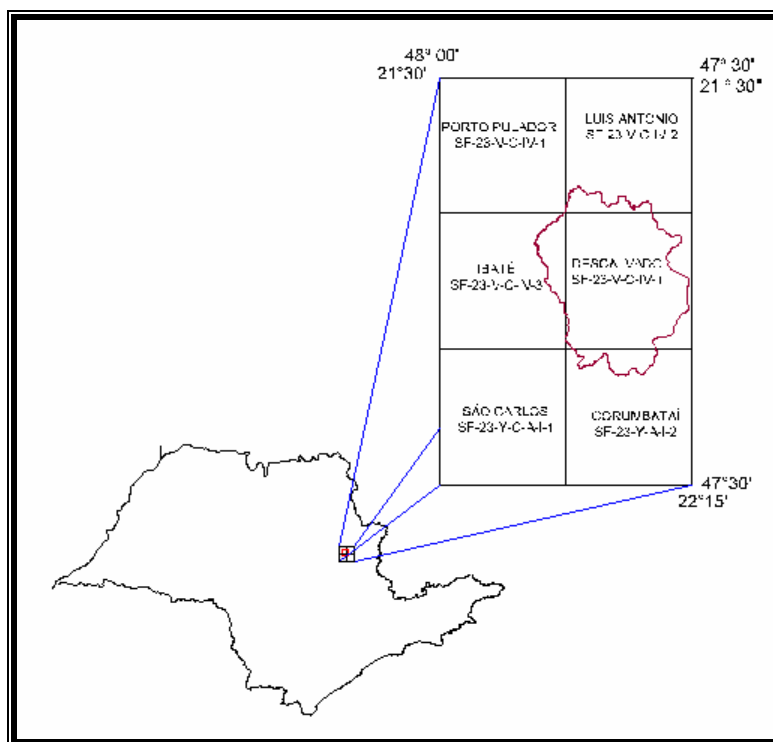


Figura 5.1: Localização da área de estudo e articulação da base cartográfica no estado.

De acordo com a divisão municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (BRASIL, 1999), o município de Descalvado mantém a seguinte relação de vizinhança com as cidades limítrofes, limita-se ao norte com os municípios de Luis Antonio e Santa Rita do Passa Quatro, a leste com Porto Ferreira e Pirassununga, ao sul com Analândia, e a oeste com São Carlos. (Figura 5.2).



Figura 5.2: Localização do Município de Descalvado em relação às cidades vizinhas.

Fonte: adaptado de Brasil, (1999).

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu, localizada na região sudoeste do estado de Minas Gerais noroeste do estado de São Paulo, estando o município de Descalvado contido na porção paulista do território desta bacia, (Fig. 5.3).

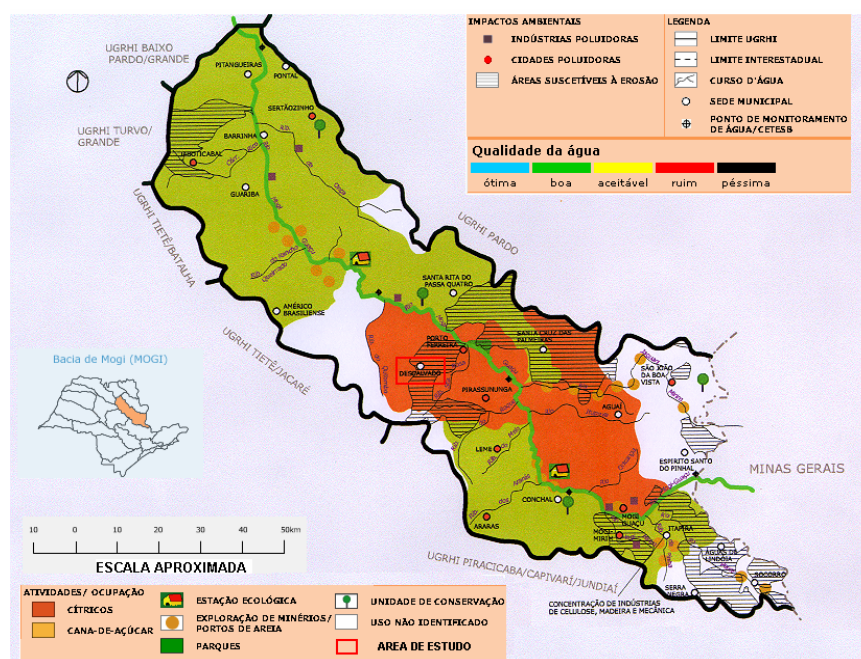


Figura 5.3: Bacia do Mogi Guaçu, com sua compartimentação.

A Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu teve sua área drenada subdividida em macroregiões ou macrozonas pela lei 7641, de 19 de dezembro de 1991. Essa lei dispõe sobre medidas de proteção ambiental e estabelece critérios para o uso e ocupação do solo para a área compreendida pelas Bacias dos Rios Mogi-Guaçu, Pardo e Médio Grande.

Essa divisão, resultante de uma série de discussões sobre o planejamento e gestão ambiental, implementada pela política estadual de recursos hídricos através dos comitês de bacia, foi uma tentativa de estabelecer diretrizes mais consistentes de localização para as atividades econômicas da área. Dessa forma a bacia do Rio Mogi-Guaçu enquadrou-se como Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos 09 (UGRHI-09) e foi subdividida em compartimentos ambientais ou econômico-ecológicos, com as características e dimensões que possibilitem seu planejamento e gestão e a necessária relação entre os elementos do meio físico e os aspectos sócio-econômicos (SÃO PAULO, 1995).

A área de estudo encontra-se no Compartimento Econômico-Ecológico Médio Mogi Superior, o qual se compõe dos Municípios de Américo Brasiliense, Descalvado, Guataparã, Luis Antonio, Motuca, Rincão, Santa Lúcia, Porto Ferreira e Santa Rita do Passa quatro. As maiores cidades deste compartimento são Descalvado (26.998 habitantes), Santa Rita do Passa Quatro (24.861 habitantes) e Américo Brasiliense (23.920 habitantes), (SÃO PAULO, 1995)

## **5.2. Aspectos socioeconômicos**

A região do município de Descalvado, segundo Oliveira (1995), é considerada uma das mais produtivas do estado de São Paulo, tendo como base de sua atividade econômica, a agropecuária, destacando-se os setores de avicultura, as culturas de laranja e cana-de-açúcar e a pecuária. A avicultura começou na década de 50, com a exploração de aves poedeiras, e posterior e posteriormente com aves de corte, atividade esta mantida até os dias atuais, com uma produção mensal de 3,5 milhões de aves. Dominando todas as fases do seu processo produtivo desde a postura de ovos férteis a té o beneficiamento do frango abatido, Descalvado é conhecida como a “Capital do Frango de Corte” com um faturamento que ultrapassa a soma das demais atividades agrícolas do município.

Com um parque industrial ainda jovem, o setor secundário, contribui significativamente para a geração de renda do município, as empresas instalaram-se na região a partir da década de 80, destacando-se as atividades de exploração mineral de areia para vidro de fundição,



produção de álcool e açúcar, e de produtos alimentícios.

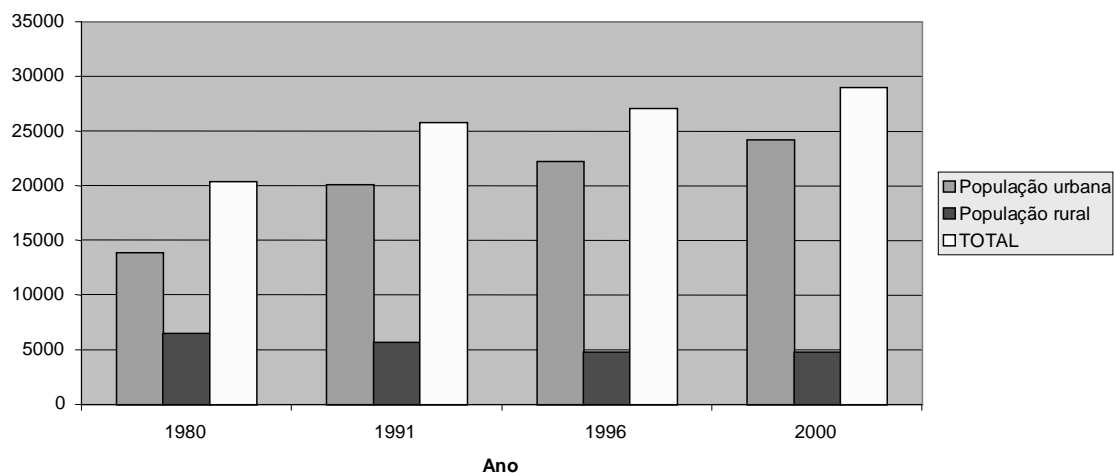
O setor terciário na região, constitui-se de microempresas de administração familiar e vem crescendo nos últimos anos.

### **5.3. Demografia**

Segundo os dados do censo demográfico relativo da população e aos domicílios Brasil, (2000), o município de Descalvado apresenta uma população total de 28.921 habitantes, com a seguinte distribuição, 24.136 habitantes residindo na zona urbana, representando a maioria (83%) e 4.785 habitantes residindo na zona rural.

Considerando-se os dados relativos à população para o ano de 2000, segundo a Fundação Sistemas de Análises de Dados São Paulo (2001), na Figura 5.4, observa-se o comportamento populacional de Descalvado, conforme os dados para a população urbana e rural no período de 1980 a 2000. No período de 1991 a 1996 a população urbana apresentou uma taxa de crescimento de 2,05% ao ano e no período de 1991 a 2000, essa taxa foi de 1,35% ao ano. Para o mesmo período verificou-se para a população rural a taxa de crescimento de -3,19%. Observa-se, portanto um decréscimo na população rural, e um aumento considerável na população urbana, conseqüência do processo de urbanização das últimas décadas.

## Varição da População de Descalvado



<i>ANO</i>	<b>População urbana (habitantes)</b>	<b>População rural (habitantes)</b>	<b>População rural (habitantes)</b>
<b>1980</b>	13.690	6.572	20.262
<b>1991</b>	19.973	5.674	25.627
<b>1996</b>	22.324	5.246	27.570
<b>2000</b>	24.148	4.792	28.940

Figura 5.4 – Variação populacional de Descalvado, de 1980 a 2000.

Fonte: Fundação Sistemas de Análises de Dados São Paulo (2001).

Segundo os Dados de Informações dos Municípios Paulistas reunidas em indicadores socioeconômicos e demográficos, por São Paulo (2001), observa-se no Quadro 5.1 para o período de 1980 a 2000, no Município de Descalvado as taxas de natalidade, mortalidade geral e infantil, taxa de urbanização e densidade demográfica. Os dados apontam uma diminuição da taxa de natalidade e mortalidade infantil e o conseqüente aumento na taxa de urbanização em função das diminuições da população rural e da densidade demográfica.

Tabela 5.1 - Taxas de natalidade, mortalidade, urbanização e densidade demográfica.

<b>Indicadores</b>	<b>1980</b>	<b>1991</b>	<b>1996</b>	<b>2000</b>
Taxa de natalidade (por mil habitantes)	24,97	19,18	18,04	14,89
Taxa de mortalidade geral (por mil habitantes)	6,96	6,47	6,85	6,60
Taxa de mortalidade infantil (por mil nascidos vivos)	24,97	19,18	18,04	14,89
Taxa de Urbanização (%)	67,56	77,80	80,97	83,44
Densidade demográfica (habitantes/km <sup>2</sup> )	27,37	34,64	36,34	38,95

Fonte: Fundação Sistemas de Análises de Dados São Paulo (2001).

#### **5.4. Clima vegetação natural e balanço hídrico**

O clima da região estudada é classificado, de acordo com o sistema de Köppen, como sendo do tipo Cwa, isto é, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18° C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C.

Segundo São Paulo (1984), na região há a presença de solos profundos com baixo potencial nutricional a vegetação mais comum era representada pelos campos cerrados, cerrados e cerradões que com o decorrer do tempo, mesmo com a crescente ocupação do solo com reflorestamentos, cultura de *Citrus* e de cana-de-açúcar, além da ocupação urbana, em algumas partes da região, ainda persistem e com áreas extensas e em outras restam poucas áreas preservadas.

Segundo Thornwaite, Matter citado por São Paulo (1984), no balanço hídrico da região, há uma nítida distinção entre a estação seca (maio a setembro), com conseqüente deficiência hídrica e, a chuvosa (outubro a abril) Figura 5.4. Segundo Oliveira; Prado citado por São Paulo (1984), a região apresenta os regimes hídricos e térmicos definidos como údicos e hipotérmicos, respectivamente, para as áreas inferiores a 1000 metros e o térmico nas mais elevadas, valores que interferem nas diferenças climáticas de forma intensa o suficiente para provocar alterações significativas nas características morfológica e químicas dos solos da região.

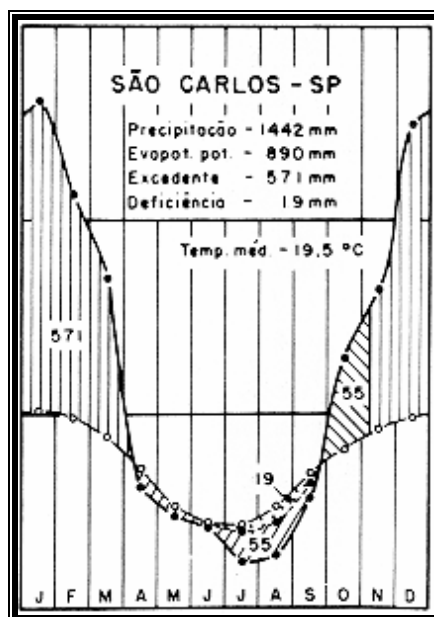


Figura 5.5 - Diagrama do balanço hídrico de uma área contígua a Descalvado (SP),  
 Fonte: Thornwaite, Matter citado por São Paulo (1984).

A presença das “*cuestas*” na região, segundo Moraes citado por Feres (2002), tem sensível influência no clima local, determinando fortemente no regime pluviométrico e na variação de temperaturas. A quantidade de dias de chuva e o total da precipitação é superior em direção à frente de “*cuesta*”, aparecendo manchas de maior pluviosidade, menor temperatura e maior frequência de ocorrência de geadas nas porções mais altas da “*cuesta*.” Figura 5.6.

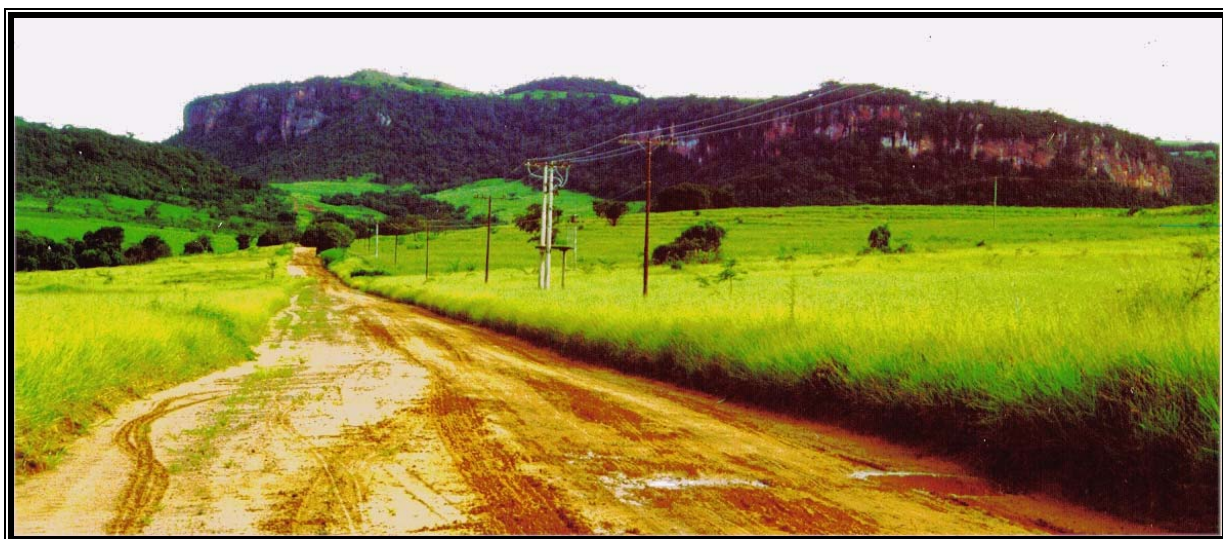


Figura 5.6 – Aspecto da frente de *cuesta*.  
 Fonte: Torezan (2001).

## 5.5. Pedologia

O mapa pedológico da Quadrícula de Descalvado foi elaborado por São Paulo-IAC (1982) e possui as seguintes classes de solos, descritas por ordem de importância quanto às suas distribuições espaciais, conforme correlação com a classificação da Embrapa (1999) elaborada por Feres (2002) como a seguir:

### -- NEOSSOLOS

- **Areia Quartzosa:** caracteriza-se pela presença de solos profundos, não hidromórficos, desenvolvidos sobre material de origem arenoso excetuando-se os depósitos aluviais recentes, apresenta perfil constituído de um horizonte A fraco ou moderado, raramente proeminente, assentado sobre um regolito inconsolidado, pouco diferenciado. Em sua composição, a maior fração é de quartzo, 70% ou mais e a fração argila é inferior a 15%. Foram incluídas nesta classe solos de granulometria idênticas a parte mais grosseira da textura franco-arenosa na classificação textural com teor de argila inferior a 15%. No estado de São Paulo a fração silte dos solos de textura grosseira, raramente ultrapassa 10% conferindo nesta condição a estes solos, qualquer que seja sua classe textural comportamento semelhante, o mesmo não se dando para outros solos com teor de argila superior a 15%.
- **Areias Quartzosas Profunda (AQ álicas, A moderado, excessivamente drenada, textura arenosa).** Na área de estudo apresenta como material de origem, os arenitos das Formações Pirambóia e Santa Rita do Passa Quatro, figura 5.7.

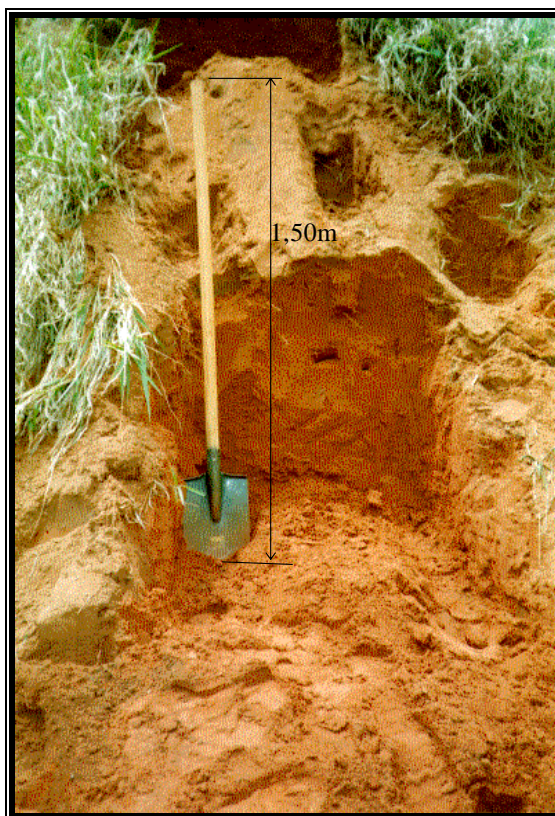


Figura5.7: Perfil de Areia Quartzosa profunda (NEOSSOLOS) na quadrícula de Descalvado-SP.

- Solos litólicos, apresentam como principal característica a pequena espessura do solum, com espessura inferior a 40cm e ainda o seu horizonte diagnóstico de subsuperfície é ausente ou quando existe é muito pouco espesso. Apresentam horizonte A fraco, moderado, proeminente ou chernozêmico assente sobre a rocha (A, R), sobre o horizonte C de pequena espessura (A, C, R), sobre o horizonte B incipiente ou argiloso de poucos centímetros [A, (B), C, R] OU (A,Bt, C, R). Jovens e pouco evoluídos, geralmente apresentam teores relativamente elevados de minerais primários com baixa resistência ao intemperismo e minerais de argila do grupo das esmectitas, conferindo-lhes elevados valores de capacidade de troca catiônica da fração argila. Quando oriundos de substrato de rochas sedimentares apresentam textura indiscriminada e quando originados de substrato de diabásio ou de basalto apresentam textura argilosa ou muito argilosa.

-- **LATOSSOLOS:** Apresentam um horizonte B latossólico com pelo menos, 30cm de espessura imediatamente abaixo de um horizonte A fraco, moderado, proeminente ou

chernozêmico, e quando a drenagem é deficiente, não possuem horizonte glei a menos de 80cm de profundidade.

- Latossolo Vermelho-Amarelo (LV álico, A moderado, textura média): são solos com predominância da cor vermelho amarela, quando argilosos apresentam teores médios de óxido de ferro (entre 7 e 11%) ou se apresentarem textura média a relação de óxido de alumínio em relação ao óxido de ferro é maior que 3,14. Na região de Descalvado predominam os solos distróficos com alta saturação em alumínio.
- Latossolo Roxo (LR eutrófico ou distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa): resultam do intemperismo de rochas básicas (basaltos e diabásios), apresentam altos teores de óxido de ferro totais, maior que 18%; titânio (maior que 3%). Podendo conforme a sua composição mineralógica apresentarem-se com variação de cor avermelhada para a amarelada. Há na sua composição, elevados teores de magnetita e quando secos e pulverizados apresentam forte atração magnética, característica marcante que é utilizada no campo para diferencia-los dos latossolos vermelho escuros, dada as suas semelhanças. Estes solos geralmente atingem vários metros de profundidade.
- Latossolo Vermelho-Escuro (LE álico, A moderado, textura média a argilosa): apresentam-se nas cores vermelho-escuras, vermelhas e bruno-avermelhado-escuras, no reconhecimento desta classe de solos no campo confunde-se com os latossolos roxos, tanto pela cor como pelas condições fisiográficas de ocorrência semelhantes sendo diferenciados pela intensidade da atração magnética. Estes solos são provenientes do intemperismo e retrabalhamento de sedimentos finos: argilitos e siltitos com variada contribuição de rochas básicas, que provoca a em sua composição a presença de variados teores de ferro.

## **-- NITOSSOLOS**

- Terra Roxa Estruturada (TE, textura argilosa); São solos derivados de rochas básicas, apresentando horizonte B textural argiloso ou muito argiloso, com baixa relação textural, teores totais de óxido de ferro e óxido de titânio relativamente elevados ao longo do perfil (óxido de ferro maior que 15% e óxido de titânio maior que 1,5 %).

## **-- ARGISSOLOS**

- Podzólico Vermelho-Amarelo (PV, textura arenosa/ média a média/argilosa): nesta classe apresentam-se solos com horizonte B textural não hidromórficos com horizontes muito diferenciados devido a diferenciação de estrutura cor e textura, variando de moderadamente profundos a profundos (raramente rasos).

## **-- GLEISSOLOS**

- Solos hidromórficos (Hi, textura indiscriminada): nesta classe de solo a característica mais importante é a presença do horizonte glei a menos de 80cm de profundidade, resultante de marcante processo de redução , decorrente de regime hídrico áquico, já que estão associados às calhas de drenagem e topografia muito plana. Apresentam cores neutras, com ou sem mosqueamento proeminente ou distinto.

A figura 5.8 mostra extrato do Mapa Pedológico desenvolvido por São Paulo (1982), contendo a Bacia do Bonito a qual faz parte da área de estudo, com as modificações taxonômicas introduzidas por Embrapa citado por Feres (2002) onde constam a variabilidade espacial das classes de solo da área.



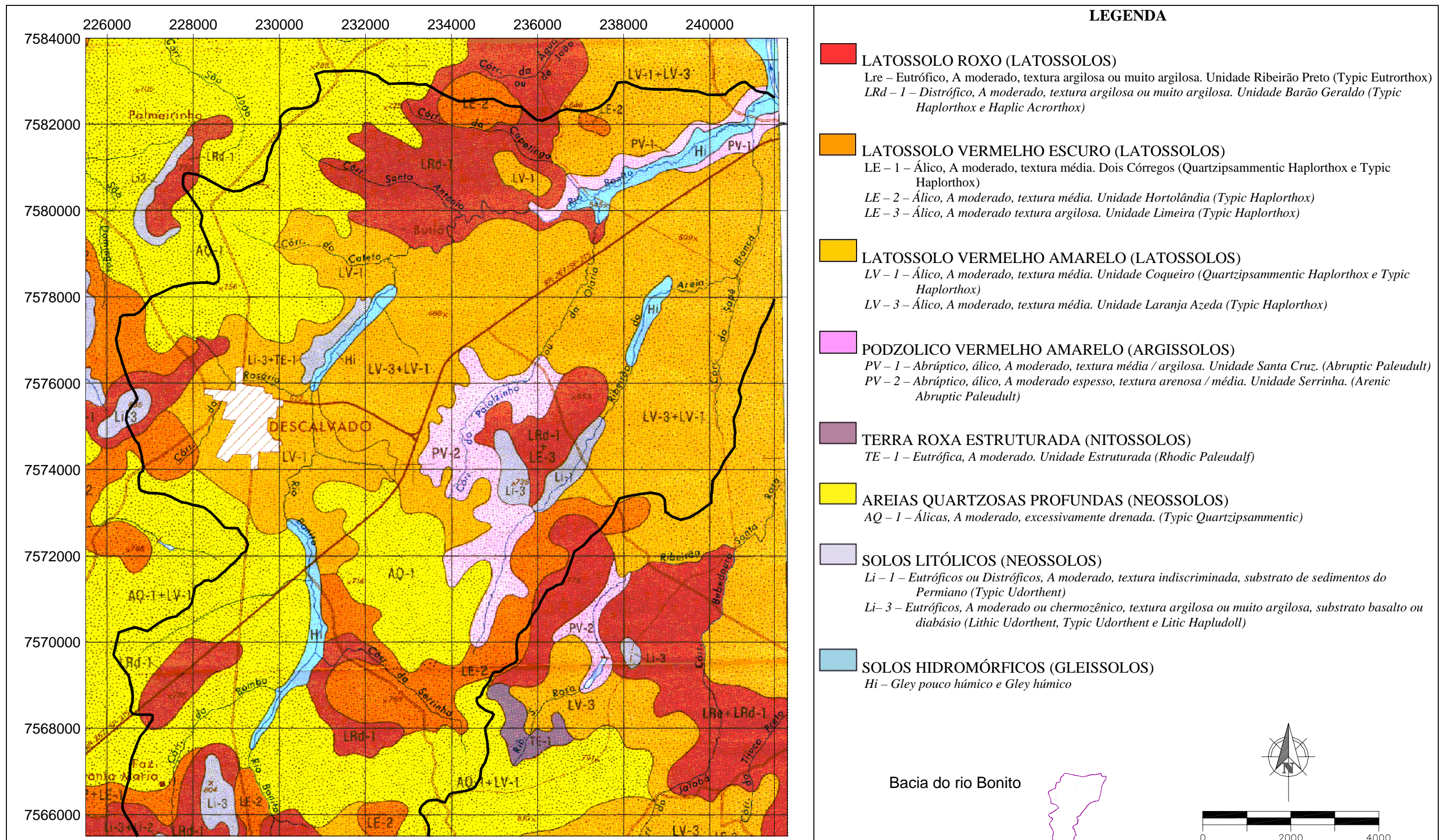


Figura 5.8: Extrato do Mapa Pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Descalvado.

Fonte: São Paulo, Embrapa citado por FERES (2002).



## 5.6. Geologia

Segundo Brasil (1979), São Paulo (1981), Melo (1995), a área estudada situa-se na Bacia Sedimentar do Paraná e apresentando as seguintes formações geológicas:

- **Formação Corumbataí (Permiano Superior):** essa formação é constituída, na sua seção inferior, de um pacote de argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros e pretos, com fraturas conchoidais e concreções calcíferas e ainda um conjunto de argilitos e folhelhos cinza-escuros, de aspecto rítmico, com ocasionais leitos de calcário silicificados, oolítico, além de níveis coquinóides. Na seção superior da formação, ocorre uma seqüência de argilitos e arenitos finos, argilosos, regular a bem classificados, esverdeados, arroxeados e avermelhados. Localmente desenvolvem-se bancos calcíferos com abundantes fragmentos de conchas. Apresenta uma espessura máxima ao redor de 200m, em sua área aflorante na região de Piracicaba , e distribui-se espacialmente numa direção aproximadamente norte-nordeste, que se prolonga desde o sudeste de Laras até nordeste do estado, região de Santa Rosa do Viterbo, onde apresenta cerca de 90m de espessura (Figura 5.9).

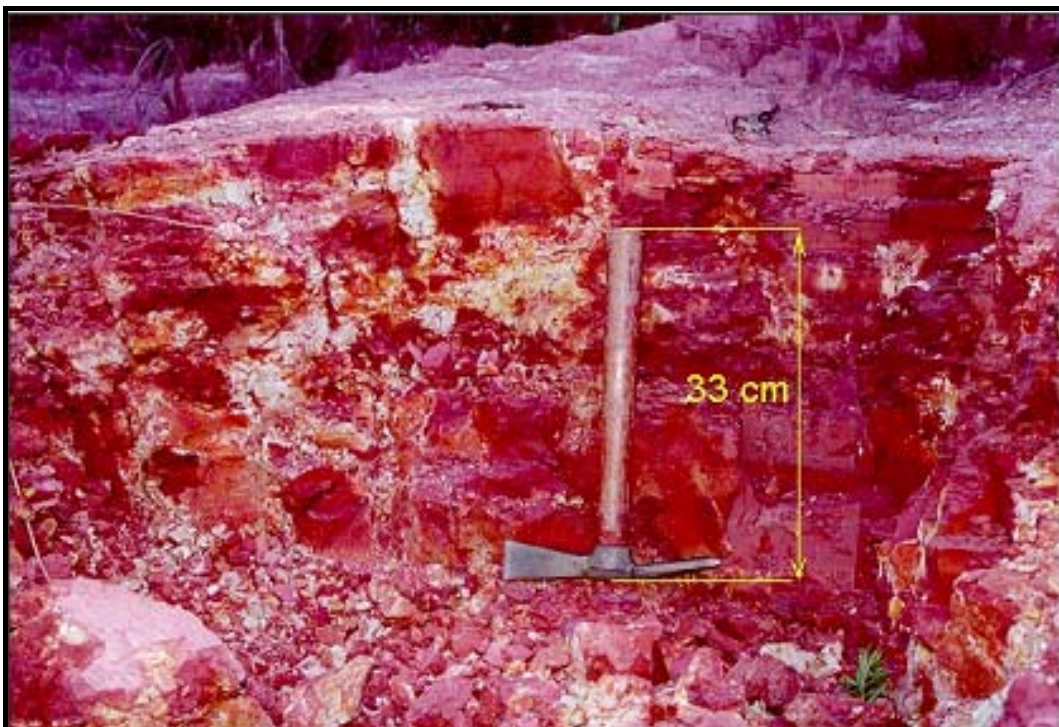


Figura 5.9 Saprolito da formação Corumbataí  
Fonte: Torezan (2000).

- **Formação Pirambóia (Triássico):** constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados e róseos, médios a muito finos, ocasionalmente grosseiros, regularmente classificados, siltico-argilosos, quartzosos, com grãos subarredondados e intercalações de siltitos e argilitos. Mais raramente, observam-se ainda arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzo e também de argila, com matriz areno-argilosa. Na seção inferior os arenitos tornam-se finos, predominando fácies bastante argilosa (Figura 5.10 e 5.11).



Figura 510 Formação Pirambóia, arenito típico mostrando suas variações.  
Fonte: Torezan (2000).





Figura 511 – Perfil de alteração da Formação Pirambóia, material residual típico mostrando feições de erosão na base do talude

Fonte: (Lorandi et al 1999).

Apresentam acamamento plano-paralelo e estratificação cruzada do tipo planar, menos comumente acanalada, de pequeno e médio porte. Segundo Andrade; Soares citado por Brasil (1979), essa formação atinge uma espessura máxima de 260m, próximo a cidade de São Pedro, tendendo a diminuir em direção ao norte e, apresenta amplo domínio distributivo na área pesquisada.

- **Formação Botucatu (Jura-Cretáceo):** é constituída por arenitos róseos, avermelhados e esbranquiçados, finos a médios; e também muito finos, regularmente a bem classificados, friáveis a bem silicificados, com grãos arredondados e foscos, apresentando na base corpos de arenitos conglomeráticos e conglomerados. De acordo com Soares citado por Brasil na obra citada., essa formação apresenta espessura bastante variável, mas raramente ultrapassa os 150m, sendo o valor médio da ordem de 50 a 70m (Figuras 5.12 e 5.13).



Figura 5.12 – Saprolito de arenito da Formação Botucatu  
Fonte: Lorandi et al (1999)



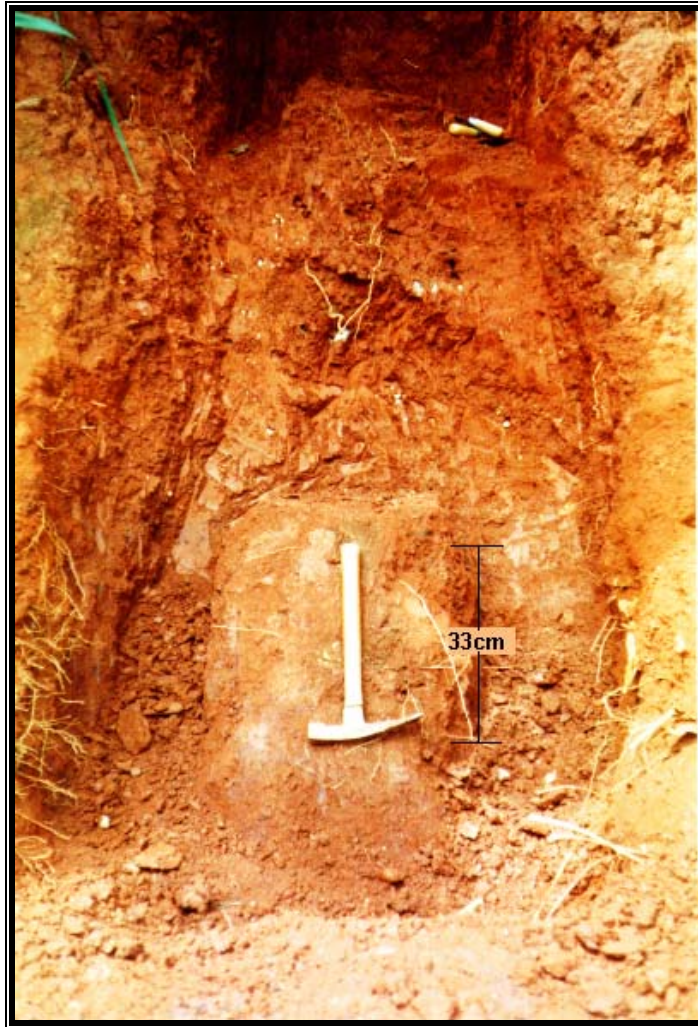


Figura 5.13 – Saprolito da Formação Botucatu  
Fonte: Lorandi et al (1999)

- **Formação Serra Geral (Jura-Cretáceo):** essa formação compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas, toleíticas, de textura afanítica e de cor cinza escura a preta e intrusivas associadas (diques e soleiras) bastante comuns na área, contendo intercalações de lentes e camadas arenosas, de textura fina a média, com estratificação cruzada, que capeiam as formações gonduânica da bacia do Paraná. A espessura máxima dos derrames inferiores é de aproximadamente 100m, medida a oeste de Descalvado, mas com um valor médio de 40m e um máximo de 400m na serra de Botucatu.
- **Formação Itaqueri (Cretáceo/Terciário):** essa formação, definida por Almeida, Barbosa citado por São Paulo (1981b), ocorre em mancha irregular no reverso da cuesta basáltica, isolada de outras coberturas pós-trapianas, representando suas partes

mais elevadas testemunhos da antiga extensão do Planalto Ocidental. Sua espessura máxima observada é de 125 metros e é litologicamente constituída por membros alternados de arenitos com cimento argiloso, folhelhos e conglomerados ferríferos ou não. Ocorre predominância dos arenitos, sendo que os demais depósitos de extensão limitada, geralmente na forma lenticular alongada.

- **Formação Santa Rita do Passa-Quatro (Terciário ?):** É representada por capeamentos terciários pouco espessos (da ordem de alguns metros) mas com ampla distribuição horizontal. Constitui-se de areias sem qualquer tipo de estrutura sedimentar que apresentam na base, uma linha de seixos ou cascalheira, composta por seixos predominantemente de quartzo e fragmentos de limonita. Segundo os parâmetros de Folk & Ward, os sedimentos dessa formação apresentam correspondente à fração areia muito fina (diâmetro médio 0,1mm). Esses grãos, essencialmente de quartzo, são pobremente selecionados (grau de seleção 1,88). Sua distribuição granulométrica constitui-se de 74% a 94% de areia, com uma matriz argilosa variando entre 6 a 19%. Ocorre como depósito de espigão, ocupando altitudes que vão de 700 a 940m (Figura 5.14).



Figura 5.14 – Material inconsolidado residual da formação Santa Rita com feições erosivas ao longo do talude Fonte: Lorandi et al (1999).

- **Formação Pirassununga (Terciário ?):** É constituída por sedimentos arenosos inconsolidados, não estratificados e sem estrutura, verticalmente homogêneos, sobrepostos indiferentemente às formações mais antigas, em cuja base têm sido encontradas, por vezes, linhas de seixos subangulares e arredondados, de formas variadas, ou cascalheiras de espessura centimétrica, ambas compostas por seixos de quartzo, quartzito e limonitas (concreções). Sua espessura não ultrapassa vinte metros e dispõe-se de modo descontínuo na folha de Leme. A coloração predominante desses sedimentos é marrom-avermelhada, com baixo grau de seleção, contendo minerais argilosos, grãos de quartzo com vários índices de arredondamento, às vezes com película de óxido de ferro secundário e minerais máficos. O seu ambiente de sedimentação seria de origem continental, flúvio-lacustre.
- **Depósitos Recentes (Quaternário):** composta de planícies aluvionares bem desenvolvidas e que ocorrem ao longo dos rios Moji-Guaçu, Bonito e Claro e em parte dos cursos d'água de menor expressão da Quadrícula de Descalvado (SP). Esses depósitos, de várzeas e terraços, são constituídos de areias, argilas e cascalhos.

No Anexo V, tem-se o Mapa de Formações Geológicas de Superfície. Analisando-se este mapa, nota-se que o mesmo tem grande importância, para a identificação das formas de utilização do solo, com base nas diferentes formas de intervenção humana no espaço natural, que através das novas tecnologias, buscam suprir as necessidades da sociedade moderna, seja para atender a população rural ou a população urbana, através de novas formas de plantio, criação e produção industrial, refletindo diretamente na geração de poluentes que na forma de resíduos, trazem riscos geológicos e ambientais para a área ocupada. Na (Figura 5.15), observa-se a contribuição de cada unidade estratigráfica, distribuídas espacialmente em porcentagem de área.



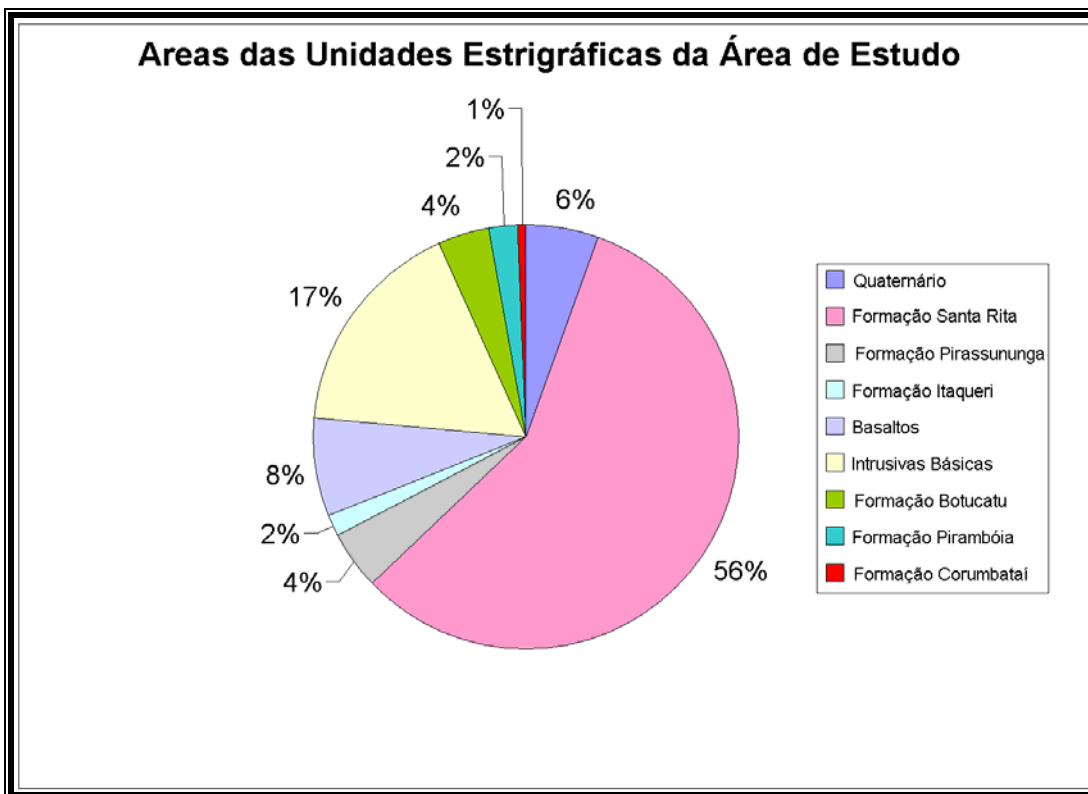


Figura 5.15 – Gráfico representando a distribuição relativa à área de cada unidade estratigráfica, em porcentagem.

Observa-se no gráfico exposto acima que a Formação Santa Rita do Passa Quatro constitui a maior parte da área.

(Terciário) - Massoli (1981), descreve esta formação como Capeamentos Terciários (?), pouco espessos, mas com ampla distribuição horizontal. Constituem-se de areias em matriz argilosa, sem estruturas sedimentares com cascalheira basal de seixos predominantemente de quartzo. Na área estes sedimentos têm coloração marrom, são muito friáveis e apresentam grânulos de quartzo dispersos em toda a espessura, que é da ordem de 5 a 15 m.

### 5.7. Geomorfologia

Segundo a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo São Paulo (1997), a área do projeto localiza-se na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, abrangendo parcialmente duas Unidades Morfoesculturais, que apresentam as seguintes características:

1) Planalto Ocidental Paulista: essa unidade ocupa praticamente 50% da área total do Estado de São Paulo, sendo que o relevo desta morfoescultura é, no geral, levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados Figura 5.16.

Neste planalto, que abrange a parte superior e média do Rio Bonito, identificam-se variações fisionômicas regionais, que possibilitaram delimitar unidades geomorfológicas distintas, dentre as quais localmente destaca-se a do *Planalto Residual de São Carlos*, caracterizada por corresponder ao reverso da Cuesta no interflúvio Tietê/Moji-Guaçu. Nesta unidade, segundo o autor *op.cit.*, predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado na área do projeto constitui-se basicamente por colinas de topos tabulares (Dt), com vales com entalhamento inferior a 20m. e dimensão interfluvial acima de 3.750m, Figura 5.1.7

2) Depressão Periférica Paulista: esculpida quase que totalmente nos sedimentos Paleo-mesozóicos da bacia, essa morfoescultura é representada na área pela unidade morfológica denominada Depressão de Moji-Guaçu. Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais, cujo modelado constitui-se basicamente por colinas de topos tabulares amplos, onde os vales são, entalhados até 20m. e a dimensão interfluvial oscila entre 1.750m a 3.750m. As altimetrias predominantes estão entre 500 e 650m, e as declividades predominam entre 5 e 10%.



Figura 5.16 – Relevo de morros (Morro Santo Antonio, em destaque) com encostas suavizadas.

Fonte: Lorandi et al. (1999)



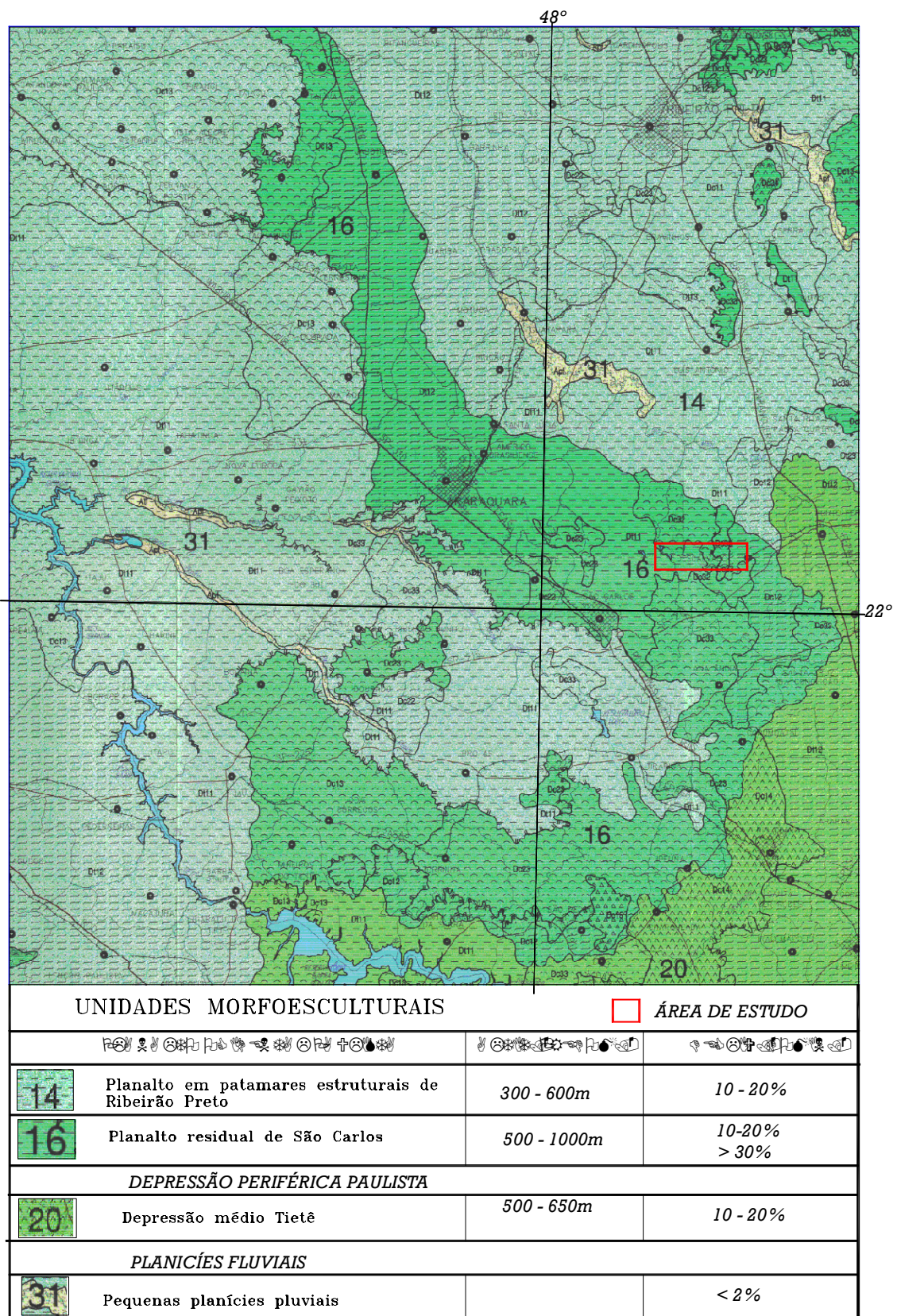


Figura 5.17 – Parte do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo contendo a área de estudo em detalhe.

Fonte: São Paulo (1997).

## **5.8. Hidrogeologia**

### **5.8.1 Introdução**

Ao longo de toda a sua existência o Homem sempre buscou naturalmente suprir suas necessidades aliadas a sua sobrevivência, dentre elas, a necessidade de consumo de água para garantir sua sobrevivência. Porém, uso das águas superficiais torna-se cada vez mais problemático, em virtude da precariedade dos sistemas de saneamento básico, da quantidade insuficiente e dos elevados custos dos sistemas de tratamento necessários para o atendimento aos padrões adequados ao abastecimento público. Assim, os recursos hídricos subterrâneos tornam-se uma alternativa de abastecimento simples, confiável, eficiente, de baixo custo e com alta disponibilidade.(SÃO PAULO, 2001).

Nos centros urbanos a água subterrânea tem importante papel no abastecimento público. A partir da década de 70 vem se acentuando a exploração de águas subterrâneas no Brasil, com um número muito grande de poços tubulares ativos (20.000), existindo ainda milhões de poços rasos para atender, hoje, centenas de centros urbanos de porte variado, demanda que tende a aumentar nos próximos anos em função do aumento demográfico aliado a expansão econômica e tecnológica e também pelas relativas vantagens sobre as águas superficiais (SÃO PAULO, 1997).

Em relatório apresentado em 1997, a CETESB indicou que 72% dos municípios do estado de São Paulo são total ou parcialmente abastecidos por água subterrânea. Assim, a água subterrânea é fonte prioritária de abastecimento público no Estado e em função da qualidade dessas águas, a participação das mesmas tende a crescer, como está ocorrendo em outros países, principalmente nos mais desenvolvidos. Também os setores industrial e agropecuário são outros importantes usuários da água subterrânea do Estado de São Paulo, (SÃO PAULO, 2002).

### **5.8.2 Unidades aquíferas**

Aquífero é uma formação geológica, formada por rochas permeáveis seja pela porosidade granular ou pela porosidade fissural, capaz de armazenar e transmitir quantidades significativas de água. O aquífero pode ser de variados tamanhos. Eles podem ter extensão de poucos km<sup>2</sup> a milhares de km<sup>2</sup>, ou também, podem apresentar espessuras de poucos metros a

centenas de metros. Quando a unidade aquífera é formada por mais de uma formação geológica, com características hidrogeológicas semelhantes, podemos chamá-la de sistema aquífero. A composição dos aquíferos pode ser bastante variada, mas de forma geral, podemos subdividi-lo em dois grupos principais. Nos aquíferos sedimentares, formados por sedimentos de granulação variada, a água circula através dos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila. Os aquíferos cristalinos são formados por rochas duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fissuras e fraturas abertas devido ao movimento tectônico, (SÃO PAULO, 2002).

No estado de São Paulo, as unidades hidroestratigráficas dividem-se em dois grandes grupos: aquífero sedimentar onde a permeabilidade ocorre por porosidade granular e aquífero fissurado, cuja permeabilidade se dá por descontinuidades rúpteis. Compõe-se pelo Sistema Cristalino e Sistema Aquífero Serra Geral, caracterizados, do ponto de vista hidrogeológico, por sua extensão regional e pelo caráter fissurado, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico comportando-se eventualmente como aquífero livre a semi- confinado. No estado de São Paulo predominam os aquíferos sedimentares, que ocupam dois terços de sua área total, representados pelos Sistemas Aquíferos Tubarão, Botucatu e Bauru e pelos Aquíferos Furnas e Taubaté, São Paulo e Coberturas Cenozóicas. Desses o Sistema Aquífero Botucatu é a maior e principal reserva de água subterrânea do estado, englobando as formações geológicas Botucatu e Pirambóia, com 90% de sua área total confinada pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral. (SÃO PAULO, 1997).

O Sistema Aquífero Botucatu, também chamado Aquífero Guarani, é a principal reserva subterrânea de água doce da América do Sul e um dos maiores sistemas aquíferos do mundo, ocupando uma área total de 1,2 milhões de Km<sup>2</sup> na Bacia do Paraná e parte da Bacia do Chaco-Paraná. Estende-se pelo Brasil (840.000 Km<sup>2</sup>), Paraguai (58.500 Km<sup>2</sup>), Uruguai (58.500 Km<sup>2</sup>) e Argentina, (255.000 Km<sup>2</sup>). Sua maior ocorrência se dá em território brasileiro (2/3 da área total) abrangendo os Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, (SÃO PAULO, 2002).

O Aquífero Guarani, denominação do geólogo uruguaio Danilo Anton em memória do povo indígena da região, tem uma área de recarga de 150.000 Km<sup>2</sup> e é constituído pelos sedimentos arenosos da Formação Pirambóia na Base (Formação Buena Vista na Argentina e



Uruguai) e arenitos Botucatu no topo (Misiones no Paraguai, Tacuarembó no Uruguai e na Argentina) figura 5.18

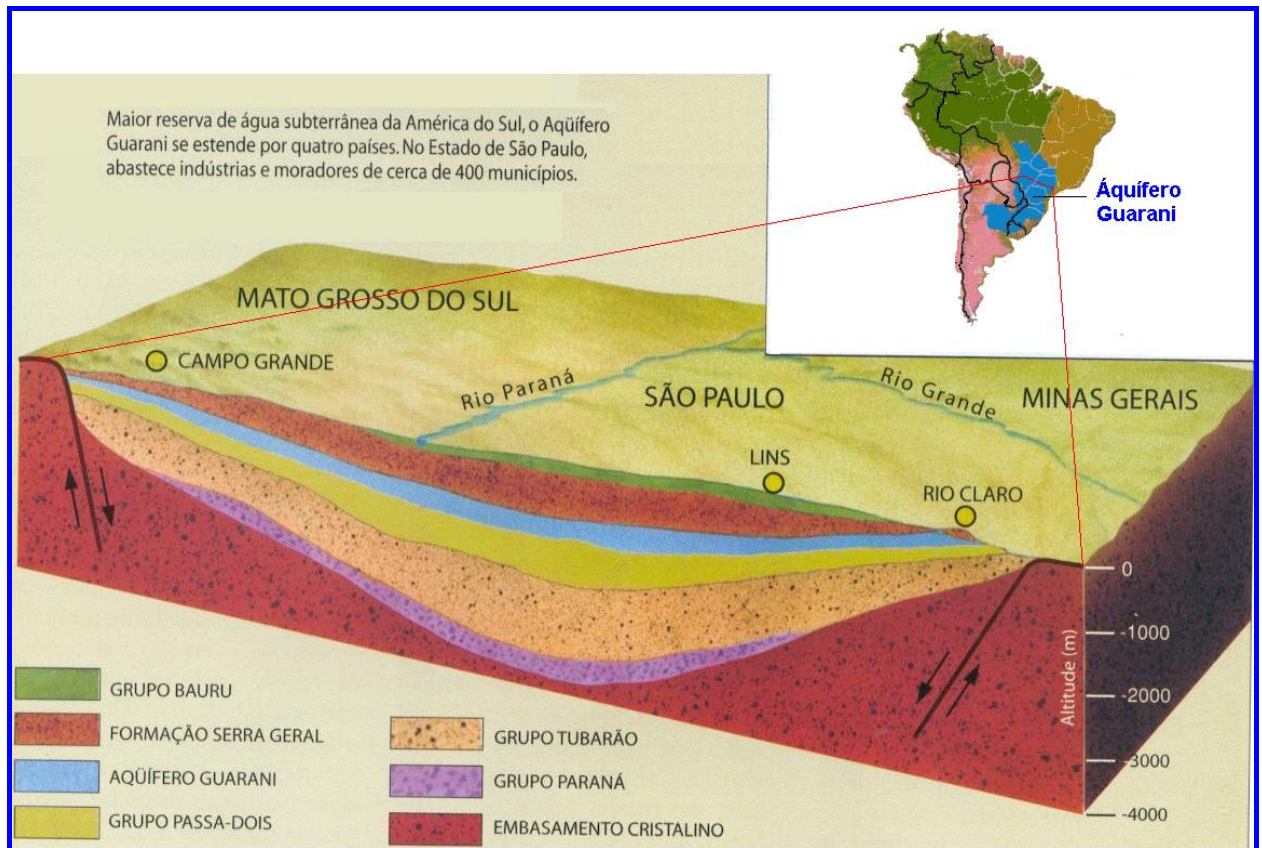


Figura 5.18 Área de abrangência do Aquífero Guarani no América do Sul e corte transversal  
Fonte: modificado de BONOTTO, 2001, citado por (Galiano 2001).

O Aquífero Guarani constitui-se em uma importante reserva estratégica para o abastecimento público, para o desenvolvimento das atividades econômicas e do lazer. Sua recarga natural anual (principalmente pelas chuvas) é de 160 Km<sup>3</sup>/ano, sendo que desta, 40 Km<sup>3</sup>/ano constitui o potencial explorável sem riscos para o sistema aquífero. As águas em geral são de boa qualidade para o abastecimento público e outros usos, sendo que em sua porção confinada, os poços tem cerca de 1.500 m de profundidade e podem produzir vazões superiores a 700m<sup>3</sup>/h. (SÃO PAULO, 2002), (SÃO PAULO, 1997).

Ainda segundo São Paulo (2002); São Paulo (1997), no Estado de São Paulo, o Aquífero Guarani é explorado por mais de 1000 poços e ocorre numa faixa no sentido sudoeste-nordeste. Sua área de recarga ocupa cerca de 17.000 Km<sup>2</sup> onde se encontram a maior parte dos poços. Esta área é a mais vulnerável e deve ser objeto de programas de planejamento e gestão ambiental permanentes para se evitar a contaminação da água

subterrânea e sobreexploração do aquífero com o conseqüente rebaixamento do lençol freático e o impacto nos corpos d'água superficiais. Por ser um aquífero de extensão continental com característica confinada, muitas vezes jorrante, sua dinâmica ainda é pouco conhecida, necessitando maiores estudos para seu entendimento, de forma a possibilitar uma utilização mais racional e o estabelecimento de estratégias de preservação mais eficientes.

O município de Descalvado situa-se sobre sistema Aquífero Sedimentar Guarani, encontrando-se no compartimento Médio Superior da Bacia do Mogi-Guaçu, sendo a área abastecida pelos Córregos do Sapé e da Prata, do Rosário e do Buraco da Onça, pelos Rios Bonito e Ribeirão da areia Branca., (SÃO PAULO, 1995).

As atividades antrópicas exercidas com relação à exploração águas subterrâneas tem uma visão imediatista, de uso deste recurso, inexistindo mecanismos legais e normativos de controle, o que torna os aquíferos muito vulneráveis aos impactos ambientais conseqüentemente à poluição. A vulnerabilidade de um aquífero à poluição significa sua maior ou menor suscetibilidade em ser afetado por carga contaminante, condicionada por fatores naturais, como acessibilidade da zona saturada à penetração de poluentes, e capacidade de atenuação da carga poluidora. A interação desses fatores com elementos poluidores, sua disposição no solo e a mobilidade físico-química, permite avaliar o grau de risco de poluição do aquífero, (SÃO PAULO, 1997).

Assim, o estudo de SÃO PAULO-IG/CETESB/DAEE, citado por São Paulo (1995), aponta que, entre os sistemas aquíferos da região das bacias dos rios Moji-Guaçu, Pardo e Grande, o Botucatu-Pirambóia é o que apresenta os maiores índices de vulnerabilidade, por sua constituição arenosa, com baixo teor de argila e caráter homogêneo. Os maiores índices ocorrem nas áreas onde os aquíferos estão a menos de 10 m. de profundidade.

## **5.9 Hidrografia**

Regionalmente, o município de Descalvado encontra-se inserido no compartimento Médio Superior da Bacia Hidrográfica Mogi-Guaçu, e tem sua rede hidrográfica fazendo parte desta bacia hidrográfica. Os afluentes do rio Mogi-Guaçu, o atingem pela sua margem esquerda, caracterizando-se todos eles pela sua direção geral sul-norte, sendo os principais : o rio Quilombo, o rio do Pântano e o rio Bonito, que correm em vales amplos sendo que em

algumas áreas o vale se alarga e os rios se espriam formando meandros. Uma análise do Mapa de Documentação (Anexo III) mostra que os sub-afluentes sempre desembocam perpendicularmente nesses rios, indicando um aproveitamento dos diáclases de basalto ou outra estrutura geológica.

A descarga destes rios varia durante o ano de acordo com o clima. Na época da seca são pequenos riachos, na época das chuvas se transformam em rios de grande volume d'água. Devido a esta variação, aumenta muito o seu poder de carregar sedimentos provocando assoreamentos em regiões de pouca profundidade.

As áreas pantanosas são comuns, pois sendo planas, os rios perdem velocidade ocorrendo uma diminuição no poder de transporte causando a deposição de sedimentos. Merece destaque o rio do Pântano que nascendo no alto do planalto ocidental (Serra de Descalvado) se dirige para o “front” da cuesta, e graças ao seu poder de encaixamento, foi erodindo as camadas menos resistentes até encontrar o arenito-silicificado, rocha dura, formando então uma belíssima queda.

### **5.9.1 Características dos corpos d'água**

**Rio do Pântano:** nasce na divisa com Analândia, atravessando 40 km do município na direção sul-norte até desembocar no Mogi-Guaçu, tem pouca profundidade. Seus principais afluentes são os Córregos São João e Olho D'água.

**Rio Quilombo:** nasce no limite com São Carlos, tem pouca profundidade e extensão de 22 km. Seu principal afluente é o Córrego das Anhumas.

**Rio Bonito:** nasce ao sul do Município, corre por 32 km na direção sul-nordeste com pouca profundidade até desembocar no Mogi-Guaçu. Seus principais afluentes são os Córregos do Tamanduá, Ibicoara e Água Podre

**Córrego da Prata:** nasce na zona suburbana de Descalvado e desemboca no Rio Bonito depois de correr por 5 km nos sentidos sul-norte e oeste-leste. Está totalmente inserido no município, e é utilizado como fonte de captação de água para abastecimento público.

**Ribeirão da Areia Branca:** Nasce ao leste do Município, passa por Porto Ferreira, indo desaguar no rio Mogi-Guaçu, com um curso aproximado de 11 km.



**Ribeirão Santa Rosa:** Nasce ao sul do município, próximo às divisas com Pirassununga e avança, em sentido sul-oeste, passando por Descalvado, e depois de um curso de aproximadamente 11 km, adentra no Município de Pirassununga.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1. Aspectos metodológicos**

A metodologia para seleção de áreas para a instalação de aterros sanitários adotada neste trabalho, foi proposta por Zuquette (1993) e Zuquette et al. (1994). Esta metodologia estabelece um número significativo de atributos dos componentes do meio físico, que interagem com o aterro sanitário, considerando-se variação destes para análise e avaliação da importância dos mesmos entre si e com relação ao objetivo proposto, neste caso, a adequabilidade de áreas para a implantação de aterros sanitários. Permite produção de uma carta geotécnica específica de caráter preliminar em escala regional (1/25.000 a 1/100.000) indicativa das potencialidades do meio físico para seleção de áreas. Para cada atributo são definidos intervalos de variação de acordo com a adequabilidade das áreas para aterros sanitários.

Com a carta geotécnica produzida, objetiva a orientar os usuários, auxiliando-os na seleção dos melhores locais passíveis à disposição e classificar as áreas quanto à possibilidade de impactos ambientais, sem caracterizar-se como um documento definitivo, mas sim, que sirva para que as áreas classificadas possam posteriormente, ser comparadas em termos geotécnicos, sociais, políticos e econômicos, quando da efetiva implantação do aterro.

Para aplicação da metodologia, foi escolhido como área alvo o município de Descalvado, em função da disponibilidade de dados e por tratar-se Descalvado de um município inserido em uma das regiões mais produtivas do Estado de São Paulo, com potencial para expansão urbana e conseqüentemente o aumento na demanda por locais para a disposição de resíduos sólidos. Adotou-se a escala de trabalho 1/50.000, atendendo a proposição metodológica utilizada.

Para a produção da carta geotécnica de zoneamento específico para a seleção de áreas para a disposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário é necessário o uso de grande quantidade de atributos envolvidos, além disso, há também a necessidade de análise de como se dá a interação destes atributos durante o cruzamento das cartas intermediárias que são geradas no processo de confecção da carta de zoneamento. Para realizar esta análise, torna-se muito útil, fazer uso de ferramentas computacionais para o geoprocessamento, chamadas

Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem a realização de análises complexas integrando dados de diversas fontes e criando banco de dados georreferenciais tornando possível automatizar a produção de documentos cartográficos, (CAMARA; MEDEIROS, 1996).

Segundo Calijuri; Röhm, (1994), o sistema de informação geográfica pode ser definido como uma coleção organizada de hardware, de software, de dados geográficos e de pessoal envolvido no trabalho projetado para, eficientemente capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as informações referenciadas geograficamente.

O Sistema de Informações Geográficas - SIG adotado foi o software IDRISI32 for Windows para análise e software Carta Linx1.04 for Windows para digitalização ou tratamento das informações disponíveis. O IDRISI32 permite a execução de várias operações entre imagens cujos pixels tem o valor do atributo mapeado. Este software, possui internamente diversas funções, ou rotinas computacionais, que realizam operações de contexto em uma imagem, tais como interpolações e filtragens como também realiza automaticamente cálculos programados para operações algébricas entre imagens como adição, multiplicação, permitindo ainda análises diversas das informações a serem consideradas, (FERES, 2002).

## **6.2. Atributos do meio físico adotados restritivos para a disposição de resíduos sólidos**

Segundo Zuquette (1987), atributo são as qualidades dos componentes do meio físico, utilizadas para caracterizá-los. Para IAEG (1976), atributo é a qualidade ou propriedade inerente a um, objeto, ou a característica qualitativa ou quantitativa que identifica um elemento do meio físico.

Do conjunto de atributos que fazem parte da metodologia adotada para a seleção de áreas favoráveis a de áreas favoráveis à disposição de resíduos voltada para as condições brasileiras, Tabela 4.4 proposta por Zuquette et al.(1994), em que as características do meio físico são classificadas de acordo com, o seu grau de adequabilidade em intervalos definidos de variação, foram selecionados aqueles que melhor caracterizassem a área de estudo e que pudessem subsidiar diretamente a seleção de áreas para a disposição de resíduos. Assim, dentre os 34 atributos propostos, foram selecionados 13. São eles, litologia, profundidade,

textura, mineralogia, blocos de rocha, capacidade de troca catiônica, material colapsível, características para compactação, permeabilidade, nível da água subterrânea, escoamento superficial, área de recarga e declividade, Tabela 6.1.

### **6.2.1. Substrato rochoso**

Do substrato rochoso, é muito importante que se conheça a espessura e as suas características, para que se possa determinar as relações de contato entre este e o material inconsolidado, as descontinuidades do maciço rochoso e se defina as possíveis direção de fluxo dos fluidos de infiltração. É importante conhecer o tipo do substrato rochoso, por este indicar a real ou potencial ocorrência de um aquífero livre e a sua espessura, quando os dados disponíveis permitem. Áreas com exposição do substrato rochoso sem a cobertura do material inconsolidado, devem ser rigorosamente analisadas, principalmente onde ocorre material com litologia que apresente alto coeficiente de permeabilidade (MARQUES, 2002).

Segundo Leite (1995), as áreas onde ocorrem, rochas calcárias ou com cimento carbonático, devem ser evitadas, por apresentarem elevado grau de dissolução, o que proporciona a abertura de condutos subterrâneos como consequência das infiltrações e circulações de soluções ao longo de fraturas e demais planos permeáveis do maciço rochoso, resultando em rochas muito porosas, podendo apresentar grandes espaços vazios comunicantes entre si., impossibilitando o uso de áreas que apresentem esta litologia

Para a autora na obra citada, as rochas de granulação grossa, como conglomerados e arenitos pouco cimentados, também não são indicadas, por serem porosas com alto potencial de permeabilidade. Porém aquelas que apresentarem curva granulométrica bem graduada com pedregulho, areia e finos, com  $K, 10^{-10}$  poderão ser utilizadas, pois se comportam como filtros naturais de poluentes.

Ainda segundo a autora, as rochas pelíticas, são as mais indicadas pois apresentam grande quantidade de finos, resultando em baixos coeficientes de permeabilidade, retardamento da solução percolante devido à adsorção de íons pelas partículas de argila e pela dispersão hidrodinâmica. Essas rochas, requerem muito cuidado com relação ao tipo de argilo-mineral predominante, pois as que apresentam elevada porcentagem de argilo-minerais do tipo 1:1 (caulinitas), sofrem menos contração do que aquelas que apresentam significativo

teor de argilo-minerais do tipo 2 :1 (esmectitas), podendo apresentar fenômenos de contração, resultando em trincas, propiciando maior permeabilidade para as rochas com esmectitas.

Com relação à profundidade, são mais favoráveis as maiores que 15 metros, e as espessuras menores devem ser evitadas. Porém dependendo das características do material inconsolidado e do tipo de rocha subjacente, valores acima de 5 metros já podem ser considerados com condições de ser considerados como aproveitáveis, mediante uma análise mais aprofundada (BASILIO, 2001).

### **6.2.2. Material inconsolidado**

Para este componente do meio físico, o ideal é que apresente perfil homogêneo e texturalmente composto por areias siltosas contendo em torno de 25% de finos (BASILIO, 2001). São mais adequados, os solos finos que apresentarem coeficiente de permeabilidade ( $K < 10^{-5}$  cm/s ou  $10^{-8}$  cm/s) e argilos-minerais com C.T.C > 10 meq/100g. O material com estas características de permeabilidade e CTC, associadas a uma espessura de pelo menos 10 m de cobertura, pode retardar em muito a tempo de chegada do poluente às as águas subsuperficiais, diminuindo a velocidade de infiltração do percolado, melhorando a capacidade de depuração deste material. Para os materiais inconsolidados com teor de argilo-minerais do tipo 2:1, acima de 50% ocorre um elevado índice de plasticidade, tornando impraticável o transporte e a movimentação de máquinas e equipamentos na área de implantação do aterro (LEITE, 1995)

Para a autora na obra citada, solos grossos (pedregulhos e areias grossas), por apresentarem alta porosidade e permeabilidade, não são indicados. Porém, solos areno-argilosos bem graduados com uma baixa permeabilidade, que seja suficiente para retardar a chegada do poluente ao lençol freático, podem ser utilizados. Solos constituídos por misturas bem graduadas de cascalho-areia-argila, ou os cascalhos argilosos, podem ser utilizados, desde que os argilo-minerais presentes, não sejam muito expansivos e tenham valores de CTC < 10meq/100g. Solos orgânicos, por estarem sujeitos a redução de volume decorrente dos processos de degradação da matéria orgânica, apresentam alta compressibilidade, e baixa resistência ao cisalhamento, portanto são totalmente descartados.

### **6.2.3. Capacidade de troca catiônica (CTC)**

As argilas podem estar presentes em solos argilosos ou contidas em rochas sedimentares e apresentam propriedades específicas, como a faculdade de trocar íons com o meio ou reter água ou de se desidratar o que pode causar perda de resistência, inchamento, contração ou consolidação por perda de água, com rearranjo dos grãos Lautrin, citado por (FERES, 1998). A habilidade do solo de trocar e reter íons positivamente carregados com o meio coloidal é denominada capacidade de troca catiônica (CTC) conforme Camargo citado por (FERES, 1998).

A análise da CTC de uma cobertura inconsolidada, possibilita definir qual a sua capacidade de retenção de poluentes orgânicos, outros íons menos móveis, bactérias, vírus e microorganismos comuns nos rejeitos. Com os resultados dos ensaios para CTC, define-se as características dos minerais encontrados na fração fina e da matéria orgânica que compõe o material, determinando-se qual o tipo de argilo-mineral presente no solo, se são argilas do tipo 1:1 ou 2:1. Os argilo-minerais do tipo 1:1, apresentam baixos valores de CTC, diferenciando-se dos do tipo 2:1, que apresentam valores maiores. Os materiais inconsolidados, que tenham se originado, de rochas que em sua composição apresentavam maior porcentagem de argilo-minerais do tipo 2:1 em relação a porcentagem dos de tipo 1:1 e apresentem valor para  $CTC \geq 10 \text{ meq}/100\text{g}$  pode ser considerado recomendado para o assentamento de aterros (LEITE, 1995).

### **6.2.4. Material colapsível**

É recomendado que áreas que apresentem material colapsível sejam evitadas. Solos com “comportamento colapsível”, apresentam estrutura porosa, por onde os fluidos (seja água proveniente de chuva ou outro meio), infiltram mais facilmente provocando mudança brusca de comportamento do material. Com o aumento do teor de umidade, ocorre um enfraquecimento dos agentes cimentantes, reduzindo a resistência ao cisalhamento e provocando reduções de volume do solo, quando sob tensão, prejudicando o desempenho da obra, que passa a apresentar problemas de trincas, de fissuras e de rachaduras, causando instabilidade e podendo levar ao desabamento do maciço (LEITE, 1995).

Segundo Mendes (2001), os solos colapsíveis, na sua maioria, são solos não saturados, que apresentam alto índice de vazios e conseqüentemente elevada porosidade. Solos com esta característica quando submetidos a um aumento brusco de umidade sob tensão uniforme aplicada, apresentam uma elevada e abrupta redução de volume, e em função do elevado índice de vazios presentes nesses solos, pode-se dizer que os solos colapsíveis, são também, em grande parte solos compressíveis. Conforme o autor na obra citada, no Brasil é significativa a ocorrência de solos colapsíveis, verificada geralmente em solos aluviais, coluviais e residuais que tenham sofrido lixiviação dos horizontes mais superficiais, em regiões onde se alternam estações secas e de precipitações intensas e em solos de regiões semi-áridas com baixo teor de umidade.

Na região estudada ocorre em sua grande maioria, solos arenosos, com estrutura instável e porosa, com considerável potencial a colapsividade.

#### **6.2.5. Características para compactação**

Nas áreas a serem selecionadas, são necessários materiais inconsolidados com características adequadas de compactação a serem utilizados no recobrimento do resíduo sólido ou como substrato para fundação dos sítios de disposição. Materiais com constituição predominantemente arenosa, são inadequados para compactação. Materiais com mais de 50% de argilo-minerais do tipo 2:1, apresentam alta plasticidade, dificultando a trabalhabilidade na compactação e movimentação de máquinas na área. Quando ocorre este tipo de material na área, com espessura superior a 2 metros, recomenda-se que seja descartada a implantação do aterro devido ao alto custo para sua remoção. (LEITE, 1995). Assim, são mais adequados os materiais inconsolidados que apresentam constituição areno-argilosa, com aproximadamente 25 a 30% de finos em distribuição granulométrica (BASILIO, 2001).

#### **6.2.6. Permeabilidade**

A permeabilidade de um solo é sua capacidade de permitir a transmissão de água ou ar (fluidos) através dele. A permeabilidade de um solo depende de sua textura, estrutura, grau de compactação, teor, de matéria orgânica, porosidade, etc, características estas que determinam o tamanho dos poros e sua capilaridade (ESPANHA-CEOTMA, 1981). A medida da permeabilidade se faz pela determinação do coeficiente de permeabilidade (K), expresso

em volume de fluxo por área da seção, por unidade de tempo (CASTRO, 1998). Para áreas disposição de resíduos, coeficientes com valores  $K$  maiores que  $10^{-2}$ cm/s não são recomendados, por facilitarem a rápida movimentação dos poluentes líquidos ali produzidos, o que demandará a necessidade de se adotar uma solução técnica que minimize a infiltração, por exemplo, através do uso de revestimento com liners geossintéticos. Solos com valores de coeficiente  $K$  menores  $10^{-5}$ cm/s, também não são recomendados, pois podem retardar a movimentação dos poluentes líquidos e provocar a saturação nas vizinhanças do aterro. Solos com constituição areno-argilosa e com coeficientes  $K$  entre  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$ cm/s reúnem condições favoráveis de permeabilidade e capacidade de troca catiônica, e permitem uma velocidade condutiva de fluxo, que permite a degradação do poluente (ZUQUETE, 1987).

#### **6.2.7. Nível da água subterrânea**

A profundidade do nível d'água é a distância máxima que o contaminante até atingir a zona saturada. Este parâmetro, correlacionado com o tipo de material inconsolidado superposto ao aquífero, constitui-se de um fator determinante do tempo que levará para ocorrer um processo de contaminação, em função da modelagem de transporte de contaminantes. Para os materiais inconsolidados que apresentam capacidade de retenção de poluentes apropriada, recomenda-se 20 metros de profundidade adequada, sendo que para os materiais que não tem capacidade de retenção e/ou com espessura menor que 10 metros, recomenda-se o uso de um (*liner*) como base protetora. Em áreas com rochas espessas, de coeficiente de permeabilidade muito baixo e/ou elevada CTC não há restrições quanto a profundidade do nível d'água. Aterros. As flutuações do nível d'água devem ser considerados, pois quando a água atinge profundidades inferiores àquelas estabelecidas para o nível mínimo, pode atingir a zona saturada causando a diluição e transporte dos compostos que ali se encontravam, provocando a contaminação do lençol freático. Em áreas que se apresentam solos inadequados com espessura menor que 10 metros e com nível d'água inferior a 40 metros, as flutuações do nível d'água, não podem atingir valores superiores a 5 metros (LEITE, 1995).

Para a avaliação da hidrologia e da geologia de subsuperfície da área de estudo, foram obtidos alguns perfis geológicos de poços profundos característicos da região, e em correlação com a as ocorrências das unidades de material inconsolidado, com base em Marques (2002), estabeleceu-se os seguintes intervalos para a profundidade do nível d'água.



Nas unidades de material inconsolidado que apresentassem espessura maior que 10m, e estivessem localizadas próximo de drenagens o nível d'água estaria a menos de 5m de profundidade, caso contrário, o nível d'água estaria a mais de 10m de profundidade. Para as unidades que apresentassem espessura de material inconsolidado no intervalo de 5-10m e, estivessem localizadas próximo de drenagens, o nível d'água estaria no intervalo de 2-5m de profundidade, caso contrário, o nível d'água estaria a mais de 5m de profundidade. Para as unidades que apresentassem espessura de material inconsolidado no intervalo de 2-5m e, estivessem localizadas próximo de drenagens, o nível d'água estaria a menos de de 2m de profundidade, caso contrário, o nível d'água estaria a no intervalo de 2-5m de profundidade. O nível d'água, também pode estar a menos de 2m de profundidade nas unidades de ocorrência de aluviões e nas que apresentem material inconsolidado com espessura menor que 2m.

#### **6.2.8. Escoamento superficial**

O escoamento das águas pluviais numa determinada área é a parcela da precipitação que flui por ação da gravidade, das zonas mais elevadas para as zonas mais baixas, indo concentrar-se nos corpos d'água existentes. Segundo Rubim citado por Pejon (1992), quando a intensidade de precipitação é superior a capacidade de infiltração do terreno, passa a ocorrer o escoamento superficial, nessa condição o escoamento é controlado pela capacidade de infiltração.

O escoamento superficial está relacionado a vários aspectos, dentre eles: intensidade da precipitação, permeabilidade do terreno, duração e frequência da precipitação, tipo de cobertura vegetal, área da bacia de drenagem, distribuição espacial da precipitação, geometria da rede de drenagem e declive dos terrenos. De acordo com Leite (1995), o escoamento pode ser quantificado através de testes de traçadores, de balanço hídrico (por separação dos componentes de um hidrograma) e de modelagem hidrológica.

As informações sobre o escoamento superficial são importantes para vários tipos de obra de engenharia, inclusive para a escolha de áreas para implantação de aterros, pois permitem analisar diversos aspectos da área, e dependendo das características geotécnicas do material inconsolidado da área, vão ocorrer unidades com maior ou menor potencial ao escoamento ou infiltração. São adequadas à implantação de aterros, áreas que apresentem coeficiente de escoamento superficial alto e baixa taxa de infiltração consequentemente com

um alto índice de vazão dificultando o surgimento de zonas alagadiças ou inundáveis. (LEITE, 1995).

Segundo Pejon (1992), para identificar a ocorrência e efetuar a classificação destas unidades na área de estudo, deve-se elaborar uma carta de escoamento superficial e infiltração que em função das características do meio físico, apresente uma graduação das áreas com maior ou menor potencial ao escoamento superficial e também as regiões onde predomina a infiltração, permitindo auxiliar a previsão da proteção dos aquíferos, quanto a disposição de resíduos. Neste trabalho, adotou-se a confecção desta carta segundo metodologia do autor na obra citada, que será descrita no item que trata sobre a confecção deste documento.

#### **6.2.9. Áreas de recarga**

Na área de recarga de um aquífero ocorre a sua realimentação através da infiltração da água da chuva de chuvas ou de rios. Nestas áreas geralmente ocorre o afloramento do aquífero, ou este se encontra coberto por material muito permeável, sendo completamente desaconselhável o assentamento de aterros onde há estas ocorrências (LEITE, 1995).

Devido a sua localização e suas características geomorfológicas de natureza sedimentar, na área de estudo ocorrem áreas de recarga, principalmente nas Formações Pirambóia e Botucatu, litologicamente constituídas de areia, fazendo parte do Aquífero Botucatu-Pirambóia, o Aquífero Guarani.

#### **6.2.10. Declividade**

A declividade, é um dos fatores de maior influência nos processos ligados às ocupações em condição de risco, a partir da associação com outros elementos do meio físico. Sendo um atributo das feições de relevo, está correlacionada à ocorrência das variações do terreno. As unidades onde ocorrem os platôs e encostas suaves, em função da declividade do terreno e da espessura de material inconsolidado que apresentam, são mais favoráveis à implantação de aterros. Os relevos escarpados, as cristas, os interflúvios estreitos e as encostas íngremes, geralmente apresentam uma declividade muito acentuada e pouca ou nenhuma espessura de material inconsolidado, sendo portanto descartados. As planícies de inundação e terraços fluviais, quase sempre apresentam declividades inferiores a 2%, e estão

localizadas próximo às drenagens, conseqüentemente em geral apresentam nível d'água muito raso e também não favorecem a instalação de aterros (LEITE, 1995).

Para representar estas ocorrências no meio físico, utiliza-se a carta de declividades. Documento cartográfico que indica a inclinação do terreno e apresenta as áreas críticas do mesmo, possibilitando localizar e avaliar os terrenos de acordo com o grau de instabilidade ou susceptibilidade dos solos do maciço do aterro, geralmente ligados a deslizamentos, erosão e inundação.

Para a instalação de aterros sanitários os terrenos com declividades superiores a 20% são inadequados, pois em terrenos com esta inclinação ocorre a produção de um grande volume de percolado durante a digestão dos resíduos, dificultando a estabilidade do material inconsolidado, além do que, a erosão também é mais atuante em terrenos muito inclinados, devido à ação mais intensa das águas de escoamento superficial (LEITE 1995).

Ainda segundo a autora, em terrenos com declividades inferiores a 2%, o escoamento superficial não é eficiente, dificultando a drenagem, propiciando ocorrência de áreas alagadiças, aumentando a taxa de infiltração e prejudicando a captação de chorume, inviabilizando o assentamento do aterro, pois aumenta a susceptibilidade do lençol freático em relação a contaminação pela percolação.

Para autora na obra citada, as declividades mais adequadas, estão no intervalo de 2 a 20%, por minimizarem os escoamentos para a área do aterro. Não havendo a disponibilidade de áreas neste intervalo, as mesmas poderão ser utilizadas desde que projeto de assentamento do aterro tenha um sistema especial de drenagem para desviar as águas de escoamento superficial.

Basilio (2001), adota uma outra distribuição das faixas de declividades dos terrenos para construção de aterros: apontando como os mais indicados aqueles que apresentam declividades no intervalo de 2 a 5%, podendo-se entretanto utilizar os terrenos com até 10% de declividade. Os terrenos com declividades inferiores a 2%, favorecem o acúmulo de água dificultando a percolação dos líquidos poluentes, formando várias frentes de poluição retendo-os ao redor da fonte poluidora, não permitindo o transporte para pontos topograficamente mais baixos, tornando-os inadequados a implantação de aterros. Os terrenos que apresentam

declividades maiores que 10%, ocorre um aumento na susceptibilidade a erosão e movimento gravitacional de massa, e ainda dificultam a movimentação de máquinas. Nas áreas com declividades acima de 20%, é muito maior o potencial à erosão e movimento de massa e os problemas com mecanização e movimento de máquinas tornam-se extremos.

As cartas de declividade representam as variações topográficas da superfície do terreno, agrupadas em faixas de inclinação do terreno, classificadas dentro dos intervalos de interesse para análise da ocupação pretendida. Neste caso, verificar quais são as áreas favoráveis à implantação de aterros, de acordo com classificação proposta pela metodologia aplicada.

Para os atributos considerados neste trabalho, adotou-se a classificação e os intervalos de variação, propostos na metodologia, conforme a Tabela 4.4, introduzindo-se algumas modificações como pode ser visto na Tabela 6.1.

TABELA 6.2 - Atributos selecionados e suas classes de adequabilidade para a instalação de aterros sanitários na área mapeada

Componentes	ATERRO SANITÁRIO				
	Atributos/Classes	FAVORÁVEL	MODERADO	SEVERO	RESTRITIVO
Substrato Rochoso	(1) Litologia	Fm Serra Geral Fm Corumbataí	Fm Pirambóia Fm Itaqueri	Fm Santa Rita Fm Pirassununga	Fm Botucatu Quaternário
	(2) Profundidade (m)	> 10	5 - 10	2- 5	< 2
Materiais Inconsolidados	(3) Textura	Argilosa ou Argilo-siltosa	Areno-argiloso	Silte Arenosa	Arenoso
	(4) Mineralogia	Mineral argiloso do tipo 2 x 1	Mineral argiloso do tipo 1 x 1	Minerais inertes	Minerais inertes
	(5) Blocos de rocha	Poucos e pequenos ou ausentes	Poucos e pequenos	Muitos e pequenos	Muitos e grandes
	(6) C.T.C. (**) (meq/100g)	> 15	5 - 15	< 5	< 2
	(7) Material colapsível	Não ocorre	Na camada superficial (2m)	Na camada superficial (4m)	Na camada superficial (6m)
	(8) Características para compactação	Adequado	Adequado	Inadequado	Inadequado
	(9) Permeabilidade (cm/s)	$10^{-4}$	$10^{-3} - 10^{-4}$	$> 10^{-3}$	$10^{-1}$
Água	(10) Nível da água subterrânea (m)	> 10	> 5	2- 5	< 2
	(11) Escoamento superficial	Laminar	Laminar (baixo)	Laminar (alto)	Concentrado
	(12) Área de recarga	Não	Não	Não	Ocorre
Feições de relevo	(13) Declividade (%)	2 - 5	5-10	10-20	< 2 e > 20

Fonte: modificado de Zuquette et al. (1994).

Os solos da região estudada foram amostrados e caracterizados por Castro (1998), Lorandi et. al. (1999), Torezan (2000), que determinaram os valores de Análise Granulométrica, conjunta, Massa específica dos Sólidos, Massa específica seca de campo, Índice de vazios natural, Permeabilidade, Erodibilidade. Classificação MCT e Porosidade.

Os resultados desses ensaios mostrados no **ANEXO I**, foram incorporados a este trabalho, e utilizados em ambiente SIG, por representarem as características do material inconsolidado úteis para a finalidade pretendida.

### **6.3. Confecção da base cartográfica digital georreferenciada**

O primeiro passo para a elaboração da base cartográfica foi a aquisição do material em formato analógico que compõe a base cartográfica da área de estudo, representado pelas Folhas de Descalvado Brasil, (1971a), Corumbataí, Brasil, (1971b), Ibaté, Brasil (1971c), Luis Antonio, Brasil, (1971d), todos em escala 1:50.000, compatível com o objetivo proposto.

No segundo passo, inicialmente para a conversão do material analógico para o formato digital, esses mapas foram escaneizados por varredura eletrônica gerando arquivos digitais no formato matricial (*raster*), que serviram de fundo para a digitalização. Estes mapas foram digitalizados através do software Carta Linx, pelo método de digitalização em tela, (*on – screen digitizing*) resultando desta primeira etapa, os arquivos em formato vetorial (*vector*) das informações de interesse contidas em cada mapa da articulação da base cartográfica. Assim foram geradas as “*coverages*” correspondentes a cada mapa, contendo as seguintes feições geográficas: rede viária (estradas pavimentadas, não pavimentadas e ferrovias), hidrografia (cursos e corpos d’água), altimetria (curvas de nível) perímetro (limites intermunicipais). Uma *coverage* representa uma coleção de feições geográficas para representar um fenômeno geográfico (HAGAN; EASTMAM; AUBLE,1998).

As “*coverages*” em formato vetorial, foram georreferenciadas, para serem dotadas de localização no espaço, definida por um sistema referencial de coordenadas conhecido, no caso deste trabalho, o sistema UTM para a zona 23. Os arquivos contendo cada um as feições de toda a área de estudo, foram exportadas para o IDRISI32 e posteriormente para o AUTOCAD2000 onde foram editadas gerando o primeiro documento cartográfico, o **MAPA DE DOCUMENTAÇÃO (ANEXO III)**, contendo num único arquivo as informações sobre

altimetria, hidrografia, área urbana, limites intermunicipais, rede viária, localização do atual lixão do Município de Descalvado e localização dos pontos de coleta.

### **6.3.1. Planos de informação das cartas intermediárias**

Os planos de informação do modelo numérico do terreno, declividade, imagem da área urbanizada, distancias dos cursos d'água, distancias das rodovias e distancia da área urbana, serviram de base para a elaboração dos mapas síntese.

### **6.3.2 Modelo numérico do terreno**

O Modelo Numérico do Terreno (MNT), registra a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Em geral são associados à representação da altimetria, mas podem ser usados para modelar quaisquer outras grandezas que variem continuamente no espaço. Pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos com coordenadas (x,y) em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície (CAMARA, MEDEIROS 1996).

Para este trabalho, produziu-se o MNT associado ao plano de informação altimetria, contendo as curvas de nível previamente armazenadas em formato vetorial. Inicialmente criou-se uma imagem matricial, composta por 1067 colunas e 1333 linhas, tendo-se adotado pixel de 30 metros, em função da escala de trabalho. Em seguida os vetores correspondentes às curvas de nível foram convertidos para o formato matricial, atualizando-se a imagem inicial, através do comando LINERAS, e finalmente gerou-se o MNT utilizando-se o comando INTERCON. Este módulo interpola as curvas de nível calculando os valores (cotas) para cada pixel situado entre elas. O módulo INTERCON, entretanto, possui características intrínsecas, relativas ao algoritmo de interpolação, que provocam nos modelos digitais falhas grosseiras observáveis na imagem gerada, porém, estas falhas podem ser minimizadas com aplicação de filtros. Depois de varias tentativas de combinação de filtros aplicados sobre o MNT adotou-se a passagem do filtro de média 5x5 seguida de passagem de filtro de media 3x3. Pois esta combinação foi a que apresentou a melhor suavização dos erros grosseiros, sem no entanto provocar alterações profundas nos valores da imagem original.

### **6.3.3. Declividade**

A partir do MNT foi gerado o plano de informação declividade utilizando-se o modulo SURFACE/SLOPE. Resultando desta operação uma imagem com a declividade, em porcentagem para cada pixel, a partir da qual obteve-se o plano de informação das classes de declividade. Estas serão abordadas na descrição da confecção da respectiva carta.

### **6.3.4. Imagem da área urbanizada**

A área urbanizada não foi considerada como atributo nas análises. Daí tornou-se necessário criar uma “máscara” com o contorno da área urbanizada com o objetivo de eliminá-la dos mapas finais. O arquivo em formato vetorial foi convertido para o formato matricial gerando uma imagem booleana, na qual atribui-se o valor zero para a área urbanizada e valor um para o restante do município. Na fase de cruzamento das cartas, pelo procedimento de sobreposição utilizando-se o comando OVERLAY efetuou-se a sobreposição da área urbana nas imagens síntese.

### **6.3.5. Distancia dos cursos d’água , das rodovias e da área urbana**

Os planos de informação de distâncias em relação aos cursos d’água foram obtidos através do uso do módulo DISTANCE a partir da imagem matricial da hidrografia. Da mesma maneira foram obtidos os planos de informação de distâncias em relação às rodovias e à área urbana, a partir das imagens da infra-estrutura viária e da área urbanizada, respectivamente. O módulo DISTANCE calcula a distância de cada pixel da imagem em relação ao “elemento alvo” mais próximo. Em cada operação realizada os “elementos alvo” foram os corpos d’água, as rodovias e mancha urbana respectivamente. As imagens geradas foram posteriormente reclassificadas através do modulo RECLASS para atender a legislação e ou classificação adequada para combinação na carta final.



## **7. CARTAS OU MAPAS INTERMEDIÁRIOS**

### **7.1 Carta de classes de declividade ou Carta clinométrica**

As Cartas de declividade, ou clinométricas constituem-se de um documento intermediário de grande importância para mapeamentos geotécnicos por representarem espacialmente as variações do terreno (GUERRA, 1998).

A Carta de Declividade contém informações sobre a variação do relevo da região expressa em porcentagem. Apresentando as áreas com inclinações do terreno, devendo estas estarem dentro das classes de intervalos pré-estabelecidas Para uma melhor utilização desta carta pode-se fazer uso conjugado com o Mapa Topográfico, confrontando as classes da carta com dados sobre a altimetria da região.

Estes documentos são considerados imprescindíveis quando se pretende analisar processos que envolvam mecanização agrícola, manejo do solo, construção de pequenas barragens, disposição de resíduos, traçados de estradas, delimitação de áreas destinadas a atividades agrícolas, delimitação de áreas destinadas a mineração, etc. Mayer; Cristofoleti citados por (GUERRA, 1998).

A confecção deste documento pode feita de forma manual ou automatizada. Das técnicas mais utilizadas na elaboração destacam-se as propostas de Wentenworth, De Biasi, e outras executadas por diferentes Sistemas de Informação Geograficas (IDRISI, ERDAS, ARC-INFO, ETC) citados por (GUERRA, 1998).

#### **7.1.1. Determinação das classes de declividade e confecção da carta.**

Segundo Leite; Zuquette, (1996), nas declividades com menos de 2% em geral as áreas recaem sobre alagadiços com baixo escoamento superficial conseqüentemente com altas taxas de infiltração; em áreas com mais de 20% de declividade o material inconsolidado torna-se instável e susceptível tanto à infiltração do percolado produzido durante a digestão dos resíduos, como a erosão que é mais atuante em terrenos com esta inclinação. Assim as declividades possíveis de serem utilizadas para a implantação de aterros sanitários, encontram-se no intervalo de 2 a 20%. Neste trabalho, adotou-se os valores para declividade conforme indicado pelos autores na obra citada., definindo-se as classes de declividades com os seguintes intervalos: 0-2%, 2-5%, 5-10%, 10-15%, 15-20% e >20%. A partir da

reclassificação do plano de informação MNT foi elaborada a **CARTA DE DECLIVIDADES (ANEXO IV)**.

## **7.2. Mapa de formações geológicas de superfície**

Os Mapas Analógicos de Formações de Superfície correspondente à articulação das Folhas Geológicas que recobrem o Município de Descalvado são: Descalvado, São Paulo (1984a), Corumbataí, São Paulo (1984b), Luis Antonio São Paulo (1986), todos em escala 1/50.000. Devido a inexistência da Folha da quadricula de Ibaté, englobando as Formações Geológicas de Superfície, elaborou-se, com base em observações de campo, análise de perfis geológicos (**ANEXO II**), análise de elementos do relevo, análise das redes de drenagem e combinação da análise da altimetria, de Ibaté, o restante do mapa das Formações Geológicas de Superfície para o perímetro do Município de Descalvado.

De posse das cartas analógicas da geologia recobrimo toda a área de estudo, passou-se a conversão destas cartas para o formato digital. Utilizando um scanner HPSCANJET4C, gerou-se os arquivos digitais de imagem formato matricial (*raster*), que foram digitalizados no Carta Linx, usando cada uma destas imagens como (*backdrop*) sobre as quais foi feita a vetorização pelo processo (*on-screen digitizing*) dos limites das unidades estratigráficas e demais feições geológicas. Os arquivos vetoriais digitalizados foram exportados para o IDRISI32 e neste ambiente foram georreferenciados e convertidos para uma imagem matricial, representando todas as superfícies das unidades estratigráficas ocorrentes na área, resultando assim no mapa geológico digital abrangendo todo o Município de Descalvado, que foi exportado editado no AUTOCAD2000, resultando no **MAPA DAS FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE (ANEXO V)**.

## **7.3. Mapa de materiais inconsolidados**

Os materiais inconsolidados resultam na maioria das vezes, da ação de intemperismo e o seu conhecimento é de grande importância para as obras de engenharia em geral, pois estas assentam-se na maioria das vezes diretamente sobre o solo, e o conhecimento das características geotécnicas destes materiais, residuais ou transportados, contribui para a correta intervenção antrópica no meio físico (CASTRO, 1998).

Para a área de estudo foram definidos dois grupos de materiais inconsolidados: Materiais Residuais e Materiais Retrabalhados.

### 7.3.1 Materiais residuais e materiais retrabalhados

Segundo Zuquete (1987), os materiais inconsolidados residuais englobam os níveis de saprolito, do residual jovem e do residual maduro, isto é, correspondem aos materiais provenientes da alteração das rochas, sem que tenham sofrido qualquer transporte Figura 7.1



Figura 7.1 – Ao fundo, pedreira de extração de diabásio com relevo típico de solos residuais rasos originários de rochas magmáticas básicas da região.

Fonte: Lorandi et al. (1999).

Segundo Collares (1994), os materiais retrabalhados são materiais transportados coluvionares, situados acima da linha de seixo. São maduros, muitas vezes argilosos e com alta concentração de matéria orgânica Figura 7.2.

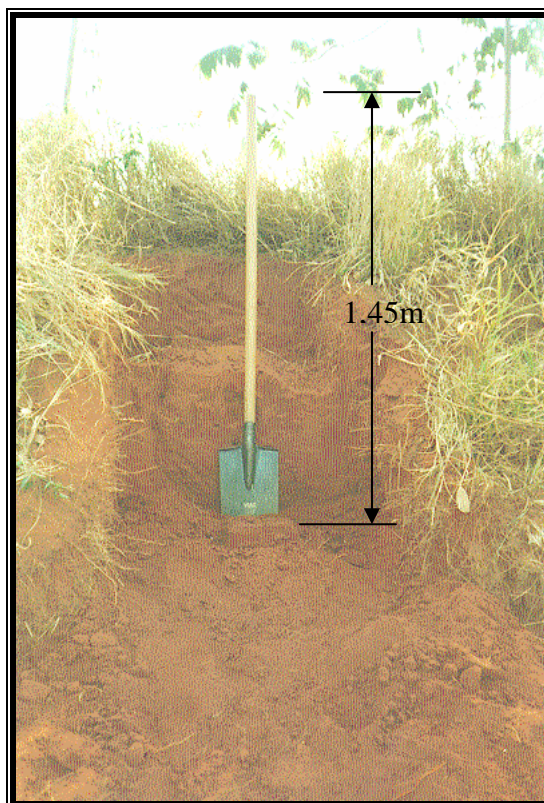


Figura 7.2 – Ponto de coleta para amostragem evidenciando relevo típico de solos retrabalhados, originários de rochas magmáticas básicas da região.  
Fonte: Lorandi et al. (1999).

Para a definição das unidades de materiais inconsolidados da área de estudo, inicialmente Feres (2002), fez uma definição preliminar para a área da Bacia do Rio Bonito a qual recobre parte da área de estudo através de correlações entre o comportamento do relevo, com destaque para o atributo declividade e as categorias de material encontradas em campo, com adotando as informações sobre as formações geológicas de superfície como referencia para o substrato geológico formador de cada uma das classes.

Auxiliado por um modelo digital de terreno e uma carta de declividades, em ambiente SIG, Feres (2002), estabeleceu o contorno das unidades mapeadas. Este método automatizado revelou-se adequado para uma primeira aproximação de resultados, que foi complementada com a verificação em campo da verdade terrestre das unidades mapeadas.

Para a complementação da definição das unidades de materiais inconsolidados para o restante da área de estudo utilizou-se método da sobreposição de mapas. Foi impressa em papel comum o Mapa de Formações geológicas de Superfície e em papel vegetal transparente o Mapa de Materiais Inconsolidados contendo as unidades já definidas para a Bacia do Rio

Bonito sobrepostas pelas curvas de nível e pela hidrografia o que permitiu espacializar para o restante da área as unidades de material inconsolidado, resultando em 20 classes desses materiais.

De posse do material analógico com a delimitação das unidades de material inconsolidado para toda a área de estudo, efetuou-se a conversão destes para o formato digital adotando-se os procedimentos para vetorização destas feições da mesma maneira que para o Mapa de Formações Geológicas de Superfície já descrito anteriormente resultando no Mapa de Materiais Inconsolidado digital abrangendo todo o Município de Descalvado, que foi exportado e editado no AUTOCAD200, resultando no **MAPA DE MATERIAL INCONSOLIDADO (ANEXO VI)**.

As unidades de materiais inconsolidados mapeadas constam da Tabela 7.1, onde são mostradas as principais características de relevo e atributos de ocorrências esperadas para cada classe.

Tabela 7.1: Unidades do Mapa de Materiais Inconsolidados.

Origem geológica		Classes	Relevo	Características
CENOZÓICO	Quaternário	Quaternário	Indiscriminada	Terrenos planos de fundo de vale Materiais de textura indiscriminada, decorrentes de depósitos recentes. Nível d'água aflorante e baixa permeabilidade ( $10^{-5}$ cm/s).
	Terciário	Formação Santa Rita do Passa-Quatro	Residual Espesso	Topos planos Declividade <5% Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura > 8m.
			Residuais	Topos planos Declividade <5% Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura $\cong$ 8m.
			Retrabalhados	Vales e encostas com decl. > 5% Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura de 5 a 8m.
		Formação Pirassununga	Residuais	Topos planos Declividade <5% Permeabilidade alta, varia entre $10^{-2}$ e $10^{-3}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura $\cong$ 8m.
			Retrabalhados	Vales e encostas com decl. > 5% Permeabilidade média a alta, varia entre $10^{-2}$ e $10^{-3}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura de 5 a 8m.
	Cretáceo Terciário	Formação Itaqueri	Residuais Residuais	Topos com declividade < 20% Permeabilidade baixa, varia entre $10^{-5}$ e $10^{-7}$ cm/s. Textura argilo-siltosa; Erodibilidade baixa; Espessura < 1,5m.
	MESOZÓICO	Jura-Cretáceo	Formação Serra Geral	Residuais Espessos
Residuais Rasos				Encostas íngremes Declividade >15% Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura argilo-siltosa; Erodibilidade baixa; Espessura < 1m.
Retrabalhados				Encostas Decl: 5 a 15% Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura argilo-arenosa; Erodibilidade baixa; Espessura > 4m.

Fonte: Modificado de Feres (2002)

Tabela 7.1: Unidades do Mapa de Materiais Inconsolidados. (continuação).

Intrusivas Básicas	Residual Espesso	Topos planos Declividade <5%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura argilosa. Erodibilidade alta; Espessura > 1m
	Retrabalhado	Encostas Decl: 5 a 15%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura argilo-arenosa; Erodibilidade baixa; Espessura > 4m.
Formação Botucatu	Residuais Espessos	Topos com declividade < 15%	Permeabilidade média a alta, varia entre $10^{-2}$ e $10^{-3}$ cm/s. Textura argilo-siltosa; Erodibilidade baixa; Espessura > 1m, com média > 4m.
	Residuais Rasos	Encostas com declividade > 15%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura < 1m
	Residuais	Topos planos Declividade <5%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura < 1m
	Retrabalhado	Encostas Decl: 5 a 15%	Permeabilidade média a alta, varia entre $10^{-2}$ e $10^{-3}$ cm/s. Textura argilo-siltosa; Erodibilidade baixa; Espessura > 1m, com média > 4m.
Formação Piramboia	Residuais	Encostas com declividade > 20%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa; Erodibilidade alta; Espessura < 1m e ocorrência muito baixa na região.
	Retrabalhados	Vales e encostas com decl. < 20%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura arenosa. Erodibilidade alta; Espessura $\cong$ 2m.
Formação Corumbataí	Residuais	Topos com declividade < 10%	Permeabilidade média, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-4}$ cm/s. Textura argilo-siltosa; Erodibilidade baixa; Espessura < 1m.
	Retrabalhados	Vales e encostas com decl. >10%	Permeabilidade média a alta, varia entre $10^{-3}$ e $10^{-5}$ cm/s. Textura argilo-siltosa; Erodibilidade média; Espessura entre 1 e 4m.

Fonte: Modificado de Feres (2002).

#### **7.4 Carta do potencial de escoamento superficial**

A carta de escoamento superficial permite a obtenção do coeficiente de deflúvio (“runof”), documento cartográfico de extrema importância, é utilizada como subsidiária para a elaboração de vários tipos de documentos cartográficos orientativos para diversos tipos de implantação de obras de engenharia dentre elas a implantação de aterros sanitários.

A carta do potencial de escoamento superficial apresenta uma graduação das áreas com maior ou menor potencial ao escoamento superficial e na ordem inversa determina as regiões onde predomina a infiltração. Estas informações são de extrema importância para evitar a contaminação de aquíferos e para orientar a disposição de rejeitos sépticos.


Para a obtenção do coeficiente de “runoff” Zuquette citado por Pejon (1992), apontam como principais atributos: materiais inconsolidados (tipo textural, permeabilidade, estrutura e gênese), feições de armazenamento superficial, declividade, tipo de superfície, número de canais de drenagem, profundidade do nível d’água, litologia, profundidade do substrato rochoso, condições de pluviosidade, ações antrópicas e cobertura vegetal.

Neste trabalho para a obtenção da carta de escoamento superficial aplicou-se a metodologia de Pejon (1992) na qual são atribuídos pesos aos atributos do meio físico levantados em mapeamentos geotécnicos, conforme método de COOK empregado pelo Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos Zuidam citado por Pejon (1992) Os atributos considerados para a elaboração desta carta são: feições de armazenamento superficial, densidade de drenagem, classes de declividade, litologia e material inconsolidado.

A Tabela 7.2 apresenta a graduação dos atributos com base no método de COOK e nas características das regiões tropicais tendo em vista que na área de estudo ocorrem três outras formações geológicas além das apresentadas por Pejon, que foram incorporadas a tabela de pontuação.



Tabela 7.2 – Pontuação dos atributos considerados na elaboração da carta de escoamento superficial e infiltração do Município de Descalvado (SP).

CLASSES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL		Potencial de escoamento aumenta 									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TOTAL DE PONTOS DAS CLASSES		70-89	90-109	110-129	130-149	150-169	170-189	190-209	210-229	230-249	250-272
CLASSES DE DECLIVIDADE (%)		0-2 (15)	2-5 (25)	5-10 (35)	10-15 (50)	15-20 (68)	> 20 (90)				
LITOLOGIA		Arenitos Fm. Pirambóia, Botucatu, Sta. Rita* Piraçununga* e Quaternário* (10)		Arenitos Fm. Itaqueri e Itararé (16)		Arenitos/Siltitos arenosos/ Diamectitos Fm. Itararé e Tatuí (20)		Argilitos/Siltitos Fm. Itararé Magmatitos Básicos - Fm. Serra Geral (30)		Argilitos/Siltitos/ Folhelhos Fm. Irati e Corumbataí (40)	
MATERIAL INCONSOLIDADO	TEXTURA GÊNESE	Arenoso (<20% finos) Res. e Retrab. (10)		Arenoso (<30% finos) Res. e Retrab. (14)		Argiloso poroso Retrab. (20)		Argilo-siltoso Residual (30)		Silto-argiloso Residual (40)	
	ESPESSURA (m)	Maior que 5 (10)		3 a 5 (16)		0,50 a 3 (20)		< 0,50 (30)			
	PERMEABILIDADE (m/s)	Maior que $10^{-4}$ (5)		$10^{-5}$ (6)		$10^{-6}$ (7)		$10^{-7}$ (8)		$> 10^{-7}$ (12)	
DENSIDADE DE DRENAGEM (canais/km)		Menos que 2 (10)			2 a 5 (20)			Mais que 5 (30)			
FEIÇÕES FAVORÁVEIS AO ARMAZENAMENTO SUPERFICIAL		LAGOAS, PEQUENAS DEPRESSÕES (GRANDE QUANTIDADE) (10)			LAGOAS, PEQUENAS DEPRESSÕES (PEQUENA QUANTIDADE) (20)			NÃO APRESENTA (30)			

Fonte: modificado de PEJON (1992). \*Modificado


A carta de escoamento superficial, apresenta 8 classes não aparecendo as classes 9 e 10, que podem ser visualizadas na **CARTA DE POTENCIAL AO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (ANEXO VII)**.

## **8.CONFECCÃO DO PRODUTO CARTOGRÁFICO INTERPRETATIVO FINAL**

Para efetuar a combinação das cartas intermediárias optou-se pelo uso do módulo CROSSTAB do IDRISI32, por possibilitar o uso de uma matriz de correlação dos atributos considerados no processo de tomada de decisão quanto à ponderação entre a importância de cada atributo considerado e o resultado cartográfico obtido, permitindo a retomada de avaliação caso o resultado obtido não seja adequado.

Analisando-se as Cartas Intermediárias envolvidas na elaboração da Carta de Potencial a Adequabilidade para Implantação de Aterros Sanitários, estabeleceu-se uma ordem de importância para o cruzamento destas cartas face a importância dos atributos considerados na confecção de cada uma delas, em relação à seleção de áreas para aterros sanitários Tabela 8.1.

Tabela 8.1 Ordem de importância das cartas intermediárias para a geração da Carta Final



<b>INTERFERENCIA AUMENTA</b>	DECLIVIDADE
	FORMAÇÕES GEOLÓGICAS
	MATERIAL INCONSOLIDADO
	ESCOAMENTO SUPERFICIAL
	DISTÂNCIA DE CORPOS D'ÁGUA
	DISTÂNCIA DE ESTRADAS
	DISTÂNCIA DE CENTRO URBANO

### **8.1. Cruzamento de primeira ordem**

Para esta primeira combinação, considerou-se a carta de declividade e o mapa de formações geológicas de superfície. Para a declividade, conforme os intervalos de classes já estabelecidos, orientados por trabalhos publicados, sobre disposição de resíduos onde foram estabelecidos estes intervalos tendo-se obtido resultados satisfatórios para o objetivo proposto. Para as formações geológicas de superfície, a litologia do material de formação, está relacionado com o substrato rochoso de origem, que é de interesse para este trabalho pois além da litologia podem indicar o potencial de existência de um aquífero livre (LEITE, 1996).

Etapa 1- Sobreposição da imagem da carta de declividades com a imagem do mapa de formações geológicas de superfície , utilizando-se o módulo **CROSSTAB**, obtendo-se a **Carta de Primeira Combinação Bruta** com a imagem de comparação entre os dois atributos.

Etapa 2- Reclassificação da imagem gerada na etapa 1 utilizando o modulo **RECLASS** combinado com **Matriz de Decisão** da tabela 8.2 elaborada pelo autor, gerando a **Carta de Primeira Combinação** entre os atributos declividade e litologia.

Tabela 8.2: - Matriz de Decisão para a Carta de Primeira Combinação

<b>Litologia</b>	<b>Classes de Declividade</b>					
	0-2 (1)	2-5 (2)	5-10 (3)	10-15 (4)	15-20 (5)	> 20 (6)
Quaternário (1)	R	M	M	M	S	R
Fm Sta Rita (2)	R	M	M	M	S	R
Fm Pirassunga (3)	R	M	M	M	S	R
Fm Itaqueri (4)	R	M	M	M	S	R
Fm Serra Geral (5)	R	A	A	A	M	R
Intrusivas Básicas (6)	R	M	A	M	S	R
Fm Botucatu (7)	R	M	A	M	S	R
Fm Piramboia (8)	R	M	M	M	S	R
Fm Corumbataí (9)	R	A	A	A	M	R

**Legenda: (1) - A=adequado a disposição de resíduos; (2) - M=moderado a disposição de resíduos; (3) - S=severo a disposição de resíduos; (4) - R=restritivo a disposição de resíduos.**

## 8.2 Cruzamento de segunda ordem

Para a combinação de segunda ordem, considerou-se a carta de primeira combinação e a carta de material consolidado, que é formada por unidades de material residual e retrabalhado considerando-se segundo a finalidade específica do documento final a ser produzido, os atributos para o material consolidado considerados, conforme (ZUQUETTE et al.,1994).

Etapa 1- Sobreposição da imagem da carta de primeira combinação com a imagem do mapa de material consolidado, utilizando-se o módulo **CROSSTAB**, obtendo-se a **Carta de Segunda Combinação Bruta** com a imagem de comparação entre os dois atributos.

Etapa 2- Reclassificação da imagem gerada na etapa 1 utilizando o módulo **RECLASS** combinado com **Matriz de Decisão** da tabela 8.3, gerando a **Carta de Segunda Combinação**, resultante do cruzamento entre a **Carta de Primeira Combinação** e os atributos do material consolidado considerados.

Tabela 83: - Matriz de Decisão para a Carta de Segunda Combinação

<b>Material Inconsolidado</b>	<b>Carta de Segunda Combinação</b>			
	A (1)	M (2)	S (3)	R (4)
Quaternário (1)	R	R	R	R
FSR-RT (2)	M	M	S	R
FSR-R (3)	S	S	R	R
FPIR-RT (4)	M	M	S	R
FPIR-R (5)	S	S	R	R
FI-R (6)	A	A	M	S
FSG-RT (7)	A	A	M	S
FSG-RR (8)	M	M	S	R
FSG-RE (9)	S	S	R	R

Tabela 83: - Matriz de Decisão para a Carta de Segunda Combinação (continuação).

Material Inconsolidado	Carta de Segunda Combinação			
	A (1)	M (2)	S (3)	R (4)
IBV-RT (10)	A	A	M	S
IBV-RE (11)	A	M	M	S
FB-RT (12)	A	M	M	S
FB-R (13)	A	M	M	S
FB-RR (14)	M	M	S	R
FB-RE (15)	A	A	M	S
Fpiram-RT (16)	S	S	R	R
Fpiram-R (17)	S	S	R	R
FC-RT (18)	A	A	M	S
FC-R (19)	A	M	M	S
FSR-RE (20)	S	S	R	R

**Legenda: (1) - A=adequado a disposição de resíduos; (2) - M=moderado a disposição de resíduos; (3) - S=severo a disposição de resíduos; (4) - R=restritivo a disposição de resíduos.**

### 8.3 Cruzamento de terceira ordem

Para a combinação de terceira ordem, considerou-se a carta de segunda combinação e a carta de escoamento superficial.

Etapa 1- Sobreposição da imagem da carta de segunda combinação com a imagem da carta de escoamento, utilizando-se o módulo **CROSSTAB**, obtendo-se a **Carta de Terceira Combinação Bruta** com a imagem de comparação entre a **Carta de Segunda Combinação** e a Carta de Escoamento Superficial.

Etapa 2- Reclassificação da imagem gerada na etapa 1 utilizando o modulo **RECLASS** combinado com **Matriz de Decisão** da tabela 8.4, gerando a **Carta de Terceira Combinação**, resultante do cruzamento entre a **Carta de Segunda Combinação** e a Carta de Escoamento Superficial.

Tabela 8.4 - Matriz de Decisão para a Carta de Terceira Combinação

Carta de Escoamento Superficial	Carta de Segunda Combinação			
	A (1)	M (2)	S (3)	R (4)
Classe (1)	R	R	R	R
Classe (2)	R	R	R	R
Classe (3)	S	S	R	R
Classe (4)	M	S	S	R
Classe (5)	M	M	S	S
Classe (6)	A	A	M	S
Classe (7)	A	A	M	S
Classe (8)	A	A	M	M
Classe (9)				
Classe (10)				

**Legenda:** (1) - A=adequado a disposição de resíduos; (2) - M=moderado a disposição de resíduos; (3) - S=severo a disposição de resíduos; (4) - R=restritivo a disposição de resíduos.

#### 8.4 Cruzamento de quarta ordem

Para a combinação de quarta ordem, considerou-se a carta de terceira combinação e o plano de informação distância de cursos d'água. A NBR13.896/1997 recomenda a distancia mínima de 200 metros de qualquer corpo d'água. Leite (1995) e Pejon (1992) recomendam como distancia mínima 300 metros de distancia de qualquer corpo d'água. Segundo Pfeiffer

(2001), a Bolívia e países da Comunidade Européia adotam distâncias mínimas de 500 metros de qualquer corpo d'água. Para este trabalho o plano de informação distância de corpos d'água reclassificado segundo a recomendação de Zuquete et. al. (1994) conforme as classes da Tabela 8.5, adaptadas da metodologia do autor na obra citada.

Etapa 1- Sobreposição da imagem da carta de terceira combinação com a imagem do plano de informação distância de cursos d'água, utilizando-se o módulo **CROSSTAB**, obtendo-se a **Carta de Quarta Combinação Bruta** com a imagem de comparação entre a **Carta de Terceira Combinação** e o plano de informação de distância de cursos d'água.

Etapa 2- Reclassificação da imagem gerada na etapa 1 utilizando o módulo **RECLASS** combinado com **Matriz de Decisão** da tabela 8.5, gerando a **Carta de Quarta Combinação** resultante do cruzamento entre a **Carta de Terceira Combinação** e o plano de informação de distância de cursos d'água.

Tabela 8.5: - Matriz de Decisão para a Carta de Quarta Combinação

Plano de Informação Distância de Cursos d'água	Carta de Quarta Combinação			
	A (1)	M (2)	S (3)	R (4)
Classe 1 (> 300m) → A	A	A	M	S
Classe 2 (200 – 300 m) → M	A	M	S	R
Classe 3 (100-200m) → S	M	S	S	R
Classe 4 (0-100m) → R	S	R	R	R

**Legenda:** (1) - A=adequado a disposição de resíduos; (2) - M=moderado a disposição de resíduos; (3) - S=severo a disposição de resíduos; (4) - R=restritivo a disposição de resíduos.

## 8.5 Cruzamento de quinta ordem

Para a combinação de quinta ordem, considerou-se a carta de quarta combinação e o plano de informação distância de rodovias que foi reclassificado de acordo com as classes da tabela 8.6.

Etapa 1- Sobreposição da imagem da carta de quarta combinação com a imagem do plano de informação distancia de rodovias, utilizando-se o modulo **CROSSTAB**, obtendo-se a **Carta de Quinta Combinação Bruta** com a imagem de comparação entre a **Carta de Quarta Combinação** e o plano de informação de distância de rodovias.

Etapa 2- Reclassificação da imagem gerada na etapa 1 utilizando o módulo **RECLASS** combinado com **Matriz de Decisão** da tabela 8.6, gerando a **Carta de Quinta Combinação** feita a ponderação entre a **Carta de Quarta Combinação** e o plano de informação distancia de rodovias.

Tabela 8.6: - Matriz de Decisão para a Carta de Quinta Combinação

	Carta de Quinta Combinação			
Plano de Informação Distancia de Rodovias	A (1)	M (2)	S (3)	R (4)
Classe 1 (0-200m) → A	A	M	S	R
Classe2 (200m400m) → M	M	M	S	R
Classe 3 (400-600m) → S	S	S	S	R
Classe 4 (Maior que 600m) → R	R	R	R	R

**Legenda:** (1) - A=adequado a disposição de resíduos; (2) - M=moderado a disposição de resíduos; (3) - S=severo a disposição de resíduos; (4) - R=restritivo a disposição de resíduos.

O cartograma resultante da quinta combinação é o documento cartográfico final, **CARTA DE ADEQUABILIDADE DE ÁREAS PARA ATERRO SANITÁRIO (ANEXO VIII)**. Porém, chegou-se a fazer mais um cruzamento da **Carta de Quinta Combinação** com o plano de informação distancia do centro urbano, classificado segundo São Paulo (1995). Mas na ponderação com a matriz de decisão, efetuada a sobreposição, a interferência do fator



distancia de centro urbano, em função de suas faixas de recobrimento resultantes da classificação considerando-se as distancias (<10Km, >20Km), 10-12Km, 12-16Km e 16-20Km respectivamente como Restritivo (R), Adequado (A), Moderado (M), e Severo (S) a classe Restritiva provocou a alteração de áreas que haviam recaído em classes com potencial de aproveitamento, para a classe restritiva, tornando o resultado extremamente proibitivo. Assim considerando a importância de levar-se em consideração a distancia de centro urbano, optou-se por deixar indicado como sugestão para análise na carta final, a distancia mínima do centro urbano a era adotada.

A Figura 8.1 mostra a distribuição das unidades classificadas no documento cartográfico, no qual observa-se que uma porcentagem muito baixa, 0,07% da área enquadra-se como Adequada, predominando a classe Restritiva com 60%, o que traduz a fragilidade ambiental da área estudada em relação aos critérios geológico-geotécnicos adotados neste trabalho para a verificação do potencial da área para a disposição de resíduos.

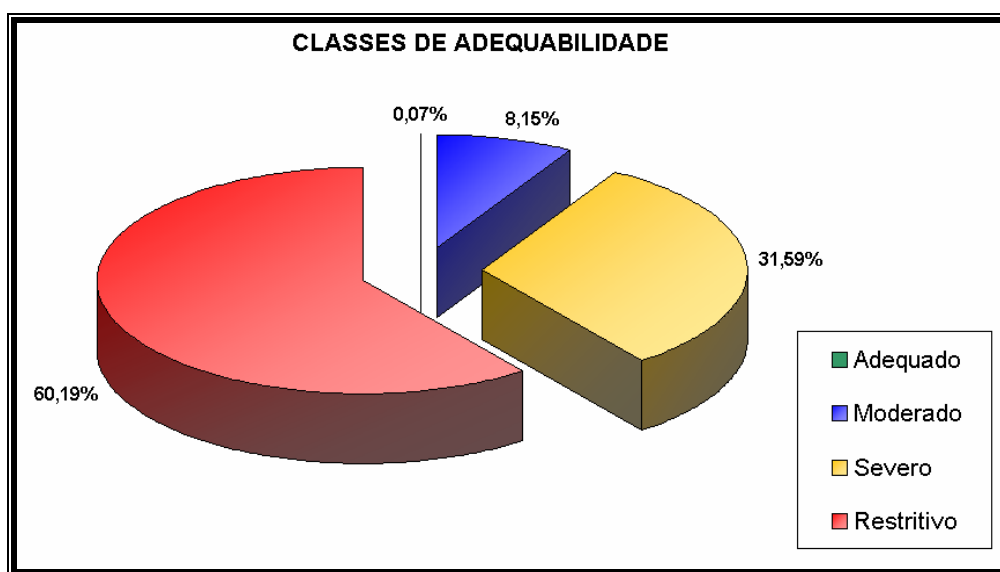


Figura 8.1 Distribuição percentual do potencial das áreas para a disposição de resíduos.

## 9. CONCLUSÕES

---

O procedimento adotado no presente trabalho levou a produção de um documento cartográfico específico para a seleção preliminar de áreas ideais para a implantação de aterros sanitários, usando uma metodologia qualitativa, na qual o processo de tomada de decisão através de análise das relações e interações dos atributos do meio físico envolvidos no processo, leva a subjetividade por parte de quem faz a análise. Porém, como a questão da seleção preliminar de áreas para a disposição de resíduos sólidos urbanos faz parte de um contexto mais abrangente este documento pode servir como subsídio para o planejamento e gestão ambiental do município no que tange a disposição de resíduos, num trabalho em que o ideal é que seja realizado por uma equipe multidisciplinar, para que sejam avaliados todos os aspectos do meio físico, envolvidos com a questão.

A metodologia adotada, por tratar-se da análise e hierarquização das características dos atributos do meio físico, de interesse para o tema estudado combinada com o armazenamento e processamento de dados georreferenciados dentro de um ambiente SIG, caracteriza-se como um processo alternativo para definição de locais favoráveis a disposição de resíduos, com custo relativamente baixo que pode ser aplicada a localidades diferentes, desde que feitas as adequações à realidade de cada região em estudo, de modo a auxiliar os técnicos da área de planejamento do município, na avaliação preliminar de quais são as áreas que apresentam potencial favorável a disposição de resíduos evitando gastos desnecessários com investimentos em áreas equivocadas para finalidade pretendida.

A seleção preliminar de áreas para a implantação de aterros sanitários, com a utilização de sistemas de informação geográfica mostra a viabilidade e potencialidade destas ferramentas no auxílio à solução de problemas complexos envolvendo grande número de dados e informações como é o caso da hierarquização destas áreas, segundo as potencialidades das mesmas para o recebimento de resíduos. Os resultados obtidos mostram que o SIG é uma ferramenta bastante útil e eficiente que associada com fontes de dados confiáveis e documentos cartográficos básicos ao mais atuais possíveis e com aplicação adequada da metodologia escolhida leva a um resultado satisfatório. O uso de um SIG agiliza a produção dos documentos cartográficos e permite a elaboração de vários cenários para análise do problema estudado, que se mostra muito útil, quando avaliação dos impactos

causados pelas medidas a serem tomadas para a implantação de obras de engenharia que possam vir a afetar diretamente o meio físico, como é o caso dos aterros sanitários, pois os resíduos sólidos contribuem para acelerar os impactos ao meio físico, caso sejam dispostos incorretamente em locais selecionados sem critérios técnicos como ocorre em muitos casos.

Observando-se a carta final conclui-se que o Município de Descalvado possui poucas áreas adequadas para a disposição de resíduos, havendo a necessidade de se estudar a possibilidade de se fazer um zoneamento agrupando áreas adequadas e moderadas, gerando novas áreas com potencial para a disposição de resíduos. Porém, para atestar a efetiva viabilidade da utilização destas áreas, é necessário que se faça a prospecção geotécnica em escala de maior detalhe para que se possa estabelecer relações mais seguras e melhor definidas.

## 10.RECOMENDAÇÕES FINAIS

---

Faz-se necessário a atualização de documentos cartográficos que contenham informações sobre o meio ambiente, pois estes auxiliam as pesquisas no campo ambiental, porém, face aos recursos computacionais, de sensoriamento remoto, etc, encontram-se muito defasados.

Com o levantamento em escala regional identifica-se preliminarmente o quadro geral da área estudada, sendo indicado o detalhamento geotécnico nas áreas potencialmente favoráveis á instalação de aterros sanitários.

Recomenda-se que haja mais estudos que realizem a produção de cartas geotécnicas considerando a ponderação dos atributos do meio físico, para que haja o aprofundamento e um melhor entendimento da ponderação destes atributos aliada ao uso de softwares que trazem embutidas rotinas matemáticas que facilitam muito as operações com os mapas, os quais, entretanto, exigem muito cuidado em seu manuseio para não se obter documentos cartográficos que não refletem da realidade da área estudada.

Que seja promovida uma ampla discussão com os atores sociais envolvidos: políticos, técnicos, população e outros, visando conscientizar toda comunidade para o problema do tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

Que para os municípios circunvizinhos sejam produzidos documentos cartográficos com a mesma finalidade buscando promover a integração entre as partes para que numa ação conjunta encontrem alternativas menos impactantes para o meio físico e a saúde da população, com relação,ao tratamento e a disposição de resíduos sólidos no meio físico.

## 11.BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, F. S. **Uso de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal.** 1999. 131p. Dissertação (Mestrado em Geociência) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília., Brasília, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004:** classificação de resíduos sólidos, Rio de Janeiro, 1987. 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.005:** lixiviação de resíduos, Rio de Janeiro, 1987. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.006:** solubilização de resíduos, Rio de Janeiro, 1987. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.703:** degradação do solo, Rio de Janeiro, 1989. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.896:** aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação, Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8.419:** apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: procedimentos , Rio de Janeiro, 1984. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8.849:** apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos: procedimentos , Rio de Janeiro, 1985. 13p.

BASILIO, J.A. F. **Procedimentos para seleção de áreas para aterros sanitários a partir de cartas geotécnicas:** aplicação na folha de Campinas. 2001. 133p. 2v. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos:USP/EESC, 120p. 1999.

BITAR, O.Y.; ORTEGA,R. D. E. Gestão ambiental. In. Oliveira, A. M.S. ; BRITO, S. N. A. **Geologia de engenharia.** São Paulo. ABGE/CNPQ/FAPESP, 1999. pg. 499-508.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM - Ministério das Minas e Energia. **Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais:** relatório final de geologia. Convênio DNPM/CPRM. Superintendência Regional de São Paulo. Brasília, 1979. 299p. il. 4 mapas color., 110 cm.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Carta do Brasil:** folha topográfica de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4). São Paulo, 1971a. 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Carta do Brasil**: folha topográfica de Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2). São Paulo, 1971b. 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Carta do Brasil**: folha topográfica de Ibaté (SF-23-V-C-IV-3). São Paulo, 1971c. 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.. **Carta do Brasil**: folha topográfica de Luis Antonio (SF-23-V-C-IV-2). São Paulo, 1971d. 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.. **Censo demográfico 2000. características da população e dos domicílios**: Resultados do universo. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>. Acesso em: 05 dez. 2001.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Malha municipal do Brasil**: situação em 1997. Rio de Janeiro, 1999. 1 CD.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.. **Pesquisa nacional de saneamento básico**: 2002 – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em: 05 abr. 2002.

BROLLO, M.J.; **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos**: aplicação na região metropolitana de Campinas (SP). 2001. 208p. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CALIJURI, M. L.; RÖHM, S. A. **Sistemas de informações geográficas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, CCET/DEC, 1994. 34p. Apostila.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos.: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.134p. Apostila

CANÇADO, C. J.; et. al. Adequabilidade dos terrenos da bacia do Rio Bonito (Brasil) para implantação de aterros sanitários. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA, 8., 2002, Lisboa, Portugal. p.1809-1826.

CARVALHO, M. F. **Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos**. 1999. 278p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CASTRO, D. M., **Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do município de Descalvado (SP), escala 1:10.000**. 1998. 2v. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

CHARNPRATHEEP. K.; ZHOU, Q.; GARNER, B. J. Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems. **Waste Management & Research**, v.15 p.197-215, 1997.

COLLARES, E. G. **Mapeamento geotécnico da quadricula de Bragança Paulista (escala 1: 50.000): ênfase em materiais inconsolidados.** 1994. 2v. 125p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

CONSONI, A. J.; SILVA, I. C.; GIMENEZ F. A. Disposição final do lixo. In: D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. p. 251-291. cap.5.

CUNHA, M. A.; CONSONI, A. J.. Os estudos do meio físico na disposição de resíduos. In: Curso de Pedologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE/Digeo-IPT, 1995. p. 217-225.

DIAS, R. D. Mapeamento geotécnico da região metropolitana de Porto Alegre: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 20, ENCONTRO REGIONAL GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE, 1. 1996, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 1996. p. 71-78.

DÖRHÖFER, G.; SIEBERT, H., The search for landfill sites: requirements and implementation in Lower Saxony. **environmental geology**, v. 35 n.1, p.55-65, 1998.

EASTMAN, J. R. IDRISI 32: guide to GIS and image processing. Clark Labs. Worcester: Clark University, 1999. 193 p.

ELIS, V. R. **Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos.** 1998. 264p Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista., Rio Claro, 1998.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

ESPANHA. Centro de Estudios del Ordenacion del Territorio y Medio Ambiente. – CEOTMA. Procesos y riesgos. In: **Guia para la elaboracion de estudios del medio fisico: contenido y metodologia.** Espanha: Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo. 1981. p.419-469. (Serie: Manuales 3).

ESPANHA. Instituto Geológico y Minero de ESPAÑA – IGME. **Mapa geotécnico y riesgos geológicos de la ciudad de Zaragoza.** Madrid, 1897. 2v. 8 mapas coloridos., 92cm x 62cm. Escala 1:25. 000 y 1: 5.000.

FERES, R. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento:** Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP). 2002. 142p. Tese (Doutorado em Ciências - Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 2002.

FERES, R. **Caracterização geotécnica de uma bacia hidrográfica urbana (RIO BRANCO-AC) com ênfase nos processos de ocupação dos fundos de vale.** 1998. 2v. 210p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

FERNANDES; A., AVILLA, I. G.; JACINTO, M. C. Carta geotécnica da região metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 50. 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1987. p.257-265.

GALIANO, A. V. A. **Mapeamento geotécnico da quadrícula de Pirassununga (SP) na escala 1:50.000, como subsídio ao desenvolvimento regional.** 2001 2v. 140p. Dissertação (Mestrado Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

GUERRA, S. M. S. **Cartografia geológico-geotécnica de áreas costeiras: o exemplo de Suape-PE.** 1998. 2v. 168p Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista., Rio Claro, 1998.

HAGAN, J.E; EASTMAN, J.R. AUBLE; J. **CartaLinx. the spatial data builder: user's guide.** 1998 201p. Version 1.0. Worcester. Clark Labs. Clark University, 1998.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY - IAEG **Engineering geological maps: a guide to their preparation.** Paris:UNESCO, 79p. 1976.

KATAOKA, S. M. **Avaliação de áreas para disposição de resíduos: proposta de planilha para gerenciamento ambiental aplicado a aterro sanitário industrial.** 2000. 326P. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

LEITE, J. C.; ZUQUETTE, L. V. Atributos fundamentais à elaboração da carta de susceptibilidade à contaminação e poluição das águas superficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8., 1996, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro:ABGE,1996. p. 177-1823.

LEITE, J. C. **Metodologia para a elaboração da carta de susceptibilidade à contaminação e poluição das águas superficiais.** 1995.192p Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

LORANDI, R.;et. al. Regional evaluation of the erosion aspects on weathered material in tropical areas (Brazil). In: CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONFERENCE: New Frontiers & Challenges, 1999, Bangkok-TH. **Proceedings...** Bangkok: AIT, 1999. p. 11 – 17.

MARQUES, G. N. **Seleção de áreas para aterros sanitários baseada em mapeamento geotécnico e *analytic hierarchy process (AHP)*.** 2002 163p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

MASSOLI, M. Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro. **Revista do Instituto Geológico,** São Paulo, v.2, n.2, p.78-79, 1981.



MELO, M. S. **A formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica da depressão periférica paulista.** 1995. 144p Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista., Rio Claro, 1995.

MELO, A. L. O., **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando a lógica fuzzy e análise multicritério: uma proposta metodológica:** aplicação ao município de Cachoeiro de Itapemirim-ES 2001. 246p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MENDES, R. M. **Mapeamento geotécnico da área central urbana de São José do Rio Preto (SP) na escala 1:10.000 como subsídio ao planejamento urbano.** 2001 2v. 245p.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2001.

MURO, M. D. **Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos – SP – escala 1:50.000.** 2000 2v. 178p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

NASCIMENTO, M. C. B. **Seleção de sítios visando a implantação de aterros sanitários com base em critérios geológicos, geomorfológicos e hidrológicos.** 2001 140p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

O'LEARY, P. R.; CANTER, L. Land disposal. In: ROBINSON, W. D. **The solid waste handbook: apractical guide.** New York: John Wiley & Sons,. 1986., p. 259-338. cap.11.

OGATA, M. G. **Os resíduos sólidos na organização do espaço e na qualidade do ambiente urbano:** uma contribuição geográfica ao estudo do problema na cidade de São Paulo. Rio de Janeiro, n. 8., 1983, Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

OLIVEIRA, H. H. **Proposta de criação e caracterização da Área de Proteção Ambiental de Descalvado, SP.** 1995. 140p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Importância dos estudos geológico-geotecnicos para a disposição de rejeitos urbanos. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS – REGEO'91,1991. Rio de Janeiro, 1991p. 367-377.

PEJON, O. J. **Mapeamento geotécnico da folha de Piracicaba-SP (escala 1:100.000):** estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos. 1992 2v. 224p. Tese (Doutorado em Geotecnia). – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

PEREIRA, J. P. Aterros sanitários: estudos de contaminação dos solos por lixiviados. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 7, 2000, Lisboa. **Anais...** , 2000. p 1199-1207.

PFEIFFER, S. C. **Subsídios para a ponderação de fatores ambientais na localização de aterros de resíduos sólidos, utilizando o sistema de informações geográficas.** 2001. 103p.

Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). – Departamento de Hidráulica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RANIERI, V. E. L. **Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental:** o caso do município de Descalvado (SP). 2000 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

ROCCA, A. C. C.; IACOVONE, A. M. M. B.; BARROTTI, A. J. **Resíduos sólidos industriais.**, 2ª ed. São Paulo: CETESB, 1993.

SÃO PAULO. Fundação Sistemas de Análises de Dados - SEADE. Informações dos municípios. 2001. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>> Acesso em: 10 nov. 2001.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. SMA **Gestão ambiental do Aquífero Guarani.** Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/aquifero/def\\_aquifero.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/aquifero/def_aquifero.htm)>. Acesso em: 05 jan. 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. – SMA. Secretaria da Agricultura e Abastecimento - SAA. Secretaria de Economia e Planejamento – SEPLAN. **Macrozoneamento da bacia dos rios Mogi- Guaçu, Pardo e Médio Grande:** questões socioambientais e regionais. São Paulo: SMA, 1995. 2v.

SÃO PAULO (Estado). USP/FFLCH/IPT/FAPESP **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1997. 64 p. 1 mapa color. 79 cm x 95 cm. Escala 1:500.000. Por (Jurandir Luciano Sanches e Isabel Cristina Moroz (coords.)).

SÃO PAULO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídrico – CERH. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo.** São Paulo: Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2000.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. – CETESB. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 1999. Suplemento. 671p.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. – CETESB **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2001. (Série Relatórios Ambientais).

SÃO PAULO (Estado). Instituto Agrônomo – IAC. Divisão de Solos. Seção de Pedologia. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo:** quadrícula de Descalvado, folha (SF-23-V-C-IV). São Paulo, 1982, 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:100.000.

SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico – IG. **Formações geológicas de superfície:** folha geológica de Descalvado (SF-23-V-C-IV-4). São Paulo, 1984a, 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico - IG. **Formações geológicas de superfície**: folha geológica de Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2). São Paulo, 1984b, 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico - IG.. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IG/CETESB/DAEE/SMA, 1997. 2v.

SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico - IG. **formações geológicas de superfície**: folha geológica de Luis Antonio (SF-23-V-C-IV-2). São Paulo, 1986, 1 mapa color., 60 cm x 74cm. Escala 1:50.000.

SÃO PAULO (Estado). - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. – IPT. O gerenciamento integrado do lixo municipal. In: Jardim, N. S. (Ed.) **Lixo municipal**: Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT, 1995.

SÃO PAULO (Estado). - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. – IPT. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT-DMGA, 1981. 94p. (Série Monografias, 5).

SÃO PAULO (Estado). Instituto Agrônomo – IAC. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: quadricula de São Carlos II. memorial descritivo, 1984. Por João Bertoldo de Oliveira e Hélio do Prado. Campinas. Boletim Técnico 98.188p. il.

SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico - IG **Léxico estratigráfico do Estado de São Paulo**. 1981. Por Paulo Sergio Mezallira (coord) e outros. São Paulo. 161p., il. 23cm (Boletim, 5).

SCHALCH, V.; et. al.. Aterro sanitário: considerações sobre a escolha do sitio, projeto, implantação, operação e monitoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7., 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABAS, 1992. p. 123-127.

SIMÕES, S. J. C. A abordagem sistêmica e o conceito de hierarquia como premissas metodológicas em programas de cartografia de síntese. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2. ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE, 1. 1996, São Carlos, 1996 p.149-154.

SOWERS, G. F. Settlement of waste disposal fills. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING'S, 8, 1973, Moscou. 1973, p. 207-210.

TOREZAN, F.E. **Análise ambiental da bacia do rio Bonito (Descalvado, SP) com ênfase nas atividades de exploração mineral de areia**. 2000. 2v. 165p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

TOREZAN, F.E.; LORANDI, R. Carta de risco potencial à erosão acelerada da bacia do Rio Bonito, Descalvado (SP): escala 1:50.000. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, 2001, Goiânia. **Anais...** São Paulo: ABGE, 2001.

TORRESAN, F. E. et al. Potencial surface runoff and infiltration rates chart of the Rio Bonito river basin (Brazil) as a subsidy to the selection of adequate sites for instalation of sanitary landfills. In: INTERNACIONAL IAEG CONGRESS, 9, 2002, Durban, Africa do Sul. **Proceedings ...** Durban: IAEG, 2002. p.340-347

ZUQUETTE , L. V. , GANDOLFI, N. Análise da relação entre disposição de rejeitos de baixa periculosidade e meio geológico receptor. In: SIMPOSIO SOBRE BARRAGENS E DISPOSICAO DE RESIDUOS – REGEO'91, 1º, 1991b, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro, 1991. p. 221-232.

ZUQUETTE , L. V.; GANDOLFI, N. Mapeamento geotécnico aplicável a rejeitos sépticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, v2, 1987a São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1987. p.312-322.

ZUQUETTE , L. V.; GANDOLFI, N. Metodologia de mapeamento geotécnico para áreas municipais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, v2, 1987b, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1987 p. 303-311.

ZUQUETTE, L. V.;et. al.. Mapeamento geotécnico: parte I – atributos e procedimentos básicos para a elaboração de mapas e cartas. **Revista de Geociências**, São Paulo, v.16, n.2, , p.491-524, 1997.

ZUQUETTE , L. V.; GANDOLFI, N. Problems and rules to select landfill waste disposal sites, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON URBAN GEOLOGY, 1991a Sfax, Tunísia. **Proceedings ...** Tunísia, 1991, p. 300-309.

ZUQUETTE, L. V. **Mapeamento geotécnico preliminar da região de São Carlos.** 1981 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1981.

ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras.** 1987. 3v. 657p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.

ZUQUETTE, L.V., **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** 1993. 2v. 368p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. Mapeamento geotécnico: uma proposta metodológica. **Revista Geociências**, São Paulo, v9, p. 55-66, 1990.

ZUQUETTE, L. et. al. Methodology of specific engineering geological mapping for selection of sites for waste disposal. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 7, v4, 1994. Lisboa – Portugal. **Proceedings...**Balkena: Rotterdam, 1994, p. 2481-2489.

# **ANEXO I**

Tabela I.1: Dados geológicos e geográficos dos pontos de amostragem.

Ponto	Espes-sura(m)	Rocha	Formação Geológica	UTM X (m)	UTM Y (m)	Altitude (m)
P <sub>2</sub>	4,20	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	229186	7572337	695.00
P <sub>3</sub>	3,50	Argilitos e Siltitos	Fm. Corumbataí (Pc)	240607	7582213	520.00
P <sub>5</sub>	5,40	Arenitos	Fm. Pirambóia (TRp)	229960	7575435	629.00
P <sub>8</sub>	1,40	Areias e conglomerados	Fm. Pirassununga (Tp)	237139	7574004	592.00
P <sub>9</sub>	5,30	Argilitos e Siltitos	Fm. Corumbataí (Pc)	236881	7574389	573.00
P <sub>10</sub>	3,30	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	229015	7576115	623.00
P <sub>13</sub>	2,30	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	229346	7565111	641.00
P <sub>14</sub>	3,70	Diabásio	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	226876	7582851	650.00
P <sub>16</sub>	4,50	Diabásio	Fm. Serra Geral (V)	227754	7569238	699.00
P <sub>17</sub>	4,50	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	228859	7580451	698.00
P <sub>18</sub>	1,50	Areias e conglomerados	Fm. Pirassununga (Tp)	239607	7571127	578.00
P <sub>20</sub>	1,70	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	227858	7574662	672.00
P <sub>22</sub>	2,70	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	233956	7576670	601.00
P <sub>23</sub>	2,20	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	231057	7571295	628.00
P <sub>24</sub>	1,50	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	230347	7577634	694.00
P <sub>25</sub>	1,20	Areias e Cascalhos	Fm. Santa Rita do Passa-Quatro (Tsr)	227721	7575771	688.00
P <sub>26</sub>	2,60	Arenitos	Fm. Pirambóia (TRp)	231101	7576104	590.00
P <sub>27</sub>	2,00	Areias e conglomerados	Fm. Pirassununga (Tp)	238116	7580259	524.00
P <sub>28</sub>	0,60	Areias, Argilas	Quaternário (Q)	237544	7580075	512.00
F <sub>1</sub>	8,20	Arenitos	Fm. Pirambóia (TRp)	229789	7563019	670.00
F <sub>2</sub>	7	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	230105	7561432	750.00
F <sub>3</sub>	1,60	Arenitos, arenitos conglomeráticos	Fm. Itaqueri (KTi)	227600	7563453	939.00
F <sub>4</sub>	4,70	Areias e conglomerados	Fm. Pirassununga (Tp)	240247	757860	568.00
F <sub>5</sub>	5,50	Areias e conglomerados	Fm. Pirassununga (Tp)	242099	7581520	563.00
F <sub>6</sub>	7,40	Argilitos e Siltitos	Fm. Corumbataí (Pc)	242840	7583213	552.00
F <sub>7</sub>	4,20	Areias e conglomerados	Fm. Pirassununga (Tp)	243450	7577406	593.00
F <sub>8</sub>	2,50	Areias e Cascalhos	Fm. Sta. Rita do Passa-Quatro (Tsr)	236604	7562882	746.00
F <sub>9</sub>	2,40	Arenitos	Fm. Botucatu (JKb)	226450	7573819	688.00

FONTE: CASTRO, (1998); LORANDI et al., (1999); e TOREZAN,(2000)

Tabela I.2: Resultados dos ensaios de erodibilidade e permeabilidade.

Amostra	Profundidade (m)	Ensaio de Erodibilidade (%)			Ensaio de Permeabilidade			
		S	P	E	$\rho_{dc}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$K_{20}$ [cm/Seg <sup>-1</sup> ]	
Formação Serra Geral	P <sub>16</sub> A	0,5-2,0	1,01	2,61	20,26	1,3098	1,3098	9,70 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>16</sub> B	2,5-3,0	2,66	13,83	10,00	1,4557	1,4556	9,08 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>16</sub> C	3,2-3,7	1,73	3,45	26,10	1,3263	1,3263	1,03 x 10 <sup>-2</sup>
	P <sub>16</sub> D	4,0-4,5	0,96	27,11	1,84	1,5473	1,5472	2,16 x 10 <sup>-3</sup>
Formação Corumbataí	P <sub>3</sub> A	1,5-1,7	0,70	1,02	35,6	1,4359	1,4360	1,59 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>3</sub> B	3,0-3,5	0,42	43,70	0,50	1,7800	1,7799	1,90 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>9</sub> A	0,5-0,8	0,69	0,23	153,0	1,5368	1,5370	1,18 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>9</sub> B	2,0-2,3	0,82	4,47	9,58	1,6092	1,6092	5,01 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>9</sub> C	5,0-5,3	0,23	71,40	0,17	1,6431	1,6431	7,35 x 10 <sup>-7</sup>
	F <sub>6</sub> A	0,2-0,4	0,26	0,45	29,85	1,43	1,30	6,54 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>6</sub> B	4,0-4,2	1,15	33,03	1,82	1,62	1,08	9,29 x 10 <sup>-4</sup>
F <sub>6</sub> C	7,2-7,4	0,10	2,12	2,47	1,79	1,44	1,98 x 10 <sup>-7</sup>	
Formação Pirambóia	P <sub>5</sub> A	0,4-0,6				1,3970	1,5220	1,85 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>5</sub> B	3,4-3,6	0,59	34,55	0,68	1,7320	1,8480	2,08 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>26</sub> A	0,5-0,7	0,60	0,36	66,67	1,357	1,357	3,40 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>26</sub> B	1,8-2,0	0,95	0,87	43,68	1,442	1,442	2,63 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>26</sub> C	2,4-2,6	1,76	5,38	13,09	1,422	1,422	1,10 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>1</sub> A	0,2-0,4	0,09	0,11	40,96	1,64	1,53	2,31 x 10 <sup>-3</sup>
F <sub>1</sub> B	3,5-3,7	0,11	0,30	19,10	1,96	1,86	1,03 x 10 <sup>-5</sup>	
Formação Pirassununga	P <sub>8</sub> A	0,2-0,4	0,42	6,60	3,30	1,7747	1,7746	2,23 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>8</sub> B	1,2-1,4	1,06	46,99	1,18	1,5324	1,5324	2,32 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>18</sub> A	0,2-0,5						1,24 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>18</sub> B	0,8-1,0	0,46	27,08	0,88	1,6838	1,6837	1,52 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>18</sub> C	1,2-1,5	0,18	11,50	0,82	1,6936	1,6935	2,57 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>27</sub> A	0,4-0,6	0,36	0,20	94,62	1,57	1,57	2,95 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>27</sub> B	1,6-1,8	1,41	4,60	15,95	1,35	1,35	7,79 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>4</sub> A	0,4-0,6	0,14	0,14	52,39	1,52	1,48	2,57 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>4</sub> B	4,5-4,7	0,37	79,62	0,24	1,41	1,36	1,76 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>5</sub> A	0,4-0,6	0,22	0,76	15,15	1,41	1,37	2,30 x 10 <sup>-2</sup>
	F <sub>5</sub> B	3,4-3,6	0,28	17,68	0,34	1,56	1,43	1,93 x 10 <sup>-2</sup>
	F <sub>5</sub> C	5,3-5,5	0,28	32,67	0,44	1,58	1,47	1,69 x 10 <sup>-2</sup>
	F <sub>7</sub> A	0,2-0,4	0,50	3,75	6,90	1,44	1,33	1,10 x 10 <sup>-2</sup>
F <sub>7</sub> B	4,0-4,2	0,53	2,98	9,20	1,44	1,31	4,10 x 10 <sup>-3</sup>	

S: índice de absorção de água  
P: perda de peso por imersão  
 $\rho_d$ : massa específica seca máxima

E: índice de erodibilidade  
 $\rho_{dc}$ : massa específica seca de campo  
K: coeficiente de permeabilidade

FONTE: CASTRO, (1998); LORANDI et al., (1999); e TOREZAN, (2000)

Tabela I.2 Resultados dos ensaios de erodibilidade e permeabilidade (continuação).

Amostra	Profundidade (m)	Ensaio de Erodibilidade (%)			Ensaio de Permeabilidade			
		S	P	E	$\rho_{dc}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	K [cm/Seg <sup>-1</sup> ]	
Formação Santa Rita do Passa-Quatro	P <sub>2</sub> A	1,5-1,7	0,74	7,35	4,00	1,414	1,521	1,71 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>2</sub> B	4,0-4,2	0,49	89,19	0,22	1,488	1,641	6,73 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>10</sub> A	0,2-0,5	0,22	0,07	125,7	1,5240	1,5910	1,72 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>10</sub> B	1,4-1,7	1,43	65,03	0,88	1,3020	1,4010	2,10 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>10</sub> C	3,0-3,3	0,22	16,14	0,55	1,6650	1,8660	1,59 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>14</sub> A	0,2-0,5	0,03	14,15	0,12	1,4712	1,4711	3,24 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>14</sub> B	2,5-2,7	0,38	48,62	0,41	1,9109	1,9110	1,36 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>14</sub> C	3,5-3,7						2,30 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>13</sub> A	0,4-0,6	1,96	28,34	3,60	1,7604	1,7603	1,17 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>13</sub> B	1,4-1,7	1,53	18,05	4,41	1,3767	1,3766	1,36 x 10 <sup>-2</sup>
	P <sub>13</sub> C	2-2,3	1,66	73,04	1,18	1,5132	1,5131	1,58 x 10 <sup>-2</sup>
	P <sub>17</sub> A	1-1,2	0,47	4,65	5,31	1,6576	1,6575	2,38 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>17</sub> B	3-4,5	1,49	81,40	0,95	1,5445	1,5445	1,47 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>20</sub> A	0,8-1,5	0,37	2,12	6,98	1,4240	1,4238	3,00 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>20</sub> B	2,2-3,8	nd	nd	nd	1,3380	1,3378	1,75 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>22</sub> A	0,1-0,3	0,02	43,70	0,02	1,5372	1,4637	5,06 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>22</sub> B	1,6-1,8	0,13	0,10	65,4	1,3401	1,2670	2,39 x 10 <sup>-4</sup>
	P <sub>22</sub> C	2,5-2,7	0,20	0,14	75,8	1,6749	1,5258	1,26 x 10 <sup>-6</sup>
	P <sub>23</sub> A	0,8-1,0	1,60	1,10	58,18	1,433	1,433	1,14 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>23</sub> B	2-2,2	1,04	1,67	24,91	1,440	1,440	9,70 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>24</sub> A	0,6-0,8	1,25	80,00	0,63	1,534	1,534	9,30 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>24</sub> B	1,3-1,5	0,07	81,89	0,03	1,169	1,169	9,20 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>25</sub> A	0,2-0,4	1,44	1,98	29,09	1,452	1,452	5,50 x 10 <sup>-3</sup>
	P <sub>25</sub> B	1,0-1,2	0,94	1,85	20,32	1,679	1,679	6,50 x 10 <sup>-4</sup>
	F <sub>2</sub> A	0,2-0,4	0,22	0,58	20,08	1,57	1,47	2,29 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>2</sub> B	3,5-3,7	0,34	95,55	0,19	1,59	1,51	6,08 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>2</sub> C	6,8-7	0,33	94,97	0,18	1,73	1,62	3,74 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>8</sub> A	0,5-0,7	0,39	2,09	9,67	1,52	1,44	1,34 x 10 <sup>-2</sup>
F <sub>8</sub> B	2,3-2,5	0,95	80,04	0,62	1,49	1,43	1,13 x 10 <sup>-2</sup>	
Quaternário	P <sub>28</sub> A	0,4-0,6	0,46	0,65	37,24	1,61	1,61	4,33 x 10 <sup>-4</sup>
Fm. Itaqueri	F <sub>3</sub> A	0,4-0,6	0,43	1,33	16,73	1,56	1,56	1,73 x 10 <sup>-6</sup>
	F <sub>3</sub> B	1,4-1,6	1,38	5,35	13,42	1,38	1,38	1,10 x 10 <sup>-6</sup>
Fm. Botucatu	F <sub>9</sub> A	0,2-0,4	0,32	2,00	8,14	1,43	1,40	3,10 x 10 <sup>-3</sup>
	F <sub>9</sub> B	2,2-2,4	0,64	32,90	1,00	1,53	1,47	9,79 x 10 <sup>-3</sup>

nd – não determinado

FONTE: CASTRO, (1998); LORANDI et al., (1999); e TOREZAN, (2000)



Tabela I.3: Resultados dos ensaios de granulometria e classificação MCT.

	Amostr a	Ar (%)	Si (%)	Ag (%)	$\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	Classificação MCT				$\eta$ (%)
						c'	e'	Pi %	Sb	
Formação Serra Geral	P <sub>16</sub> A	46	19	35	2,928	1,60	0,77	91,0	LG'	55,265
	P <sub>16</sub> B	45	18	37	2,927	1,03	1,75	88,0	LG'	50,266
	P <sub>16</sub> C	34	26	40	2,971	1,70	0,80	37,2	LG'	55,358
	P <sub>16</sub> D	35	29	36	2,987	1,57	1,04	75,8	LG'	48,200
Formação Corumbataí	P <sub>3</sub> A	50	15	35	2,714	1,45	1,08	82,0	LG'	47,094
	P <sub>3</sub> B	41	13	46	2,756	1,71	1,34	189,5	NG'	35,415
	P <sub>9</sub> A	75	07	18	2,511	0,28	1,44	293,3	NA	38,796
	P <sub>9</sub> B	73	07	22	2,425	0,58	1,12	123,6	LA	33,639
	P <sub>9</sub> C	28	20	52	2,824	1,89	1,20	116,43	NG'	41,815
	F6A	60	5	35	2,651	1,68	1,54	111,85	NG'	51,03
	F6B	52	16	32	2,700	1,69	0,98	30,55	LG'	29,90
	F6C	10	26	54	2,695	1,81	1,41	190,45	NG'	46,51
Formação Pirambóia	P <sub>5</sub> A	75	09	16	2,578	0,61	1,41	238	NA	40,953
	P <sub>5</sub> B	75	07	18	2,721	0,58	1,18	114	LA	32,087
	P <sub>26</sub> A	82	10	08	2,642	0,66	1,44	218	NA'	49,000
	P <sub>26</sub> B	83	10	07	2,654	0,60	1,43	221	NA'	46,000
	P <sub>26</sub> C	79	09	11	2,628	1,00	1,20	144	NA'	46,000
	F1A	95	7	8	2,663	0,29	1,48	259,7	NA	42,37
	F1B	79	10	11	2,628	0,57	1,41	139,93	LA	29,38
Formação Pirassununga	P <sub>8</sub> A	64	12	24	2,712	0,60	1,39	211,97	LA	34,562
	P <sub>8</sub> B	74	10	16	2,731	0,46	1,08	117,60	LA	43,888
	P <sub>18</sub> A				2,539	1,33	1,10	101,9	LA'	
	P <sub>18</sub> B	21	24	55	2,774	2,07	1,13	76,76	LG'	39,301
	P <sub>18</sub> C	11	47	42	2,766	2,25	1,86	106,5	NG'	38,771
	P <sub>27</sub> A	78	09	13	2,636	0,50	1,63	142,3	NA'	40,440
	P <sub>27</sub> B	70	17	13	2,654	0,70	1,09	105,8	LA	49,070
	F4A	87	3	10	2,664	0,40	1,47	288,30	NA	44,24
	F4B	81	5	14	2,671	0,37	1,33	193,57	LA	49,24
	F5A	86	4	10	2,662	0,54	1,53	259,75	NA	48,53
	F5B	83	5	12	2,675	0,30	1,60	226,65	NA	46,55
	F5C	84	4	12	2,671	0,47	1,37	217,50	LA	45,05
	F7A	62	10	28	2,720	1,61	1,24	82,75	NG'	51,24
	F7B	58	10	32	2,712	1,47	1,48	124,15	NS'	51,66

Ag: argila (partículas com  $\theta < 0,002\text{mm}$ )      Si: silte ( $0,002 < \theta < 0,02\text{mm}$ )  
Ar: areia ( $0,02 < \theta < 2,0\text{mm}$ )      ps: massa específica dos sólidos  
 $\eta$ : porosidade      c', e': coeficientes utilizados na classificação MCT  
Pi: perda de peso por imersão do material compactado      Sb: Símbolo da Classificação MCT  
LA: areias lateríticas;      LA': solos areno-argilosos lateríticos;  
LG': argilas lateríticas;      NA: areias não lateríticas;  
NA': solos arenosos não lateríticos;      NS': solos siltosos não lateríticos;  
NG': solos argilosos não lateríticos.

FONTE: CASTRO, (1998); LORANDI et al., (1999); TOREZAN,(2000)

Tabela I.3: Resultados dos ensaios de granulometria e classificação MCT (continuação).

	Amostr a	Ar (%)	Si (%)	Ag (%)	$\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	Classificação MCT				$\eta$ (%)
						c'	e'	Pi %	Sb	
Formação Santa Rita do Passa-Quatro	P <sub>2</sub> A	79	04	17	2,731	0,67	1,19	166	LA	44,299
	P <sub>2</sub> B	74	06	20	2,744	1,00	1,24	168	NA'	40,195
	P <sub>10</sub> A	73	10	17	2,732	0,49	1,30	182	LA	41,769
	P <sub>10</sub> B	70	09	21	2,820	0,86	1,20	124	NA'	50,313
	P <sub>10</sub> C	72	06	22	2,742	1,31	1,20	101	NA'	31,962
	P <sub>14</sub> A	76	08	16	2,728	0,28	1,16	110,6	LA'	46,072
	P <sub>14</sub> B	74	09	17	2,707	0,92	1,15	104,5	LA'	29,408
	P <sub>14</sub> C	27	55	18	2,893	1,90	1,51	254,5	NG'	
	P <sub>13</sub> A	51	29	20	2,904	1,49	1,02	98,5	LA'	39,382
	P <sub>13</sub> B	70	07	23	2,760	1,37	1,17	109,0	LA'	50,121
	P <sub>13</sub> C	73	13	14	2,682	1,11	0,93	104,70	LA'	43,580
	P <sub>17</sub> A	83	06	11	2,664	0,63	1,37	188,2	NA'	37,778
	P <sub>17</sub> B	75	11	14	2,654	0,36	1,15	109,9	LA	41,804
	P <sub>20</sub> A	59	08	33	2,768	1,09	1,41	150	NA'	41,256
	P <sub>20</sub> B	60	07	33	2,778	1,66	1,06	106	LG'	45,228
	P <sub>22</sub> A	70	19	11	2,679	1,26	1,23	113,9	NA'	45,301
	P <sub>22</sub> B	72	15	13	2,681	0,48	1,27	154,5	LA	52,653
	P <sub>22</sub> C	56	28	16	2,688	1,36	1,31	138,1	NS'	43,301
	P <sub>23</sub> A	80	03	17	2,652	0,44	1,56	298	NA	46,000
	P <sub>23</sub> B	90	04	06	2,672	0,30	1,34	305	LA	46,000
	P <sub>24</sub> A	93	02	05	2,693	0,40	1,55	294	NA	43,000
	P <sub>24</sub> B	91	04	05	2,686	0,32	1,56	314	NA	56,000
	P <sub>25</sub> A	82	05	13	2,708	0,87	1,14	120	LA'	47,000
	P <sub>25</sub> B	80	07	13	2,666	0,96	1,11	117	LA'	37,000
	F2A	80	5	15	2,689	0,26	1,57	257,70	NA	45,27
	F2B	80	4	16	2,698	0,28	1,37	187,93	LA	43,99
	F2C	82	5	13	2,705	0,36	1,37	137,43	LA	40,13
	F8A	86	4	10	2,663	0,34	2,00	303,27	NA	45,98
	F8B	84	4	12	2,693	0,39	1,68	276,17	NA	46,91
	Quater- nário	P28A	60	29	11	2,662	0,50	1,35	276,5	LA
Fm. Itaqueri	F3A	41	16	43	2,661	1,51	0,92	56,75	LG	14,05
	F3B	32	14	54	2,734	1,88	1,48	88	NG'	19,65
Fm. Botucatu	F9A	81	5	14	2,679	0,29	1,30	168,00	LA	47,71
	F9B	79	3	18	2,675	0,52	1,44	163,07	NA	44,89

FONTE: CASTRO, (1998); LORANDI et al., (1999); e TOREZAN,(2000)

## **ANEXO II**

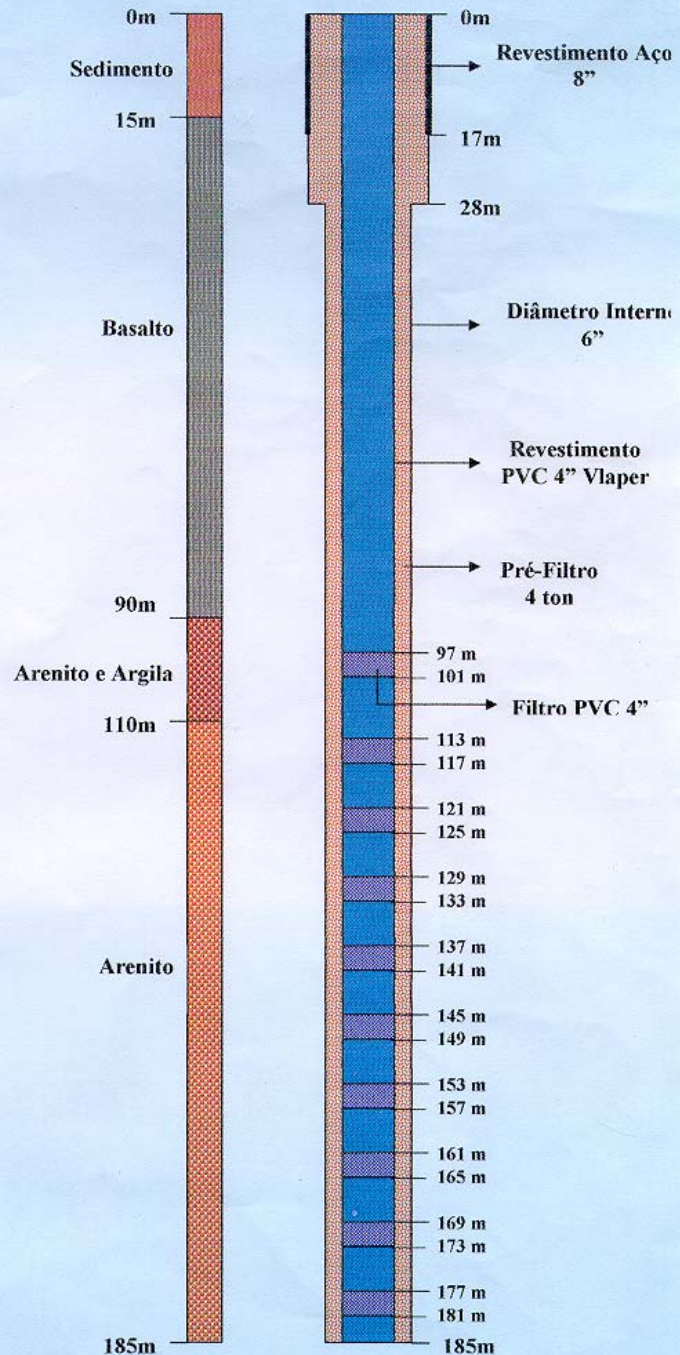


**POÇOS ARTESIANOS OLIVEIRA LTDA.**

**USINA IPIRANGA  
DESCALVADO - S.P.**

**Perfil do Poço**

- Profundidade – 185m
- Materiais Perfurados:
  - . Sedimento – 15m (0-15m)
  - . Basalto – 75m (15-90m)
  - . Arenito e Argila – 20m (90-110m)
  - . Arenito – 75m (110-185m)
- Diâmetro
  - . Externo – 8” – 28m (0-28m)
  - . Interno – 6” – 157m (28-185m)
- Revestimento
  - . Aço 8” – 17m (0-17m)
  - . PVC 4” Vlaper – 145m (0-185m)
- Filtro – PVC 4” – 40m
  - [ 97/101 ; 113/117 ; 121/125 ;  
139/133 ; 137/141 ; 154/149 ;  
153/157 ; 161/165 ; 169/173 ;  
177/181 ]
- Pré-Filtro – 4 ton



CNPJ 53.387.130/0001-95 - Insc. ESR. 285.008.573.111

Rua Dr. Antonio Luiz Fabiano, 307 - Fone/Fax: (19) 583-2040 - Fone: (19) 583-1107 - CEP 13690-000 - Descalvado - SP  
e-mail: paol@linkway.com.br

Figura II.1 . Perfil geológico do poço1 → coordenadas (215688.00,7582894.00)



# HIDRO BELEM POÇOS ARTESIANOS LTDA.

Rua Doutor Anastácio Vianna n. 2055 – Descalvado S.P – CEP 13690-000

Tel: 19 – 35832090 -

## PERFIL CONSTRUTIVO – POÇO TUBULAR PROFUNDO CLIENTE: Silvio Govoni / End. Sítio Santa Helena / Data 14/07/87

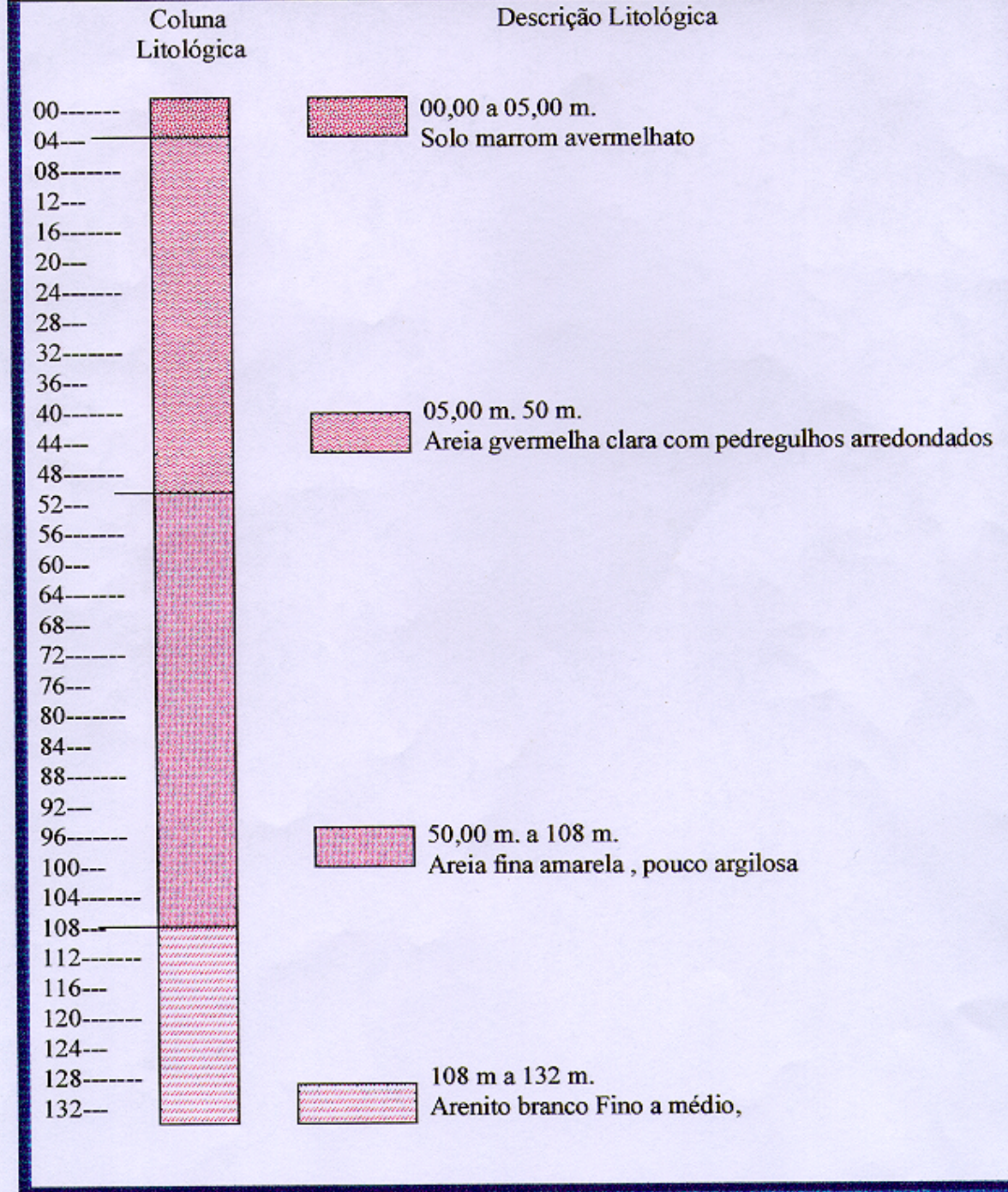


Figura II.2 . Perfil geológico do poço2 → coordenadas (227034.57,7577434.21)



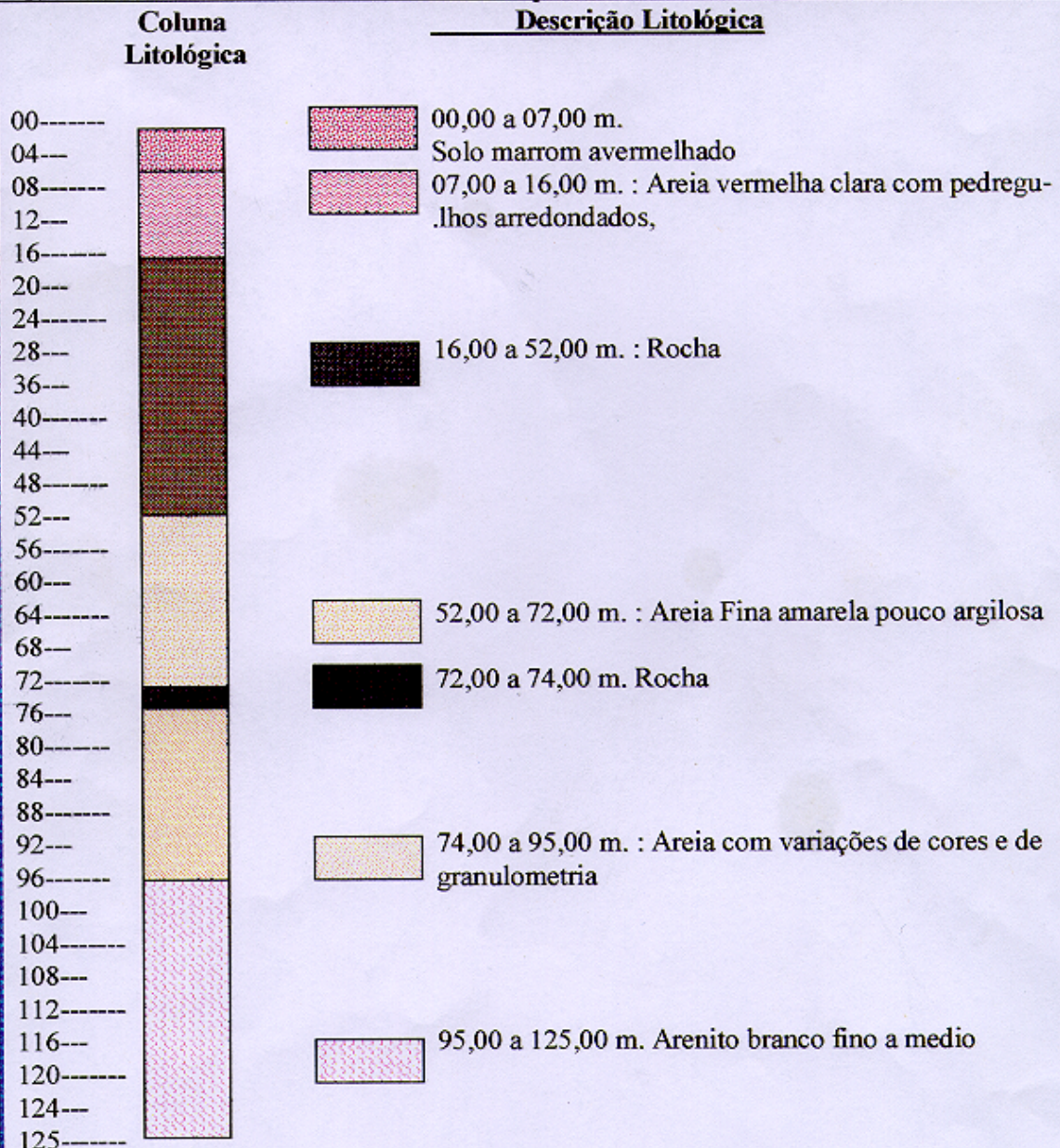
# HIDRO BELEM POÇOS ARTESIANOS LTDA.

Rua Doutor Anastácio Vianna n. 2055 – Descalvado S.P – CEP 13690-000

Tel: 19 – 35832090 -

## PERFIL CONSTRUTIVO – POÇO TUBULAR PROFUNDO

CLIENTE: Luiz A. Dos Santos / end. Granja Tres L / Descalvado S.P/ Data : 02/06/89



PROFUNDIDADE TOTAL : 125 METROS.

Figura II.3 . Perfil geológico do poço3. → coordenadas (226703.11,7577525.40)



# HIDRO BELEM POÇOS ARTESIANOS LTDA.

Rua Doutor Anastácio Vianna n. 2055 – Descalvado S.P – CEP 13690-000

Tel: 19 – 35832090 -

## PERFIL CONSTRUTIVO – POÇO TUBULAR PROFUNDO

CLIENTE: Abílio Paulodetti /nd. Faz. Fortaleza / Data : 21/08/92

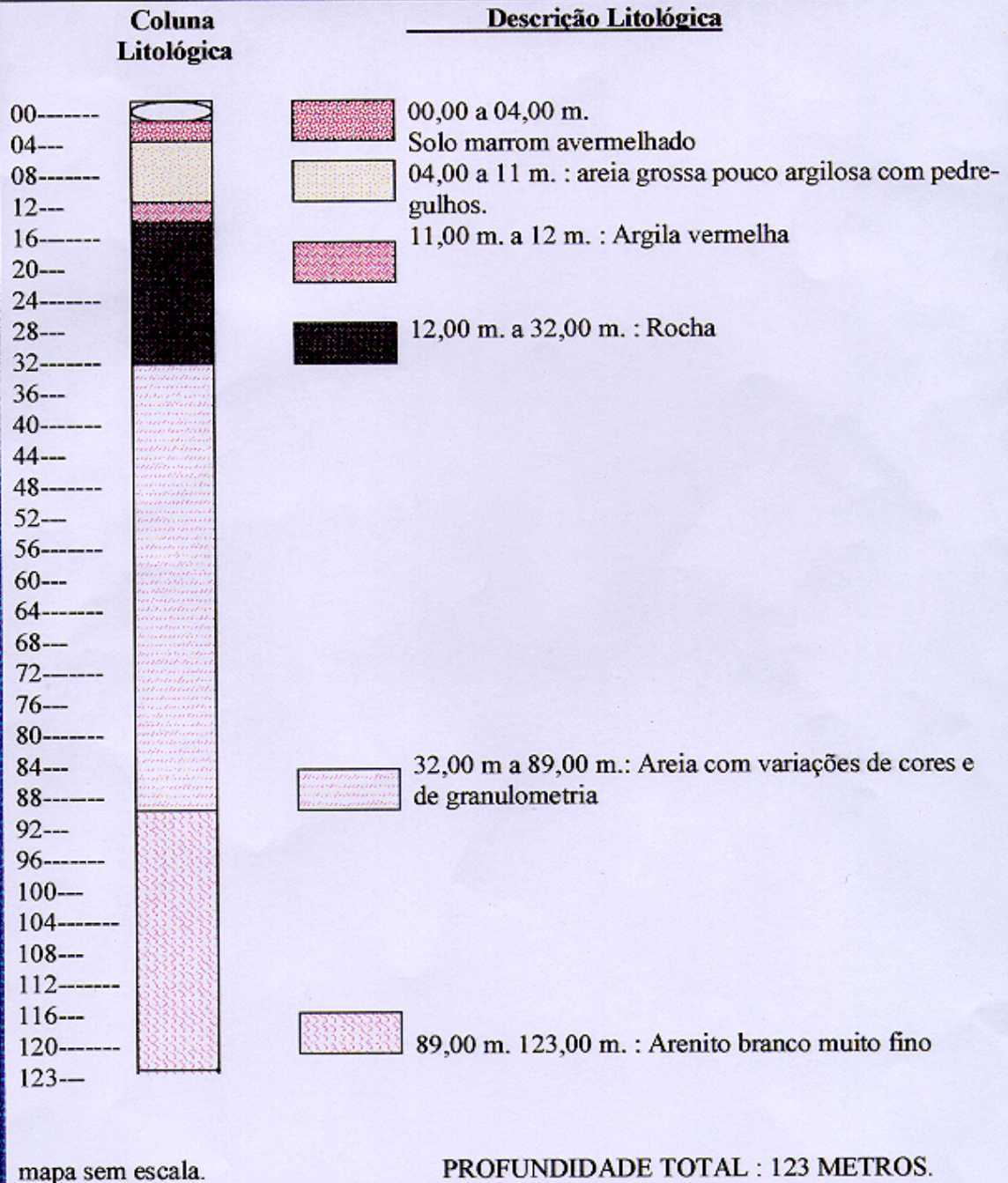


Figura II.4 . Perfil geológico do poço 4. → coordenadas (223214.05,7578933.88)

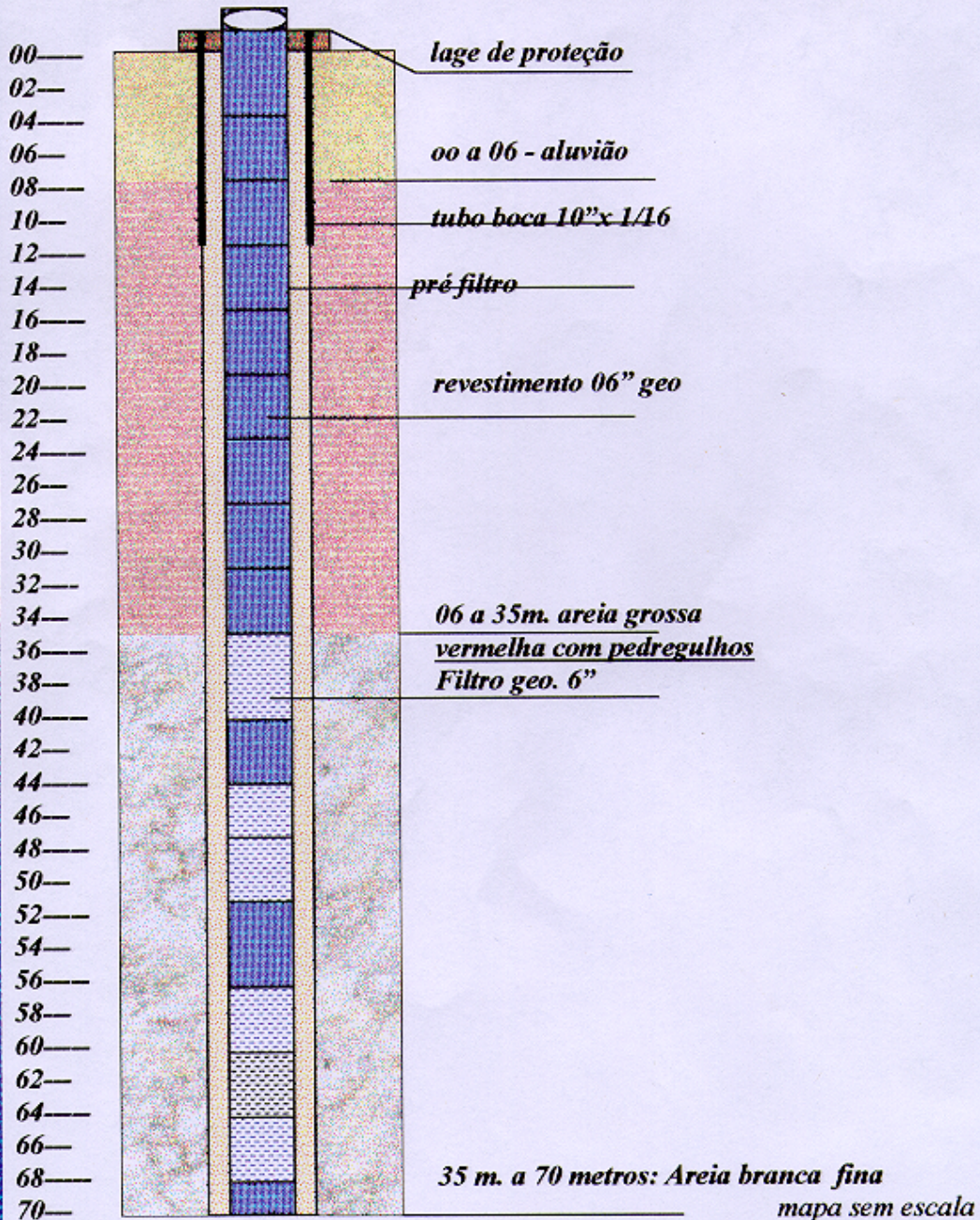


# HIDRO BELEM POÇOS ARTESIANOS LTDA.

Rua Doutor Anastácio Vianna n. 2055 – Descalvado S.P – CEP 13690-000  
Tel: 19 – 35832090 -

## PERFIL CONSTRUTIVO – POÇO TUBULAR PROFUNDO CLIENTE: Luiz Vick Francisco data: 19/09/2002 município – Decalvado S.P

Nível e medidas : solo



# HIDRO BELEM POÇOS ARTESIANOS LTDA.

Figura II.5 . Perfil geológico do poço5. → coordenadas (223475.73,7579770.90)





# TRIPOL POÇOS ARTESIANOS LTDA.

CGCMF n.º 46503232/0001.09 — Inscrição Estadual n.º 285.007.140

RUA FERNANDO GABRIELLI, N.º 110 — TELEFONE (DDD 0195) 83-1982  
 CEP 13.690 — DESCALVADO — ESTADO DE SÃO PAULO

Cliente: OÉZIO PEREIRA DE GODOY E OUTRO  
 SÍTIO VISTA ALEGRE/ PIRASSUNUNGA

DADOS TÉCNICOS E PERFIL GEOLÓGICO DA OBRA

PERFURAÇÃO 09/09/88  
 Sonda

MEDIÇÃO

Profundidade total perfurada.....162 mts.  
 Diâmetro da perfuração..... 10"  
 Reves/ superficial tubo liso 10"..... 10 mts.  
 Reves/ tubo liso 06"..... 31 mts.  
 Reves/ filtro nold 06"..... 18 mts.  
 Revestimento total..... 49 mts.  
 Pré-filtro..... 06 t.

LIMPEZA








Equipamento.....bomba  
 Duração da operação.....24 hs.

ENSAIO DE VAZÃO

Equipamento.....bomba  
 Tubulação 1,5" Profundidade do ensaio 150 mts.  
 Duração do ensaio 24 hs. Nível Estático 30 mts.  
 Nível dinâmico 110 mts. Vazão medida 2.000 l/h

ESPECIFICAÇÃO PARA EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

Equipamento.....Bomba 03 HP  
 Tubulação 1,5" Vazão medida.....2.000 l/h

-  - Aluvião
-  - Pedregulho
-  - Argila
-  - Arenito vermelho
-  - Arenito Amarelo Claro
-  - Arenito Amarelo escuro
-  - Argilito

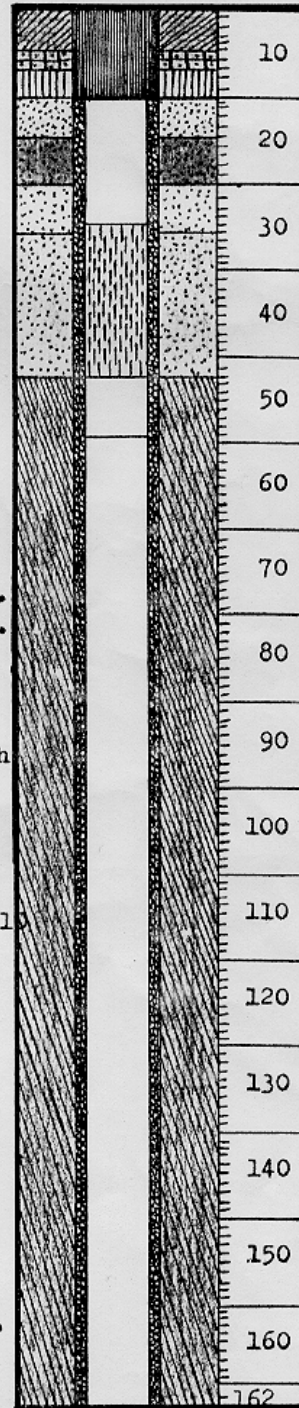
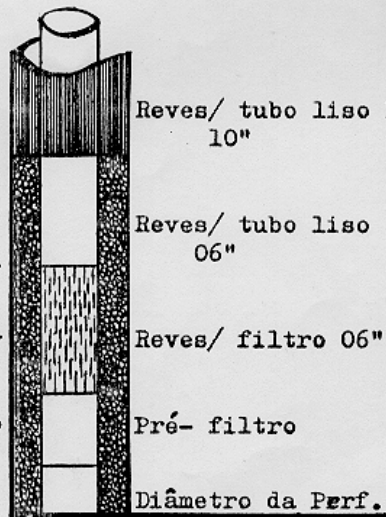


Figura II.6 . Perfil geológico do poço6. → coordenadas (236086.57,7564128.14)



# TRIPOL POÇOS ARTESIANOS LTDA.

Perfuração - Recuperação e Limpeza de Poços - Vendas e Reformas de Bombas Submersas e Quadro de Comandos

C.G.C.M.F. n.º 48503232/0001-09 - Inscrição Estadual n.º 285007140119

RUA JOSÉ RODRIGUES PENTEADO, 444-B - CENTRO - FONE/FAX (0195) 83-1982  
C E P 13.690-000 - DESCALVADO - ESTADO DE SÃO PAULO

Cliente JOÃO BATISTA VIEIRA DE MORAES

Endereço

Poço 02

Cidade Pirassununga/SP

Data 15 / 12 / 94

## CARACTERÍSTICAS DA PERFURAÇÃO

### MEDIÇÃO:-

- Profundidade.....160 mts.
- Diâmetro da perfuração.....6".
- Revestimento tubo 10".....12 mts.
- Revestimento tubo 6".....54 mts.
- Filtro 6".....18 mts.
- Revestimento Total.....72 mts.

\*\*\*\*\*

### TESTE DE VAZÃO:-

- Equipamento.....bomba.
- Duração.....24 hrs.
- vazão.....2.000 l/h.
- Profundidade de teste.....126 mts..

\*\*\*\*\*

### EQUIPAMENTO INSTALADO:-

- Bomba Leão- HT4B- 3HP- 26 estágios...
- instalada em .....126 mts.
- encanamento- 21 barras.....1"1/4.
- Vazão.....2.000 l/h.
- cabo.....3 x 4.

\*\*\*\*\*

### DESCRIÇÃO DA PERFURAÇÃO.

- 0 a 15 mts. - aluvião
- 15 a 80 mts- argilito cinza
- 80 a 100 mts-argilito vermelho
- 100 a 140 mts- argilito cinza
- 140 a 160mts- argilito branco.

\*\*\*\*\*

## PERFIL DE 1 POÇO SEMI-ARTESIANO

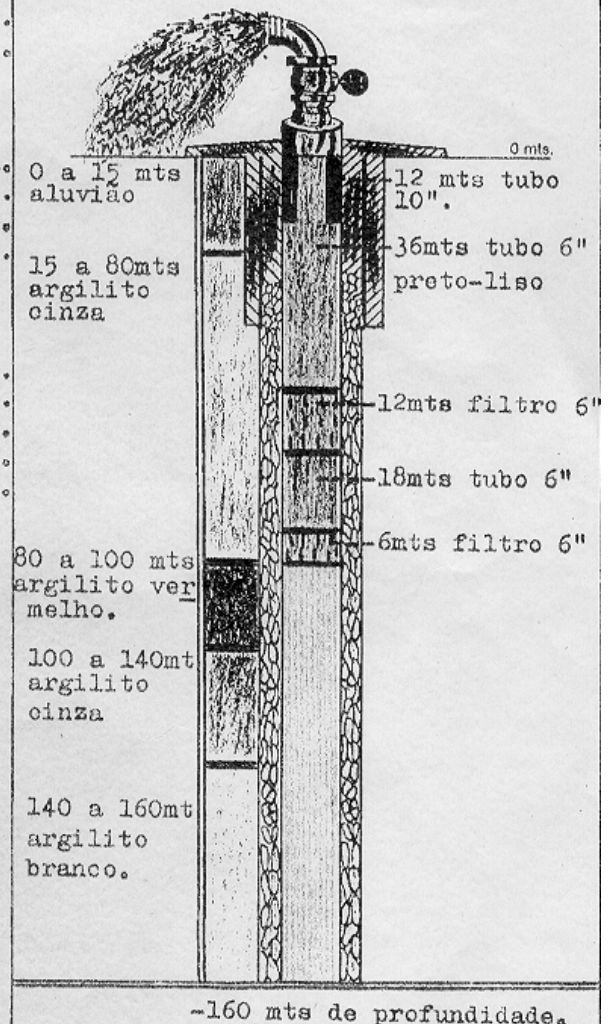
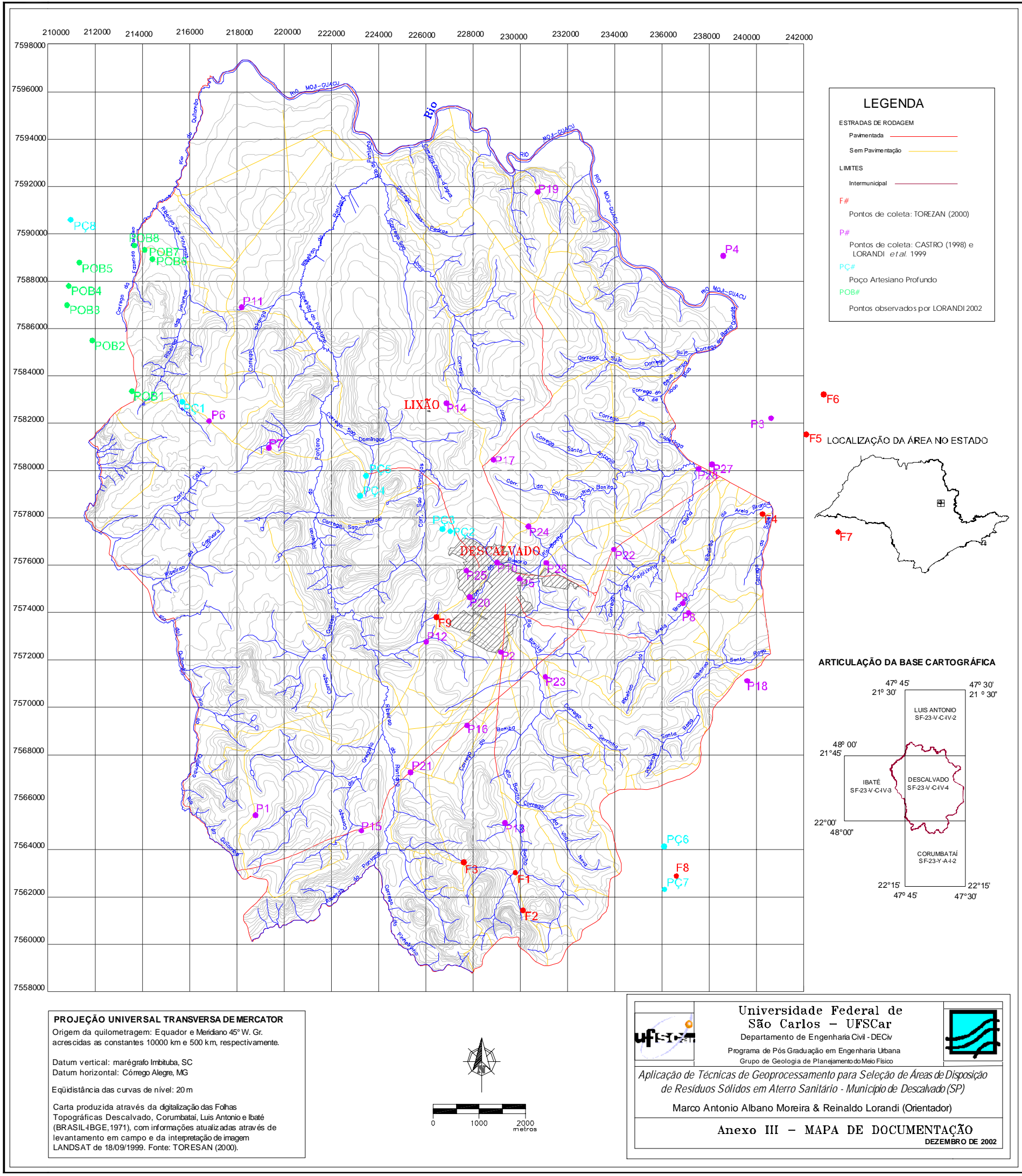


Figura II.7 . Perfil geológico do poço7. → coordenadas (236096.74,7562318.15)



### LEGENDA

**ESTRADAS DE RODAGEM**

- Pavimentada (Red line)
- Sem Pavimentação (Yellow line)

**LIMITES**

- Intermunicipal (Red dashed line)

**F#**

- Pontos de coleta: TOREZAN (2000)

**P#**

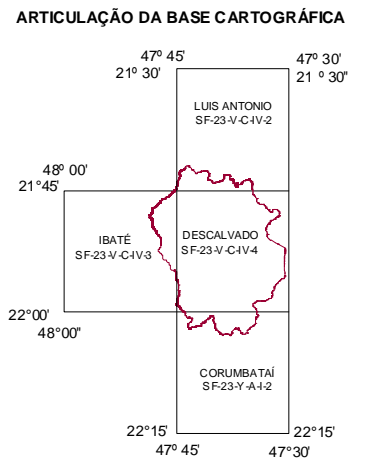
- Pontos de coleta: CASTRO (1998) e LORANDI *et al.* 1999

**PC#**

- Poço Artesiano Profundo

**POB#**

- Pontos observados por LORANDI 2002

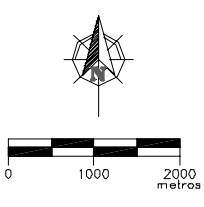


**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W, Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Eqüidistância das curvas de nível: 20 m

Carta produzida através da digitalização das Folhas Topográficas Descalvado, Corumbataí, Luis Antonio e Ibatê (BRASIL-IBGE, 1971), com informações atualizadas através de levantamento em campo e da interpretação de imagem LANDSAT de 18/09/1999. Fonte: TORESAN (2000).



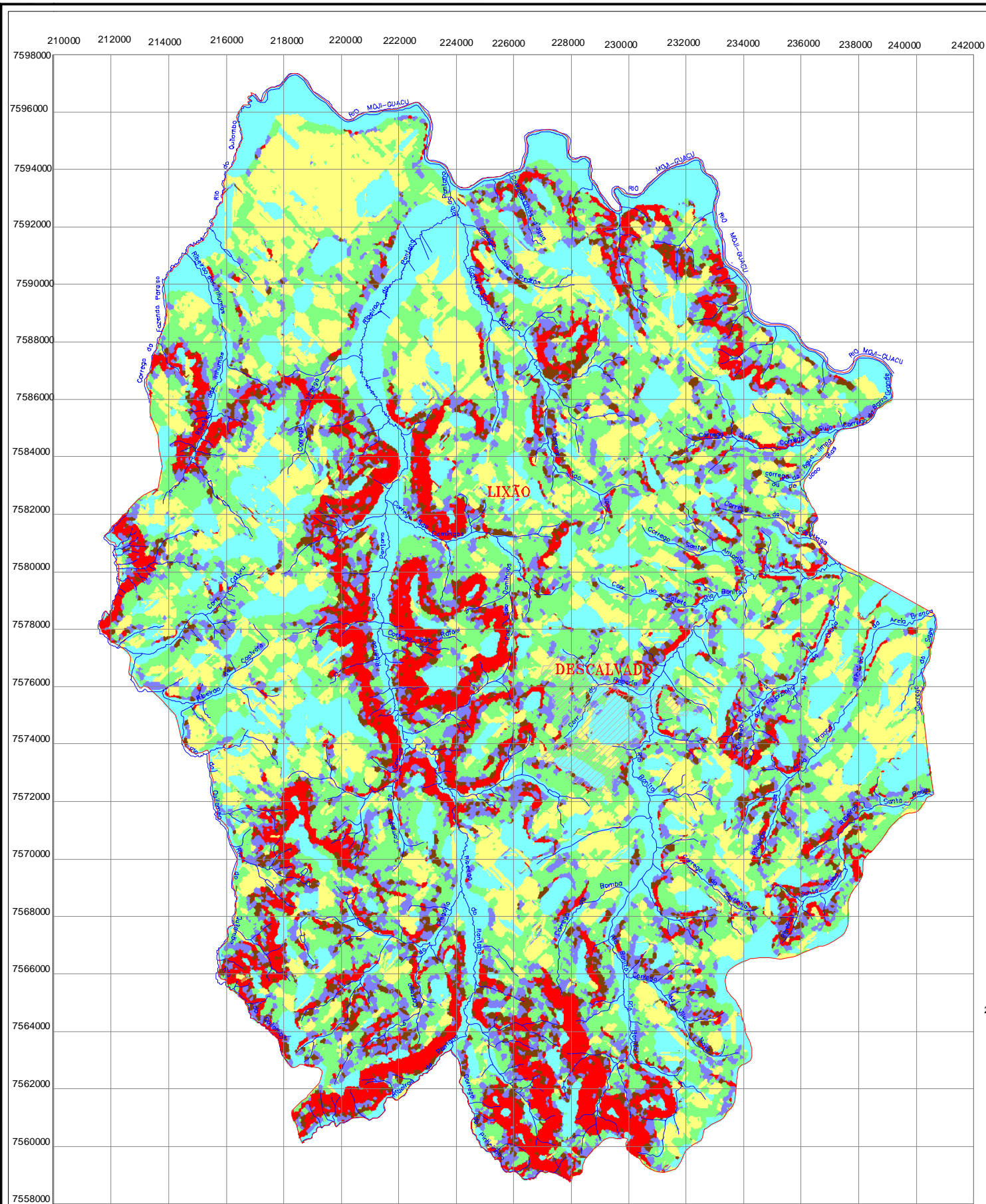
**Universidade Federal de São Carlos – UFSCar**  
 Departamento de Engenharia Civil - DECV  
 Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico

*Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)*

Marco Antonio Albano Moreira & Reinaldo Lorandi (Orientador)

**Anexo III – MAPA DE DOCUMENTAÇÃO**  
 DEZEMBRO DE 2002

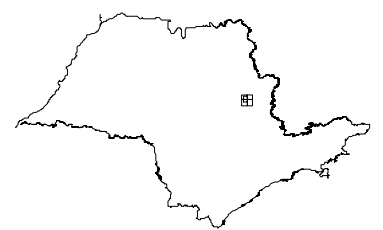




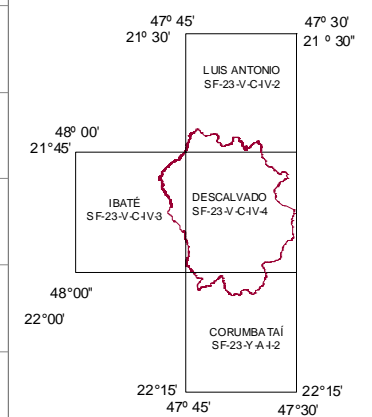
**LEGENDA**  
Classes de Declividade

	0 - 2 %
	2 - 5 %
	5 - 10 %
	10 - 15 %
	15 - 20 %
	> - 20 %

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA



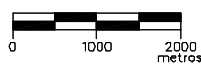
**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

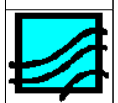
Eqüidistância das curvas de nível: 20 m

Carta produzida através do Sistema de Informações Geográficas IDRISI



**Universidade Federal de São Carlos - UFSCar**

Departamento de Engenharia Civil - DECV  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico

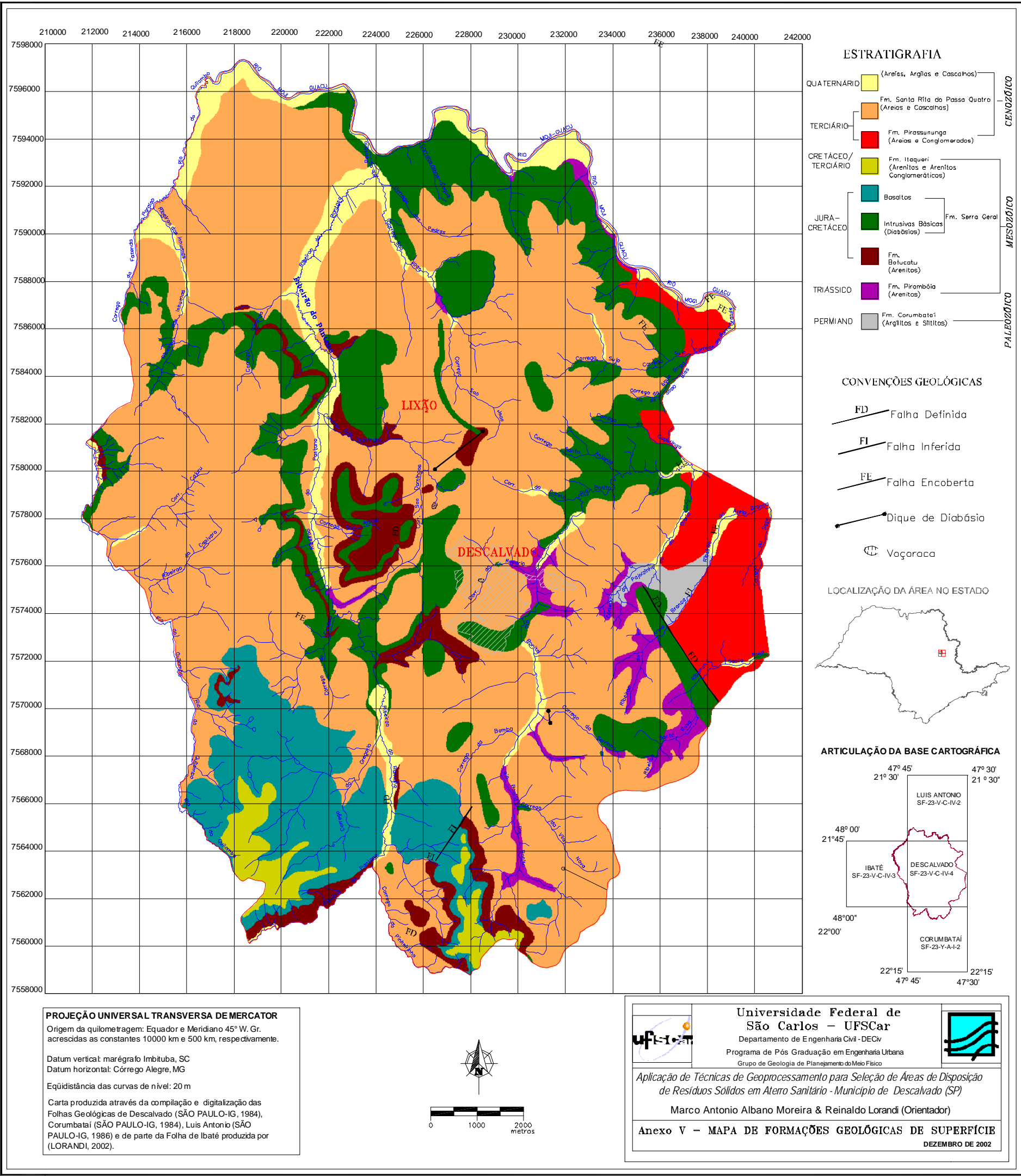


*Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)*

Marco Antonio Albano Moreira & Reinaldo Lorandi (Orientador)

**Anexo IV - CARTA DE CLASSES DE DECLIVIDADES**

DEZEMBRO DE 2002



**ESTRATIGRAFIA**

QUATERNÁRIO	(Arenas, Argilas e Cascalhos)	CENOZOICO
TERCIÁRIO	Fm. Santa Rita da Passa Quatro (Arenas e Cascalhos)	
	Fm. Pirassununga (Arenas e Conglomerados)	
CRETÁCEO/TERCIÁRIO	Fm. Itaqueri (Arenitas e Arenitos Conglomeráticos)	MESOZOICO
JURA-CRETÁCEO	Basaltos	
	Intrusivas Básicas (Diatbasitos)	
TRIASSICO	Fm. Botucatu (Arenitos)	PALEOZOICO
	Fm. Pirambóia (Arenitos)	
PERMIANO	Fm. Corumbataí (Argilitos e Siltitos)	

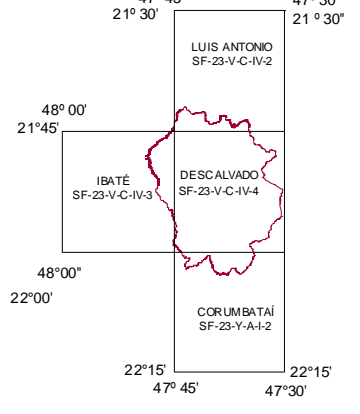
**CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**

- Falha Definida
- Falha Inferida
- Falha Encoberta
- Dique de Diabásio
- Voçoraca

**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**



**ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA**



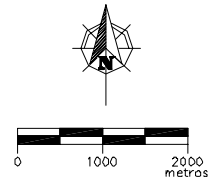
**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Ibituba, SC  
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Eqüidistância das curvas de nível: 20 m

Carta produzida através da compilação e digitalização das Folhas Geológicas de Descalvado (SÃO PAULO-IG, 1984), Corumbataí (SÃO PAULO-IG, 1984), Luis Antonio (SÃO PAULO-IG, 1986) e de parte da Folha de Ibaté produzida por (LORANDI, 2002).

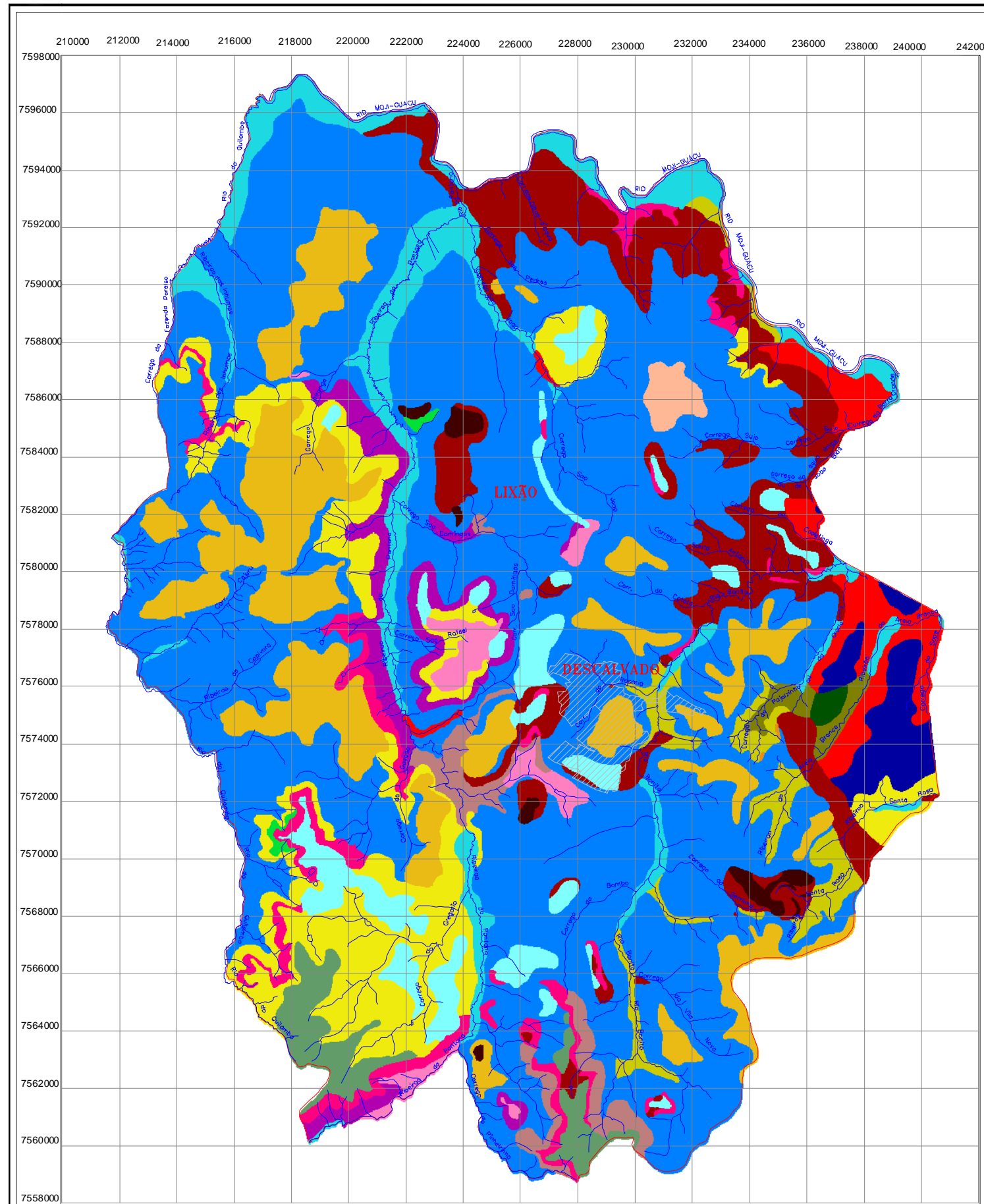


**Universidade Federal de São Carlos - UFSCar**  
Departamento de Engenharia Civil - DECV  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico

*Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)*

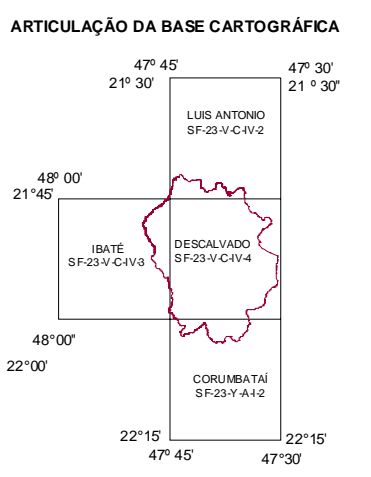
Marco Antonio Albano Moreira & Reinaldo Lorandi (Orientador)

**Anexo V - MAPA DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE**  
DEZEMBRO DE 2002

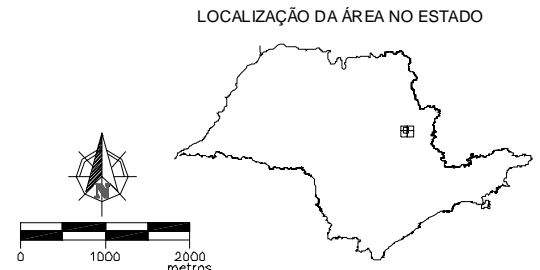


**LEGENDA**  
Classes de Material Inconsolidado

	Q	Quaternário - Aluvião
	F <sub>SR-RT</sub>	Fm Sta Rita do Passa Quatro Solos Retrabalhados
	F <sub>SR-R</sub>	Fm Sta Rita do Passa Quatro Solos Residuais
	F <sub>Pir-RT</sub>	Fm Pirassununga Solos Retrabalhados
	F <sub>Pir-R</sub>	Fm Pirassununga Solos Residuais
	F <sub>I-R</sub>	Fm Itaqueri Solos Residuais
	F <sub>SG-RT</sub>	Fm Serra Geral Solos Retrabalhados
	F <sub>SG-RR</sub>	Fm Serra Geral Solos Residuais Rasos
	F <sub>SG-RE</sub>	Fm Serra Geral Solos Residuais Espessos
	I <sub>BV-RT</sub>	Intrusivas Básicas Solos Residuais Retrabalhados
	I <sub>BV-RE</sub>	Intrusivas Básicas Solos Residuais Espessos
	F <sub>B-RT</sub>	Fm Botucatu Solos Retrabalhados Rasos
	F <sub>B-R</sub>	Fm Botucatu Solos Residuais
	F <sub>B-RR</sub>	Fm Botucatu Solos Residuais Rasos
	F <sub>B-RE</sub>	Fm Botucatu Solos Espessos
	F <sub>Piram-RT</sub>	Fm Piramboia Solos Retrabalhados
	F <sub>Piram-R</sub>	Fm Piramboia Solos Residual
	F <sub>C-RT</sub>	Fm Corumbataí Solos Retrabalhado
	F <sub>C-R</sub>	Fm Corumbataí Solos Residual
	F <sub>SR-RE</sub>	Fm Santa Rita do Passa Quatro Solos Residuais Espessos



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através do Sistema de Informação Geográfica IDRISI

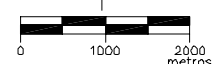


**Universidade Federal de São Carlos - UFSCar**  
 Departamento de Engenharia Civil - DECV  
 Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico

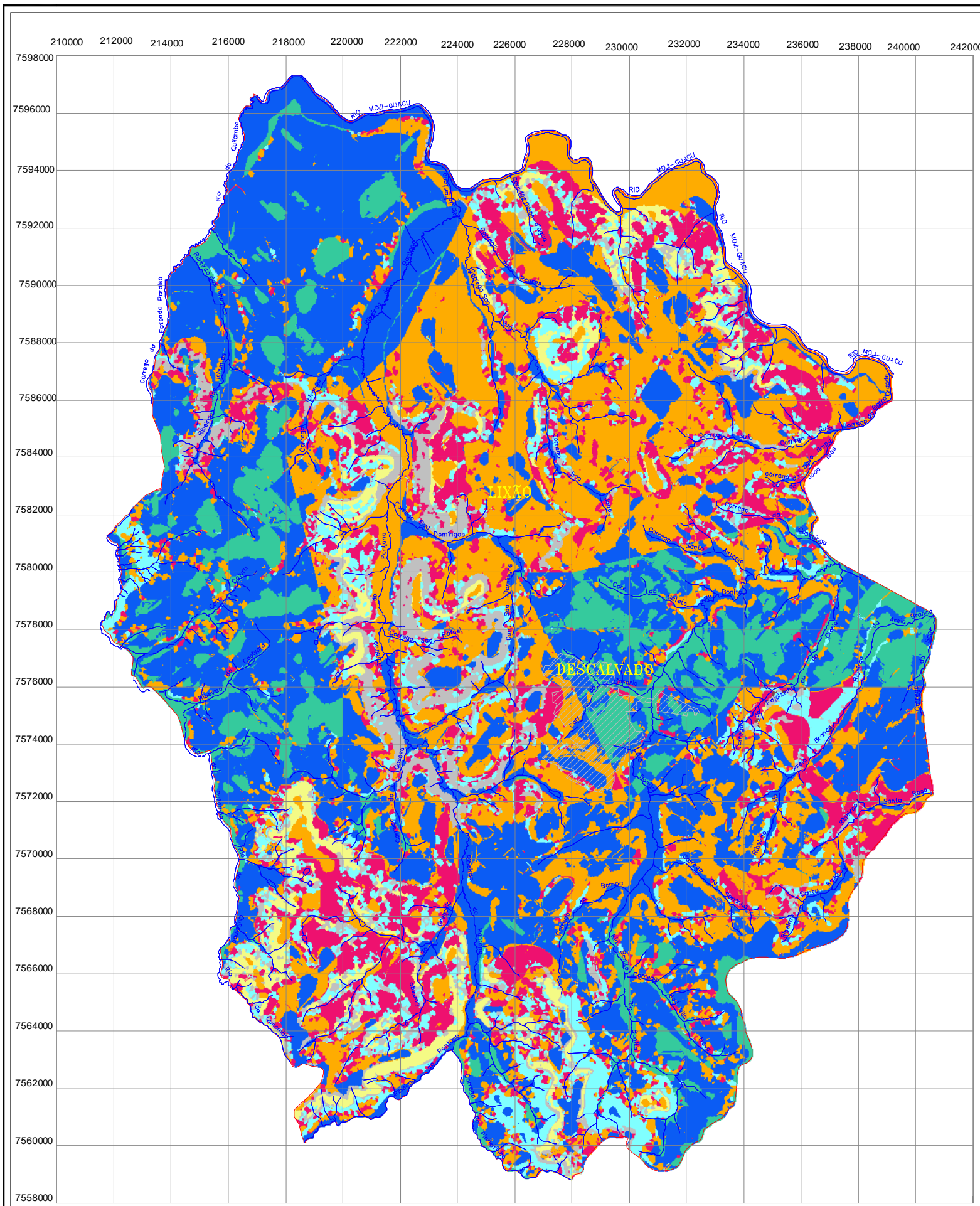
*Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)*

Marco Antonio Albano Moreira & Reinaldo Lorandi (Orientador)

**Anexo VI - MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS**  
 DEZEMBRO DE 2002



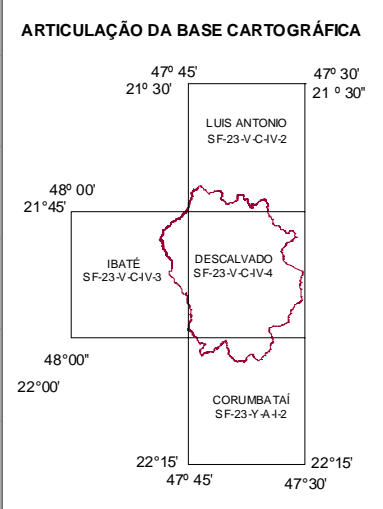




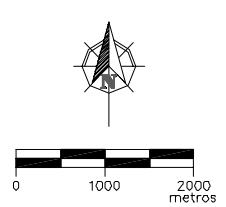
**LEGENDA**  
Classes de Escoamento

	Classe 1
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4
	Classe 5
	Classe 6
	Classe 7
	Classe 8

Escoamento Aumenta ↓



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Carta produzida através do Sistema de Informação Geográfica Idrisi

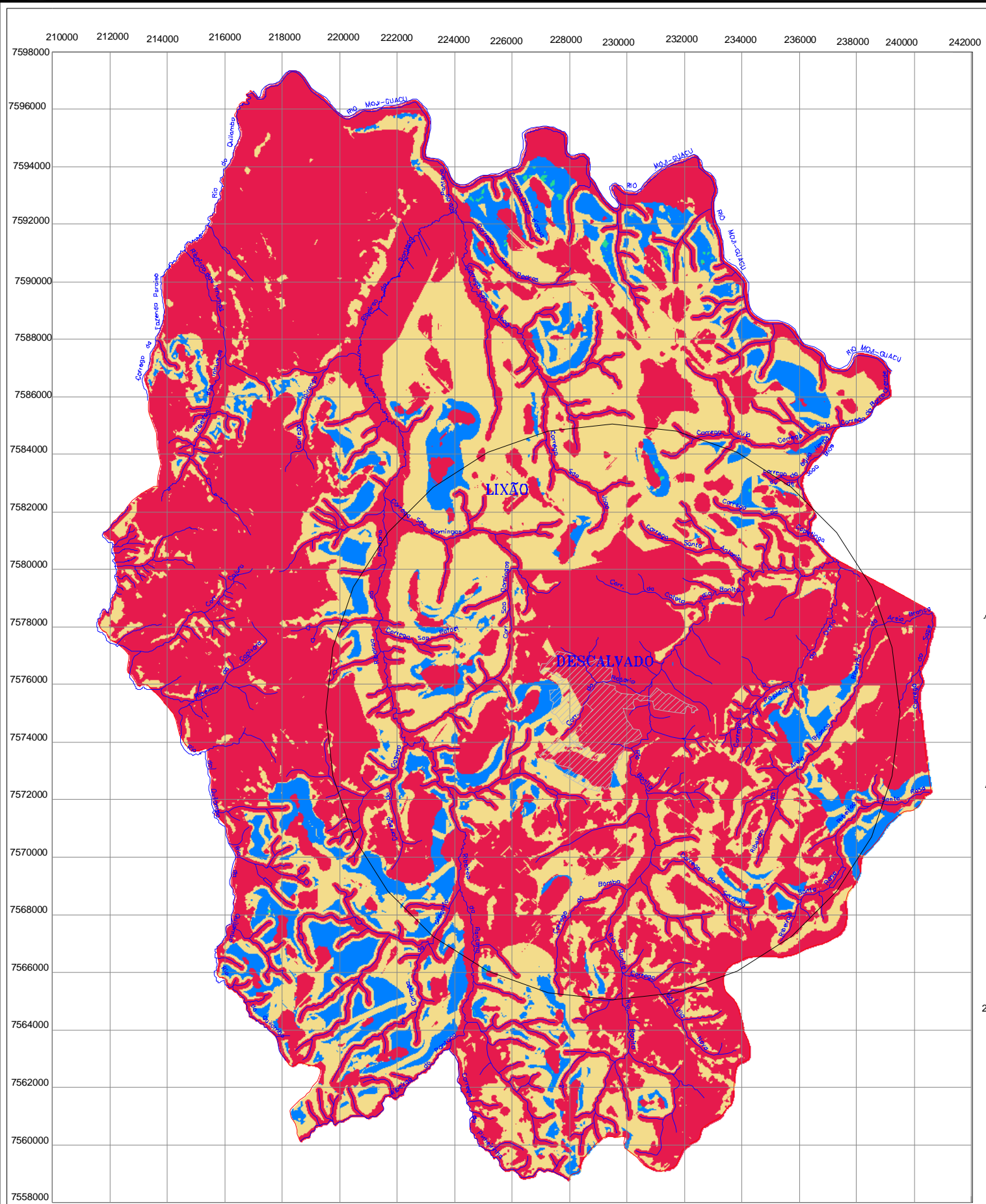


**Universidade Federal de São Carlos – UFSCar**  
 Departamento de Engenharia Civil - DECiv  
 Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
 Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico

*Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)*

Marco Antonio Albano Moreira & Reinaldo Lorandi (Orientador)

**Anexo VII – CARTA DO POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**  
 DEZEMBRO DE 2002



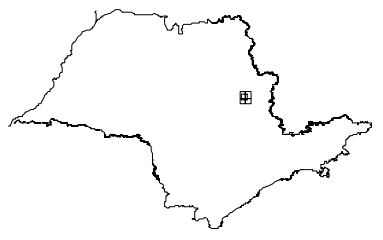
**LEGENDA**  
Classes de Adequabilidade

	Adequada
	Moderada
	Severa
	Restritiva

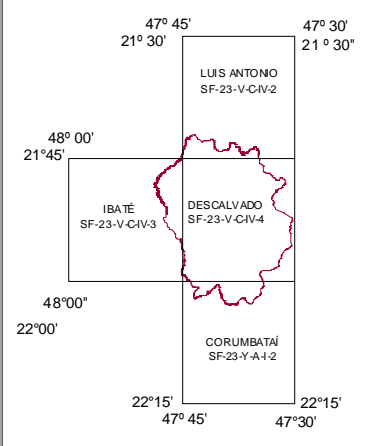
○  
**Distancia mínima de centro urbano  
(Recomendação segundo IPT (1995))**

**OBS:** As classes de adequabilidade para disposição de resíduos sólidos apresentadas nesta carta, devem ser consideradas de caráter indicativo, necessitando de estudos em escala de maior detalhe, para a efetiva ocupação destas áreas.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO

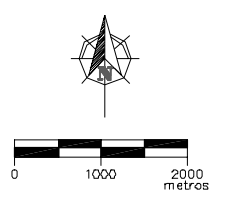


ARTICULAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA



**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 km e 500 km, respectivamente.  
Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
Carta produzida através do Sistema de Informações Geográficas IDRISI





**Universidade Federal de São Carlos – UFSCar**  
Departamento de Engenharia Civil - DECiv  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana  
Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico



*Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Seleção de Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário - Município de Descalvado (SP)*  
Marco Antonio Albano Moreira & Reinaldo Lorandi (Orientador)

**Anexo VIII - CARTA DE ADEQUABILIDADE DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS**  
DEZEMBRO DE 2002