

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Campus de Presidente Prudente

**UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AO ESTUDO DA
DINÂMICA DA PAISAGEM APLICADA A ESCOLHA DE
ÁREAS PARA A CONSTRUÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO
EM PRESIDENTE PRUDENTE - SP**

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Orientador: Professor Livre Docente João Lima Sant'Anna Neto

Tese de Doutorado elaborada junto ao Curso
de Pós-graduação em Geografia – Área de
Concentração: Desenvolvimento Regional e
Planejamento Ambiental, para obtenção do
título de Doutor em Geografia.

Presidente Prudente

2002

N925c

Nunes, João Osvaldo Rodrigues.

Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente / João Osvaldo Rodrigues Nunes. - Presidente Prudente: [s.n], 2002.
xi p., 211 p. : il. ; 29 cm.

Tese (doutorado). - UNESP, Faculdade de
Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente, 2002.
Orientador: Prof. Dr. João Lima Sant'Anna Neto

1. Geografia física. 2. Geomorfologia. 3. Aterro
sanitário. 4. Resíduos sólidos urbanos - Presidente Prudente
SP. I. Título.

CDD (18ª ed.) 910.02

Comissão Examinadora

- aluno -

Presidente Prudente, _____ de _____ de _____.

Resultado: _____

*Aos meus filhos Caio e Caike e
a minha esposa Mie, pelo
companheirismo, amor, força e
união durante esta trajetória.*

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho, não se resumiu somente ao tempo decorrido de dois anos de sua elaboração. Ele é o resultado, do acúmulo de todo um processo de aprendizagem e convívio acadêmico, desde a graduação até o momento presente.

Neste período, muitas pessoas nos ajudaram direta ou indiretamente no constante amadurecimento, seja como profissional ligado a Geografia ou como cidadão, nas diversas práticas do cotidiano do dia-a-dia. Sem estas pessoas, dificilmente conseguiria realizar este e outros trabalhos. Em síntese, este trabalho é fruto de um convívio coletivo.

Neste aspecto, gostaria de destacar e agradecer o constante apoio das seguintes pessoas:

- da amiga, colega e “eterna” orientadora, professora Doutora Dirce Maria Antunes Suertegaray, que sempre esteve presente na minha formação profissional, mesmo quando estive ausente do Brasil. Por acreditar no “guri”, que sempre gostou de discutir sobre Geografia e Geomorfologia, nos corredores do Departamento de Geografia da UFRGS;

- dos vários colegas, companheiros e professores da época de graduação da UFRGS, sendo eles: Roberto Verdum, Rosa Medeiros, Nina, Bolinha, Álvaro, Nelson Rego, Neiva, Nestor, Giovana, Ricardo, Gisele, Eduardo, e tantos outros;

- dos antigos colegas da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Presidente Prudente (biênio 1997-2000);

- do engenheiro cartógrafo José La Peruta, pelo fornecimento, sem burocracia, dos dados cartográficos;

- dos professores do curso de Geografia, Letras, História e Matemática da UNITINS, em especial ao amigo Luis Eduardo Bovolato e aos alunos de Geografia do 1^o e 2^o anos;

- do professor Doutor Otávio Freire e da amiga Cristina do Laboratório de Sedimentologia da F.C.T. da UNESP, pela orientação na interpretação dos resultados das amostras de solo;

- das amigas Flora e Maria, pela amizade e carinhoso que sempre recebi de ambas, no auxílio para a elaboração das cartas temáticas;

- dos amigos Wagner e Walmir, pelo tempo disponível no auxílio dos inúmeros problemas e dúvidas na área da computação;
- das colegas Vânia, Paula e Luiza da Estação Meteorológica, pelo fornecimento dos dados de climatologia;
- das professoras Vera Sonia e Nadiege, pelas correções gramaticais;
- da Ana, do Marcos e da Márcia, da Secretária de Pós-graduação em Geografia, pela atenção e esclarecimento, das diversas dúvidas burocráticas, que surgiram ao longo da trajetória na pós-graduação;
- de todos os colegas da pós-graduação, principalmente da turma do ano 2000, que tivemos o privilégio de convivermos juntos;
- dos professores Tadeu, Tita, César, Godoy que, desde o início do trabalho colaboraram com as suas críticas e sugestões;
- do amigo Boin, pela sua inestimável parcela de ajuda e co-orientação em várias partes deste trabalho;
- do amigo orientador João Lima. Pelo voto de confiança, em acreditar e aceitar pela segunda vez, o pedido para me orientar. Pela total liberdade, que sempre tive, de pedir auxílio e co-orientação a pessoas de outras ciências e áreas do conhecimento. E principalmente, pelo tempo de convívio durante estes dois últimos anos;
- dos meus pais Timóteo e Tereza, que devo eterna gratidão por tudo que fizeram e fazem por mim e minha família;
- da família Okimoto, principalmente Kyochi, Fumie, e em especial a Eite (sogro – falecido) e Toriko (sogra), que sempre me apoiaram nestes 12 anos de vivência nas “bandas” de Presidente Prudente;
- da minha família (Caio, Caike e Mie), especialmente a Mie, que é a pessoa que devo todo o meu amor, carinho e gratidão por tudo que temos percorrido juntos nestes 12 anos. Que sempre teve a sabedoria orientar, para transmitindo harmonia e tranquilidade, em todos os momentos, principalmente nas várias vezes que estivemos ausente do convívio familiar. A você Mie, não somente agradeço, bem como dedico de coração este trabalho.
- de todos, que direta ou indiretamente ajudaram na realização desta singela contribuição.

Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE FOTOGRAFIAS	vii
ABSTRACT	ix
RESUMO	x
1 INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Justificativa.....	07
1.2. Objetivos.....	10
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	12
2.1. A Importância do pensamento geomorfológico na análise ambiental urbana.....	12
2.1.1. A Escola Anglo-americana.....	16
2.1.2. A Escola Alemã.....	23
2.1.3. A Geomorfologia no Brasil – sucinta análise evolutiva.....	28
2.2. O conceito de paisagem e sua relação com os depósitos tecnogênicos.....	34
2.3. A produção das cidades e o destino dos resíduos sólidos urbanos.....	38
2.4. Procedimentos Metodológicos.....	52
3 O PROCESSO DE ESCOLHA DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP.....	62
3.1. A situação dos municípios do Estado de São Paulo em relação ao tratamento dado aos resíduos sólidos urbanos.....	62
3.2. A situação do município de Presidente Prudente no Oeste Paulista.....	68
3.3. O município de Presidente Prudente e a relação com os resíduos sólidos urbanos.....	73
3.4. Os Planos Diretores e sua relação com os resíduos sólidos urbanos.....	78
3.5. A Gestão Municipal de 1997/2000 e a atual administração municipal.....	81
4 A PAISAGEM DO OESTE PAULISTA.....	93

4.1. A Geomorfologia.....	93
4.2. A Geologia.....	100
4.3. As Morfoestruturas.....	112
4.4. A Hidrogeologia.....	118
4.5. Os tipos de Solos.....	121
5 A MORFODINÂMICA DA PAISAGEM DO DISTRITO INDUSTRIAL DE PRESIDENTE PRUDENTE.....	127
5.1. Os aspectos Endógenos.....	128
5.2. Os aspectos Exógenos.....	147
6 O CLIMA E SUA RELAÇÃO COM OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	168
6.1. As características do clima regional do Oeste Paulista.....	168
6.2. A termopluviometria e o regime dos ventos.....	171
6.3. Fatores climáticos que influenciam, em ambiente anaeróbio, para a produção de chorume e de odor.....	185
6.4. Análise integrada dos aspectos climáticos e sua aplicação na previsão de produção de chorume e odor.....	192
6.4.1. O mês de janeiro de 1999.....	194
6.4.2. O mês de julho de 1999.....	196
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	198
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	203
ANEXOS.....	212

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de implantação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.....	02
Figura 2 - Localização da área de pesquisa no município de Presidente Prudente.....	06
Figura 3 - Filogênese da Teoria Geomorfológica.....	14
Figura 4 - Representação gráfica do ciclo davisiano, conforme a adaptação realizada por G.H. Dury.....	17
Figura 5 - Os três principais estágios do ciclo de erosão. Na juventude, há poucos tributários e amplos interflúvios; na maturidade, de desenvolvimento completo das redes de drenagem; na senilidade, interflúvios extensivamente rebaixados e vales muito largos (adaptado de Trewartha, Robinson e Hammond).....	17
Figura 6 - O desenvolvimento das vertentes levando a peneplanização e a pediplanação. Na parte superior, as vertentes diminuem gradativamente em seu conjunto; na parte inferior, há regressão paralela das mesmas e alargamento contínuo dos pedimentos.....	20
Figura 7 - Elaboração do ciclo de acordo com Penck (adaptado por Dury a partir das obras de Von Engeln e de Wooldridge e Morgan).....	26
Figura 8 - Métodos operacionais utilizados para a construção de aterro sanitário.....	48
Figura 9 e 10 - Situação Geral do Estado de São Paulo, quanto à quantidade de lixo gerado e ao número de município.....	66
Figura 11 - Situação dos municípios quanto aos critérios de adequado, controlado e inadequado.....	72
Figura 12 - Situação dos municípios quanto à destinação final dos resíduos gerados.	72
Figura 13 - Demarcação das áreas de deposição de lixo em Presidente Prudente (Mazzini, 1997), Nunes e Sant' Anna Neto (2001).....	75
Figura 14 - Linha cronológica das áreas de deposição de lixo em Presidente Prudente (Mazzini, 1997: 61).....	76

Figura 15 - Mapa Geomorfológico do Oeste Paulista.....	94
Figura 16 - Mapa Hipsométrico do Oeste Paulista.....	96
Figura 17 - Localização e limites da Bacia do Paraná (IPT, 1981 a: 46).....	101
Figura 18 - Coluna Litoestratigráfica da bacia do Paraná (IPT, 1981 a: 48).....	103
Figura 19 - Mapa Geológico do Oeste Paulista.....	104
Figura 20 - Seções Geológicas do município de Presidente Prudente – SP (Suarez, 1991).....	111
Figura 21 - Mapa Estrutural de Presidente Prudente (Regional).....	115
Figura 22 - Mapa dos Traços Morfoestruturais de parte do Oeste Paulista.....	116
Figura 23 - Mapa de Solos do Oeste Paulista.....	122
Figura 24 - Mapa dos Traços Morfoestruturais da Folha de Presidente Prudente.....	130
Figura 25 - Perfil geológico-pedológico de um corte localizado ao lado da área escolhida pela gestão 1997-200, para o Aterro Sanitário de Presidente Prudente – SP.....	139
Figura 26 - Carta Geomorfológica do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.	149
Figura 27 - Carta de Declividades do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.	150
Figura 28 - Carta Hipsométrica do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.....	152
Figura 29 - Carta de Áreas de Surgência do Lençol Freático do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.....	158
Figura 30 - Carta de Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.....	160
Figura 31 - Perfil Morfodinâmico do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.	165
Figura 32 - Carta Morfodinâmica e síntese integrada dos compartimentos de relevo do Distrito Industrial de Presidente Prudente–SP.....	166
Figura 33 - Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista, inferidas da pluviosidade média de trinta anos (1967-1996).....	170
Figura 34 - Variabilidade da temperatura média mensal ($^{\circ}$ C) de Presidente Prudente (1990-1999).....	173
Figura 35 - Variabilidade mensal das temperaturas mínimas absolutas ($^{\circ}$ C) de Presidente Prudente (1990-1999).....	174
Figura 36 - Variabilidade mensal das temperaturas máximas absolutas ($^{\circ}$ C) de	

Presidente Prudente (1990-1999).....	175
Figura 37 - Variabilidade mensal de precipitação(mm) de Presidente Prudente (1990-1999).....	176
Figura 38 - Variabilidade das máximas de chuvas em 24 horas (mm) de Presidente Prudente (1990-1999).....	177
Figura 39 - Variabilidade mensal do número de dias com chuvas (mm) de Presidente Prudente (1990-1999).....	178
Figura 40 - Variabilidade mensal da umidade relativa do ar (%) de Presidente Prudente (1990-1999).....	179
Figura 41 - Variabilidade anual da frequência dos ventos (%), por direção de Presidente Prudente (1990-1999).....	181
Figura 42 - Variabilidade anual de duração dos ventos (%), por direção de Presidente Prudente (1990-1999).....	182
Figura 43 - Variabilidade mensal da velocidade máxima do vento (km/h) de Presidente Prudente (1990-1999).....	183
Figura 44 - Direção predominate dos ventos, por quadrante (S, E e W), ao longo do ano em Presidente Prudente SP e as características favoráveis ou desfavoráveis para a construção de obra do tipo aterro sanitário.....	184
Figura 45 - Modelo de decomposição anaeróbia de Pohland & Harper.....	188
Figura 46 - Diagrama de Influências.....	189
Figura 47 - Efeito da temperatura no processo.....	190
Figura 48 - Curso diário da temperatura média do solo em diferentes profundidades, dia 20 a 29 de janeiro de 1985, em Ribeirão Preto.....	191
Figura 49 - Análise Integrada da atuação do clima e sua relação com a produção de chorume e odor.....	193

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos e Fatores naturais e sociais determinantes na disposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.....	05
Tabela 2 - Tempo para pipetagem da argila segundo a Lei de STOCKES.....	55
Tabela 3 - Destinação final dos resíduos sólidos no Estado de São Paulo.....	63
Tabela 4 - Geração de lixo no Estado de São Paulo.....	63
Tabela 5 - Valores de Coeficiente Per Capita de Produção de Resíduos Sólidos Domiciliares em Função da População Urbana.....	63
Tabela 6 - Enquadramento das Instalações de Destinação Final de Lixo em Função dos Valores de IQR e IQC.....	64
Tabela 7 - Situação Geral do Estado de São Paulo, quanto ao número de municípios, no que se refere ao enquadramento dos municípios quanto ao IQR – Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos-dez/2000.....	65
Tabela 8 - Situação Geral do Estado de São Paulo, quanto às quantidades de resíduos gerados, no que se refere ao enquadramento dos municípios quanto ao IQR – Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos-dez/2000.	65
Tabela 9 - Número de Municípios do Estado de São Paulo que assinaram TAC com Respectivas Populações Urbanas Beneficiadas e Quantidades de Resíduos Sólidos Domiciliares Gerados.....	67
Tabela 10 - Quadro geral dos municípios que englobam a UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (Pontal do Paranapanema), apresentando a atual situação ambiental relativo a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.....	70
Tabela 11 - Quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados em Presidente Prudente.....	76
Tabela 12 - Comparação das características dos sistemas deposicionais fluviais.....	108
Tabela 13 - Medidas das distâncias e profundidades entre os 5 pontos e o tipo de solo baseado nas características texturais do horizonte B.....	138
Tabela 14 - Dados analíticos dos horizontes B e C dos solos Latossolo Vermelho	

Escuro e Argissolo Vermelho Amarelo do corte localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário.....	140
Tabela 15 - Favorabilidade à decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos em ambiente anaeróbio.....	146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Dados da área de implantação do Aterro sanitário de Presidente Prudente-SP.....	89
Quadro 2 -	Principais características dos sistemas de relevo presentes na UGRHI – 22 (modificado de IPT 1981b).....	97
Quadro 3 -	Morfoestrutura e suas implicações.....	117
Quadro 4 -	Síntese dos Sistemas e Unidades Aquíferas do Oeste Paulista.....	119
Quadro 5 -	Influência e relações entre os fatores geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, pedológicos e morfoestruturais do Oeste Paulista na escolha de áreas para construção de aterro sanitário.....	126
Quadro 6 -	Dados analíticos do perfil nº 1 – Unidade Administrativa.....	135
Quadro 7 -	Dados analíticos do perfil nº 2 – Unidade Administrativa.....	135
Quadro 8 -	Dados analíticos do perfil nº 3 – Unidade Flamboyant.....	136
Quadro 9 -	Dados analíticos do perfil nº 4 – Unidade Flamboyant.....	137
Quadro 10-	Descrição das classes de drenagem e exemplos.....	144
Quadro 11-	Caracterização dos aspectos termopluviométricos, hídricos e do regime dos ventos para Presidente Prudente – SP (1990 – 1999).....	172
Quadro 12-	Vantagens do processo de tratamento aeróbio em relação ao tratamento anaeróbio.....	186

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 -	Local do Distrito Industrial onde são depositados os resíduos sólidos domésticos. No centro, nota-se a existência de grande quantidade de barracas de catadores/garimpeiros de resíduos sólidos (papéis, plásticos, latas de alumínio, etc.). Ao direita, observa-se a fumaça escura que o incinerador de resíduos hospitalares lança na atmosfera. Nunes e Boin (2001).....	71
Foto 2 -	Estrutura de microestratificação cruzada acanalada, observada nos arenitos da Formação Adamantina, em um corte de estrada (rodovia Raposo Tavares - SP 270) no município de Álvares Machado. Nunes e Boin (2001).....	105
Foto 3 -	Tubos de vermes, observado nos arenitos da Formação Adamantina, preenchido por sedimentos siltico-argilosos. Corte de estrada (rodovia Raposo Tavares - SP 270) no município de Álvares Machado. Nunes e Boin (2001).....	109
Foto 4 -	Perfil Geológico em que observam-se pequenas estruturas do tipo sinformes (côncava) e antiformes (convexa). Corte de estrada (rodovia Raposo Tavares - SP 270) no município de Presidente Prudente – SP. Nunes e Boin (2001).....	128
Foto 5 -	Perfil estratigráfico e pedológico de um corte localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário. No centro, observa-se a divisão entre o maciço rochoso sedimentar (Formação Adamantina-Ka _{iv}) e o regolito ou perfil de Latossolo Vermelho Escuro.....	132
Foto 6 -	Perfil estratigráfico da Formação Adamantina – unidade de mapeamento Ka _{iv} , localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário. Nunes e Boin (2001).....	133
Foto 7 -	No primeiro plano, observa-se a área escolhida para o aterro sanitário, onde foi retirado solo (material de empréstimo). Ao fundo, visualiza-se o predomínio dos relevos de colinas côncavo-convexas de topos suavemente ondulado. Nunes (2000).....	151

Foto 8 -	No centro, observa-se o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina. Este local se situa próximo do incinerador de lixo hospitalar. Nunes (2000)..	154
Foto 9 -	Na parte inferior, observam-se os depósitos de resíduos sólidos domésticos do aterro controlado, em uma vertente com declividade superior a 20%. Na outra encosta da colina, constata-se processos erosivos lineares, com início de ravinamentos. Nunes (2000).....	155
Foto 10 -	Baixa vertente à jusante da área escolhida pela gestão 1997-2000, para o aterro sanitário. Neste local, observa-se a formação de vegetação típica de banhado (Taboa), com afloramento do lençol freático. Nunes (2000).....	156
Foto 11 -	Crescimento espontâneo da cobertura vegetal da área escolhida para o aterro sanitário, através da expansão de espécies vegetais do tipo gramíneas. Nunes (2000).....	161
Foto 12 -	Atual local de despejo dos resíduos sólidos domésticos do município de Presidente Prudente-SP. Pela sua configuração morfológica, a área é totalmente inadequada para qualquer tipo de despejo de resíduos. Nunes (2000).....	162
Foto 13 -	No centro, observa-se a deposição dos materiais úrbicos (podas de galhos, entulhos de construção, pneus, metais diversos, etc.). Ao fundo, notam-se os prédios das empresas instaladas no Distrito Industrial. Nunes e Boin (2001)..	163
Foto 14 -	Forma de relevo em cabeceira de drenagem em anfiteatro, próxima da antiga área de depósito de lixo, cujas vertentes estão totalmente desvegetadas, ocasionando sérios problemas de erosão remontante. Os locais escuros significam os pontos onde ocorreram queimadas. Nunes (2000).....	164

RESUMO

Nas últimas décadas, uma das principais discussões, especificamente no âmbito municipal, tem se direcionado para a questão do destino final a ser dado aos resíduos sólidos urbanos. Estes, na maioria das vezes, são despejados a céu aberto em forma de lixões, gerando doenças, mau cheiro e vetores de vários tipos, como insetos e roedores. Uma das alternativas ambientalmente viáveis para resolver este problema é a construção de aterros sanitários a partir do gerenciamento integrado dos resíduos municipais. Nesse trabalho, pretende-se analisar a dinâmica da paisagem, a partir dos conhecimentos geomorfológicos, geológicos (morfoestruturais e hidrogeológicos), pedológicos, climáticos e sócio-econômicos, aplicados em uma área escolhida pela administração municipal 1997-2000, para a construção de um aterro sanitário, objetivando o estabelecimento de critérios e procedimentos técnicos, numa perspectiva sócio-ambiental, de escolha de áreas para a construção de aterro sanitário.

Palavras-chave: Geografia física; Geomorfologia; Aterro sanitário; Resíduos sólidos urbanos; Presidente Prudente.

ABSTRACT

In the last decades, one of the principal discussions, specifically in the municipal ambit, has been directed to the question of the final destination to be given to the urban solid residues. These remnants are mostly thrown out under the open atmosphere as large garbage areas, causing diseases, stink and vectors of several types as insects and rodents. One of the environmentally viable alternatives to solve this problem is the construction of sanitary embankments from the integrated control of the municipal residues. In this work, the author intends to analyse the dynamics of the landscape, from the geomorphological, geological (morphostructural and hydrogeological), pedological, climatical and social-economical knowledge applied to an area chosen by the municipal administration 1997-2000, for the construction of a sanitary embankment, with the purpose of establishing technical criteria and procedures, in a social-environmental perspective, for the choice of areas for the construction of a sanitary embankment.

Key-words: Physical geography; Geomorphology; Sanitary embankment; Urban solid residues; Presidente Prudente.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, os homens e mulheres têm desenvolvido produtos e mercadorias para melhorar a qualidade de vida das sociedades. Nesse processo de desenvolvimento histórico e industrial, os avanços econômicos, tecnológicos e sociais foram significativos. Todavia, por outro prisma, a falta de planejamento e o uso desenfreado dos recursos naturais, têm ocasionado um aumento de processos de degradação nos mais variados ecossistemas terrestres, além do intenso acréscimo da produção de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Os resíduos sólidos urbanos, despejados a céu aberto em forma de lixões, passaram a representar um dos maiores problemas a serem solucionados por parte das administrações municipais, principalmente porque são áreas produtoras e geradoras de doenças, mau cheiro e vetores de vários tipos como insetos e roedores.

Frutos da urbanização desenfreada e da sociedade do desperdício, os resíduos sólidos urbanos são hoje motivo de profundas discussões, seja no campo técnico-científico ou no político-econômico.

Nas últimas décadas, uma das principais discussões, especificamente no âmbito municipal, tem se direcionado para a questão do destino final a ser dado aos resíduos sólidos urbanos. Provavelmente, uma das alternativas ambientalmente mais viáveis, seria a construção de aterros sanitários a partir do gerenciamento integrado dos resíduos municipais, sendo este entendido como o “...conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo da sua cidade” (Jardim *et al*, 1995: 3).

De acordo com Jardim *et al* (1995) as fases do gerenciamento integrado são divididas em duas etapas:

- Como fazer, no qual se inclui a 1ª fase, que é a do diagnóstico de administração;
- E o que fazer, a qual subdivide em 2ª fase (serviço de limpeza), 3ª fase (disposição final) e 4ª fase (tratamento).

Com relação à 3ª fase, que trata da disposição final dos resíduos sólidos urbanos, e que é o ponto principal desta pesquisa, na Figura 1 observam-se as etapas de implantação de um aterro sanitário.

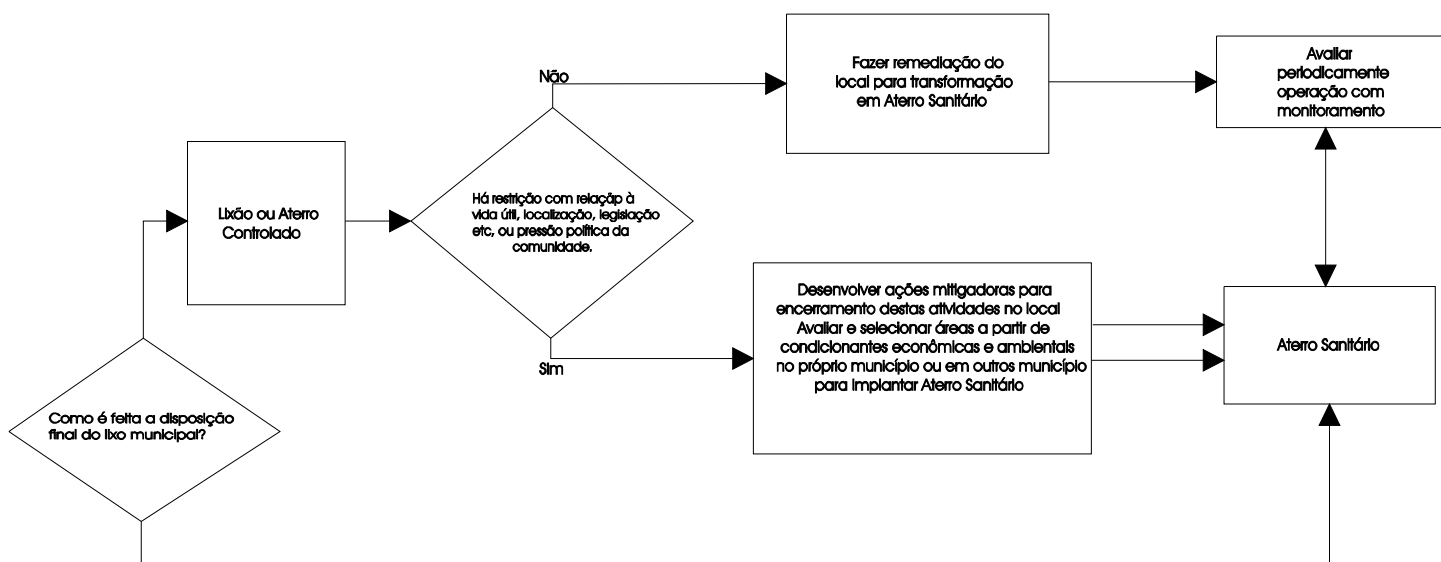


Figura 1. Etapas de implantação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.

Fonte: Jardim *et al* (1995: 17).

No tocante à parte que trata sobre “Fazer remediação do local para transformação em Aterro Sanitário”, este procedimento, na maioria das vezes, conforme a situação que se encontra o lixão ou o aterro controlado, não é realizado. Isto deve-se, ao elevado custo operacional de reparação dos aterros, em que, quando feito, realiza somente as obras de canalização dos gases, mas não de impermeabilização de base, impedindo que os lixiviados orgânicos e inorgânicos contaminem os corpos d’água superficiais e de subsuperfície.

Assim, como se observa na Figura 1, a disposição final em aterro sanitário compreende uma das soluções técnico-financeira, em que...:

”...a adequada construção de uma disposição de resíduos urbanos pressupõe a concepção e projeto de um aterro sanitário, devidamente inserido dentro das questões sociais,

técnicas, econômicas e ambiental, independente de processos intermediários de tratamento ou atitudes de minimização.” (Benvenuto,1995: 552).

O conhecimento sobre aterro sanitário envolve aspectos sanitários, ambientais, geotécnicos, político-administrativos, econômicos e educacionais. No tópico geotécnico, em especial neste trabalho, são destacados os conhecimentos geomorfológicos, geológicos (morfoestruturais e hidrogeológicos), pedológicos e climáticos.

A Geomorfologia, em especial, contribui no processos de escolha de áreas para a construção de aterros sanitários, pois envolve conhecimento a respeito dos processos morfogenéticos atuantes em superfície e subsuperfície, ou seja, processos endógenos e exógenos responsáveis pela modelagem do relevo.

O geógrafo que trabalha com conhecimentos ligados à ciência geomorfológica, tem muito a oferecer neste aspecto. Cruz (1974: 9) destaca:

“A observação dos processos geomorfológicos atuais leva ao estudo e compreensão da dinâmica da paisagem. Assim nada melhor que o acompanhamento, no tempo, de determinados fenômenos para se conhecer o processo e consequentemente entender a evolução fisiológica do espaço”.

Assim, é de fundamental importância o reconhecimento prévio e detalhado da área a que se destina a construção de um aterro sanitário. Esse reconhecimento compreende informações sobre as formas e a dinâmica do relevo, tais como compartimentação geomorfológica, com suas características de unidades morfológicas que compõem o relevo (áreas de morros, planícies, encostas/vertentes); grau de inclinação topográfica ou declividade dos compartimentos. (Jardim *et al*, 1995: 102).

Além dos aspectos geomorfológicos devem ser considerados os conhecimentos ligados às formações litológicas, que se relacionam às variações granulométricas e texturais faciológicas e sua conformação morfoestrutural, assim como as derivações pedológicas decorrentes destes aspectos, que geram características morfológicas e texturais do solo, adequadas ou não à implantação deste tipo de empreendimento.

Destacam-se ainda, os aspectos hidrogeológicos, que auxiliam na compreensão da dinâmica das águas subterrâneas e superficiais, dando ênfase à profundidade dos lençóis freáticos; a localização das zonas de recarga das águas subterrâneas; os principais mananciais, bacias e corpos d'água de interesse ao abastecimento público, enfatizando-se o comportamento químico e dinâmico das águas; e a localização em áreas de proteção de mananciais (Jardim *et al*, 1995: 103).

Nos aspectos climáticos, são importantes as informações sobre as características térmicas e pluviométricas, além da direção e intensidade dos ventos predominantes na área onde se construirá o aterro sanitário, objetivando-se entre tantos itens, a gestão de produção de chorume e gases do aterro sanitário.

Outros dados importantes são encontrados na legislação ambiental federal, na estadual e na municipal. Além destes, devem também ser mencionados os dados socioeconômicos, que envolvem o valor da terra, o uso e ocupação dos terrenos, a distância da área em relação aos centros atendidos, a integração à malha viária e a aceitação da população e de suas entidades organizativas (Jardim *et al*, 1995: 104-05).

Todos os aspectos acima descritos estão diretamente relacionados a uma série de fatores ambientais e sociais determinantes na disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário. São esses fatores que, tomados de forma direta ou indireta, serviram de base para esta pesquisa (Tabela1).

Neste contexto, a presente pesquisa visa, através de conhecimentos adquiridos durante um período de trabalho na Secretaria Municipal do Meio Ambiente da Prefeitura de Presidente Prudente, em que tivemos a oportunidade de participar especificamente de projetos de escolha de áreas para construção de aterros sanitários, mostrar a importância do conhecimento geográfico, tomando-se como base os aspectos geomorfológicos, climáticos e socioeconômicos, como importantes para a escolha de áreas para execução/construção de aterro sanitário. Destaca-se, também, a importância dos fatos relacionados às características intrínsecas do solo, da geologia (morfoestrutura) e da hidrogeologia. Esses aspectos foram trabalhados de forma associada à Geomorfologia.

Tabela 1. Elementos e Fatores naturais e sociais determinantes na disposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário.

Elementos Naturais		Fatores Naturais
Relevo		Morfologia, posição, inclinação/declividade, exposição, movimento de massa, erosão.
Rochas		Composição, granulação, estruturação, profundidade do lençol freático, porosidade, permeabilidade, transmissividade.
Solo		Composição, granulação, estruturação, textura, porosidade.
Oxigênio		Drenagem, permeabilidade do solo.
Água		Precipitação, distribuição, evaporação, solo, profundidade do lençol freático, drenagem (densidade e padrão), direção.
Cobertura vegetal		Composição, estrutura, ausência ou presença.
Radiação solar		Latitude, altitude, exposição, espessura da cobertura de solo, nebulosidade, umidade atmosférica, poluição atmosférica.
Temperatura		Latitude, altitude, exposição e constituição e espessura do solo.
Vento		Exposição, latitude, altitude, relevo, continentalidade, direção, duração e frequência.
Elementos Sociais		Fatores Sociais
Características dos resíduos sólidos urbanos	Quantidade e qualidade de resíduos gerados	Taxa de geração por habitante, renda percapita diferenciada por classe social, hábitos da população, tipos de recicláveis (orgânicos e inorgânicos)
	Doenças	Proliferação de micro e macrovetores transmissores, como insetos e roedores.
	Cobertura do lixo	Tipo de solo, cobertura de solo, espessura do corpo de lixo.
	Odor	Composição física e química dos resíduos, umidade, temperatura, precipitação, evapotranspiração, drenagem de percolados, granulometria e estruturação das rochas, grau de compactação.
	Lixiviados (chorume)	Composição física e química dos resíduos, umidade, temperatura, precipitação, evapotranspiração, drenagem de percolados, granulometria e estruturação das rochas, Morfologia do relevo, grau de compactação.
Agentes Sociais	Legislação ambiental, Lei Orgânica e Plano Diretor.	Localização, distância e posição.
	Dados socioeconômicos	Valor, uso, aceitabilidade e distância.
	Escolha	Política, técnica, econômica, disponibilidade de áreas.

Elaborado e organizado por: Nunes e Boin (2001)

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi delimitada uma área situada na porção sul do município de Presidente Prudente, no limite com o município de Regente Feijó, de aproximadamente 15,240 km² de extensão, localizada entre as coordenadas de longitude 51° 23' 18" WGr e 51° 20' 30" WGr e latitudes 22° 08' 59" S e 22° 10' 44" S (fig.2).

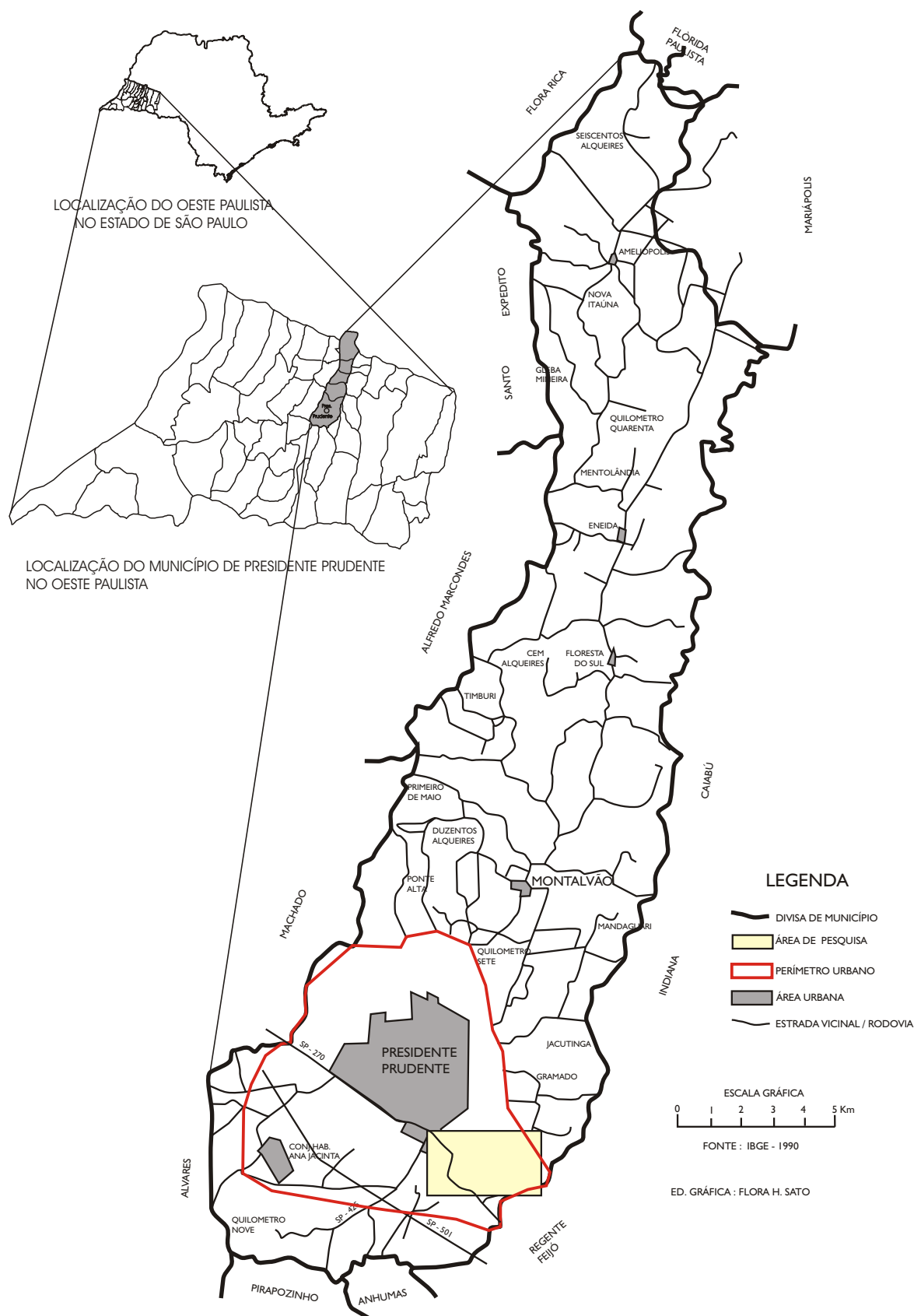


Figura 2 - Localização da área de pesquisa no município de Presidente Prudente - SP

É nesta área que se encontra localizada a área escolhida pela administração municipal, na gestão 1997-2000, para a construção do Aterro Sanitário do Município de Presidente Prudente-SP. Este local serviu de área experimental para a elaboração da análise morfodinâmica integrada entre os aspectos ligados às dinâmicas da natureza e da sociedade, que culminaram na elaboração de procedimentos metodológicos para escolha de áreas para a construção de aterros sanitários.

1. 1. Justificativa

O tema da pesquisa que trata sobre a escolha de áreas para a construção de aterros sanitários foi fruto de envolvimento profissional como geógrafo, em um campo de trabalho basicamente dominado por engenheiros civis e sanitaristas, geólogos e biólogos. Assim uma das contribuições, entre tantas, que o geógrafo pode oferecer é a análise integrada da paisagem sob a ótica do estudo do relevo.

O relevo, para alguns estudiosos como Ross (1991), apresenta-se de modo dinâmico, sendo considerado como o palco em que o homem, como ser social, pratica o teatro da vida. Para Grigoriev (1968), o “Estrato Geográfico da Terra”, em que se inclui o relevo, é compreendido como “...o ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e conseqüentemente como ser social” (Ross, 1991: 10).

Para o geógrafo, profissional que trabalha com a relação sociedade-natureza, pesquisas como estas se justificam pela importância de se analisar as formas de alterações ambientais que a sociedade vem provocando em determinados espaços físicos, dando mais ênfase ao tempo dos processos morfodinâmicos do que ao tempo dos processos morfogenéticos.

Cabe, dessa forma, alguma reflexão sobre questões que permeiam esta pesquisa, principalmente quando tomamos a decisão de prestigiar o tempo presente da morfodinâmica em detrimento do tempo passado da morfogênese. Questões como:

- por que os geógrafos que trabalham com Geomorfologia, basicamente pouco desenvolvem pesquisas ligadas ao estudo dos aspectos regionais, passando a valorizar as pesquisas mais pontuais e locais, como no caso da pesquisa em questão?

- o tempo na Geomorfologia passou a ter um enfoque mais multidimensional, desordenado e multidirecional, sobrepondo-se ao tempo unidimensional, ordenado e unidirecional?

Algumas respostas para estas indagações, historicamente muito complexas, provavelmente estejam ligadas à compreensão das transformações sociais, econômicas e ambientais que estamos vivendo no atual momento histórico. Nele, o desenvolvimento tecnológico e científico tem levado os geógrafos a dar mais importância à análise dos processos morfodinâmicos (curto tempo), em detrimento dos processos morfogenéticos (longo tempo).

A valorização atual de um pensar/fazer Geomorfologia na perspectiva da morfodinâmica sobre a perspectiva da morfogênese, tem acarretado maior discussão sobre a importância do entendimento do tempo presente, do tempo imediato, do tempo do diagnóstico para a atuação e intervenção imediata sobre o relevo que será apropriado. Nesse sentido, ocorre a imposição da escala temporal histórica sobre a escala temporal geológica, a qual privilegia o chamado tempo profundo ou distante.

A velocidade de criação de novos equipamentos tecnológicos de intervenção na natureza, a partir da lógica de valorização dos recursos naturais como mercadorias, com valor de uso e de troca, tem gerado significativas transformações/degradações no relevo. Essas transformações têm sido mais evidenciadas nos locais de maiores concentrações populacionais, em que o capital intensifica sua atuação com mais vigor, na busca da obtenção de maior lucratividade.

Ao mesmo tempo em que se diminuiu o tempo de extração e acumulação/deposição dos recursos naturais, a partir do maior volume de conhecimento sobre a dinâmica da natureza, ocorreu uma expansão territorial sobre novos espaços sociais. O que era inatingível fisicamente, passa a ser alcançável através do domínio maior da chamada engenharia técnica de intervenção. Assim,

busca-se constantemente o detalhamento da “anatomia da natureza”, para pretensamente saber construir, destruir, reconstruir novos espaços físicos e sociais, conforme os interesses econômicos e políticos dominantes para cada tempo histórico.

Se o momento presente favorece o estudo da intervenção local nos estudos geomorfológicos, isto não significa que o local esteja desconectado do regional, do nacional e do global. O local somente pode ser compreendido a partir da análise das influências políticas, econômicas, sociais e ambientais, advindas das outras escalas, que, dialeticamente, estão mutuamente conectadas.

Se, anteriormente, a pesquisa geomorfológica regional apresentava uma característica de cunho mais descritivo e genético, pois era preciso conhecer os grandes domínios morfológicos (morfogênese), atualmente, as pesquisas geomorfológicas têm tido maior preocupação com as questões ambientais de cunho pontual (morfodinâmica), como no caso da pesquisa em estudo, que trata da escolha de áreas para a construção de aterros sanitários.

Em muitos casos, não existe uma preocupação em discutir o uso dos recursos naturais, mas somente as transformações que os agentes sociais causam na natureza, que vem sendo transformada e modificada temporal e espacialmente. Esta reflexão leva-nos a pensar que os diferentes tempos (históricos e geológicos), sofrem acelerado desenvolvimento científico, balizado pela intensificação de capital tecnológico, e faz com que, no momento atual, ocorra uma sobreposição de vários tempos. Estes, ao se sobreporem, acabam deixando marcas na paisagem, tendo como exemplo os chamados depósitos tecnogênicos, que fazem parte de um novo período, o Quinário.

Se o momento presente tem levado muitos geógrafos a privilegiarem a escala local e não tanto a regional, é porque, nas cidades, de modo mais amplo, os diversos problemas sócio-ambientais tornam-se mais visíveis e crônicos (como no caso dos resíduos sólidos urbanos); é, porque, nas cidades, as decisões políticas, na maioria dos casos, suplantam as decisões técnicas.

Enfim, este é o momento do tempo multidimensional, do tempo com a preocupação da conservação para o não esgotamento rápido da mercadoria natureza, objetivando-se a manutenção e a criação de novos processos de acumulação de

capital. È o tempo da resposta rápida, da criação de instrumentos de prevenção, visando como é o caso da exigência da elaboração dos RAPs (Relatório Ambiental Preliminar), EIA/RIMAS (Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental) e tantos outros relatórios e laudos técnicos, que são feitos seguindo-se modelos preestabelecidos, como uma tentativa de se diminuir/controlar os problemas ambientais.

Ao mesmo momento, pode e deve ser o tempo da reflexão da forma como vem sendo utilizada a técnica; o tempo da reflexão teórico-metodológica; e, principalmente filosófica, de qual é a sociedade e a ciência que queremos; o tempo da valorização da ética, da humanidade e da consciência sobre o nosso dizer, escrever e fazer Geografia e aplicá-la.

O resultado concreto das formas desordenadas de ocupação destes espaços geográficos reflete-se na disposição inadequada, temporal e espacialmente dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos em áreas, em sua grande maioria, não adequadas para o recebimento destes dejetos.

1.2. Objetivos

O presente trabalho não visa somente enfocar os aspectos físicos da área, mas também compreender, a dinâmica dos agentes sociais que atuam no município de Presidente Prudente, no processo de escolha da atual área para a construção de um aterro sanitário e de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo.

Assim, o objetivo maior desta tese de doutorado, é o estabelecimento de critérios e procedimentos técnicos, numa perspectiva sócio-ambiental, de escolha de áreas para a construção de aterro sanitário.

Para se atingir o objetivo geral proposto, trabalhou-se em diferentes escalas espaciais, desenvolvendo-se os seguintes objetivos específicos:

1. Caracterização histórica dos agentes políticos e sociais atuantes, na esfera da administração municipal, que levaram à escolha da atual área para

construção da Usina de Triagem e Compostagem e do Aterro Sanitário do município de Presidente Prudente-SP;

2. Caracterização das paisagens do Oeste Paulista, a partir dos aspectos geomorfológicos, geológicos, morfoestruturais, hidrogeológicos e pedológicos, bem como da paisagem local (Presidente Prudente);

3. Morfodinâmica da paisagem do Distrito Industrial do município de Presidente Prudente, onde se encontra localizada a área escolhida pela administração municipal gestão 1997-2000, para a construção do Aterro Sanitário do município de Presidente Prudente;

4. Análise dos parâmetros climáticos, que interessam para a escolha de áreas para a construção de aterro sanitário, para o município de Presidente Prudente, no intervalo de 10 anos (1990 a 1999).

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. A importância do pensamento geomorfológico na análise ambiental urbana

Para que se possa compreender o conhecimento geomorfológico no escopo da ciência geográfica, faz-se necessário discutir historicamente as principais tendências teórico-metodológicas que influenciaram o seu desenvolvimento.

Sob este aspecto, o estudo a respeito da importância da Geomorfologia, como um dos critérios para escolha de áreas para aterro sanitário, é de fundamental importância, pois exige uma caracterização ambiental da área em que tais aspectos são de grande importância. Para tanto *“não se pode entender a dinâmica e a gênese das formas do relevo, sem que se conheça muito bem os fatores bioclimáticos, pedológicos, geológicos e mesmo antrópicos que interferem no dinamismo e, portanto, em sua evolução”*. (Ross, 1991:17).

Neste contexto, Ross (1991:16) destaca a importância da compreensão do conhecimento teórico-metodológico, para a execução de estudos visando à elaboração de diagnósticos ambientais, em que *“a elaboração dos estudos implica o conhecimento da teoria, o domínio da metodologia, bem como a capacidade de operacionalizar o instrumental técnico de apoio”*.

Com a maior diversidade de técnicas e métodos operacionais existentes para a análise dos processos geomorfológicos atuantes na paisagem, os profissionais que trabalham neste campo passaram a dar mais ênfase a problemas como:

“...a ocorrência de eventos catastróficos; os primeiros projetos que incluíam a elaboração de previsões de impactos ambientais; os diagnósticos de desequilíbrios ambientais; as preocupações que já se faziam sentir em relação à poluição; o reconhecimento da necessidade de recuperar áreas degradadas e de preservar a natureza” (Marques, 1995: 40).

Dentro destas observações, e considerando-se que parte dos geógrafos que trabalham com Geomorfologia ainda enfatizam pouco esta questão, o problema relativo à escolha de áreas para despejo de resíduos sólidos urbanos, bem como de

locais para a construção de aterros sanitários, vem-se tornando um tema cada vez mais freqüente nas pesquisas geográficas.

Vários são os órgãos de pesquisa que dão destaque à importância da análise geomorfológica como um dos critérios básicos de escolha para áreas de aterros sanitários. É o caso dos licenciamentos prévios de unidades de disposição de resíduos sólidos urbanos, no âmbito da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, cujo objetivo principal é a verificação da viabilidade ambiental da implantação e operação de empreendimentos como aterros sanitários. Neste aspecto inclui-se a caracterização geológica, **geomorfológica**, geotécnica e hidrogeológica, quando:

“A partir dessa caracterização regional deve-se proceder a uma caracterização local, individualizando-se, em nível de detalhe, as unidades geológicas que ali ocorrem, bem como, as características geomorfológicas do relevo local. Complementarmente a essa caracterização devem ser avaliadas as fragilidades intrínsecas dos terrenos ali existentes através da identificação e análise dos processos de dinâmica superficial predominantes na área, como por exemplo, erosão, assoreamento, rastejo, etc.” (Marques, et al, 1995: 630).

Outros órgãos importantes como o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas-SP) e o CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) no livro “Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado” (1995: 101-05), descrevem no tópico sobre estudos para a viabilidade de áreas para instalação de aterros sanitários, a importância do levantamento dos seguintes aspectos: dados geológicos-geotécnicos; dados pedológicos; dados sobre o relevo (geomorfológicos); dados sobre as águas subterrâneas e superficiais; dados sobre a legislação; dados socioeconômicos.

A paisagem alterada é um espaço produzido, no qual o relevo serve de suporte físico ou recurso, em que as diferentes formas de ocupação refletem o momento histórico, econômico e social. Portanto, o relevo e seu modelado representam o fruto da dinamicidade entre os processos físicos e os agentes sociais atuantes, que ocorrem de modo contraditório e dialético a partir da análise integrada

das relações processuais de uma escala de tempo geológica para a escala histórica ou humana.

Dessa forma, uma análise da bibliografia geomorfológica que trata dos diferentes sistemas conceituais ou paradigmas indica que poucos são os autores que tratam as questões teórico-metodológicas.

O desenvolvimento deste tópico tomou-se por base o trabalho "A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica", em que Abreu (1983) procura fazer uma filogênese das propostas conceituais da Geomorfologia (Figura 3).

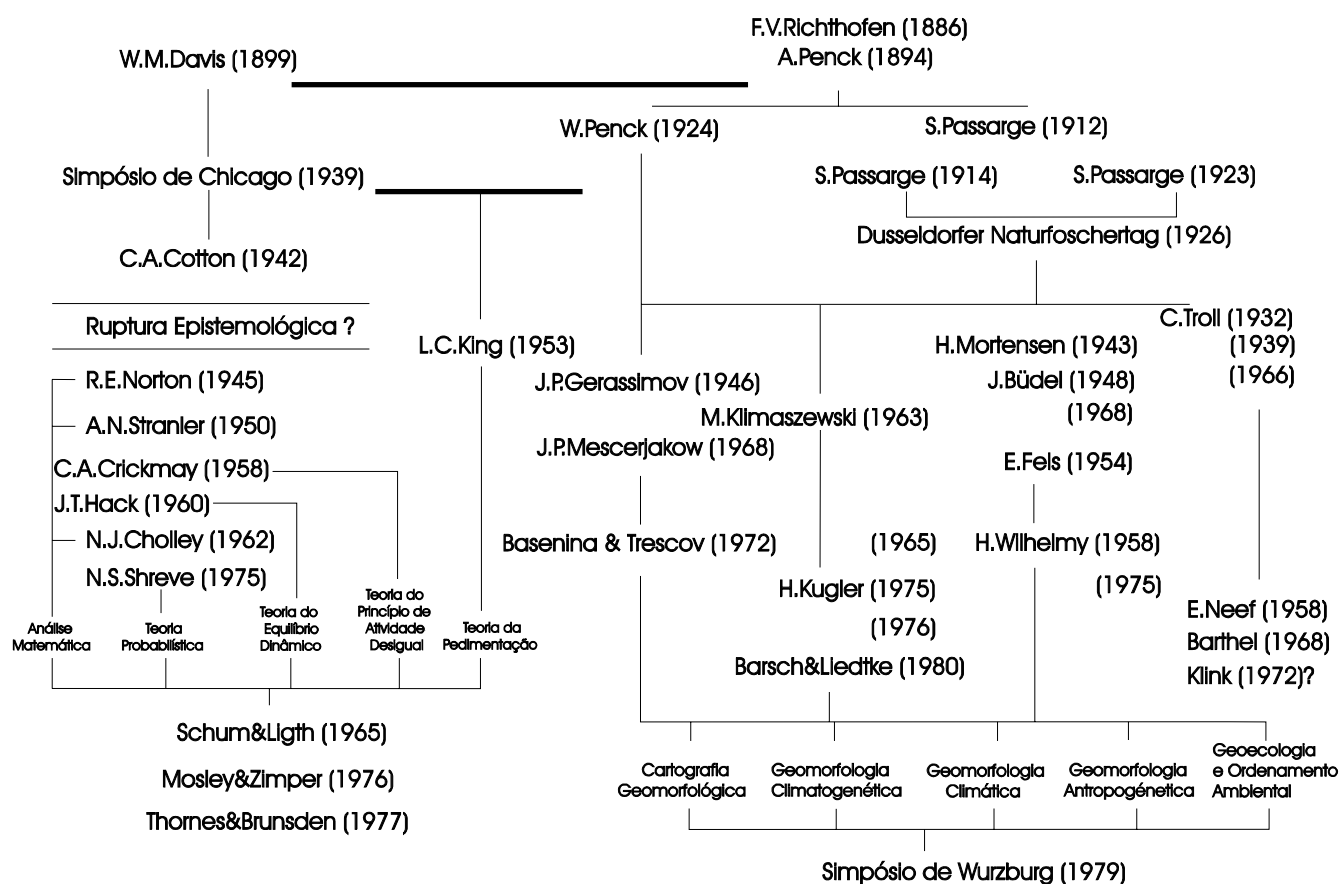


Figura 3 . Filogênese da teoria geomorfológica (Abreu, 1983)

De acordo com Abreu (1983: 3):

“... a teoria geomorfológica, em um sentido moderno originou-se a partir de duas fontes principais, que embora apresentando interferências uma sobre a outra, evoluem freqüentemente de maneira paralela, convergindo apenas nos últimos trinta anos para a busca de um quadro de referências mais global. O não reconhecimento deste fato cria sérias dificuldades ao estabelecimento de uma epistemologia da geomorfologia atual”.

Uma destas fontes tem origem em trabalhos executados por geólogos e engenheiros europeus e norteamericanos, tendo a publicação *"The geographical cycle"* de Willian Morris Davis como o marco fundamental. A outra corrente tem origem na Alemanha, com uma concepção mais naturalista e global a respeito das ciências da terra. Pode-se dizer que o início do pensamento geomorfológico foi marcado, por um lado, pelos reflexos da Revolução Industrial e, por outro, pela conquista do oeste americano. De certa maneira:

“... se na América do Norte desde cedo valorizaram as observações que vinculam o trabalho dos rios ao modelado do relevo, o que é muito destacado nas pesquisas dos geólogos do século XIX que percorrem as áreas além - Apalaches, na Europa a evolução tem como ponto de partida outro sistema de referências, embora nem por isso se deva negar a participação de engenheiros que também se dedicam ao estudo dos rios e seu comportamento”(Abreu, 1983: 5).

A preocupação dos engenheiros alemães, entretanto, está na exploração das riquezas carboníferas, a fim de alimentar em fonte de energia as indústrias do Reich. Portanto, não foram somente as diferenciações fisiográficas que balizaram os trabalhos dos geógrafos alemães, mas também os aspectos políticos e econômicos nortearam o pensamento geomorfológico.

O contexto político de definição dos domínios territoriais mundiais apresentava, no século XIX, uma proximidade de relações econômicas muito grande entre a Inglaterra e a França com os Estados Unidos. Esta proximidade colocava em

constante confronto Berlim e as três capitais ocidentais. É neste momento histórico e político que nascem duas correntes ou escolas bem definidas: a escola Anglo-Americana, tendo o geólogo William Morris Davis como o seu fundador, incorporando autores de expressão inglesa e francesa; e a escola Alemã, com autores eslavos e escandinavos. A primeira reunia pesquisadores que estudavam, à época, processos fluviais. A segunda trabalhava mais a dinâmica da natureza vinculada aos processos climáticos.

2.1.1. A Escola Anglo-Americana

Apoiada no paradigma proposto por Davis em 1899, expresso no "Ciclo Geográfico do Relevo", a corrente Anglo-americana conseguiu até a II Grande Guerra, um rápido sucesso no mundo de língua inglesa e francesa.

Apoiado em uma concepção bergsoniana dedutivista, Davis criou uma teoria a partir das suas observações e da enorme imaginação que tinha.

Para Marques (1995: 31) “...*O ciclo geográfico, por ele idealizado, constitui o primeiro conjunto de concepções que podia descrever e explicar, de modo coerente, a gênese e a seqüência evolutiva das formas de relevo existentes na superfície da Terra*”

Compreendia Davis que a formação do relevo terrestre se dava a partir de ciclos de erosão, apresentando etapas que se sucederiam do nascimento à morte. Tais fases receberam o nome de juventude, maturidade e senilidade (Figura 4 e 5).

Entram como fatores principais do ciclo a estrutura geológica, os processos operantes e o tempo, valorizando-se o aspecto histórico na formação do modelo. Pode-se dizer que Davis foi o criador da geomorfologia estrutural.

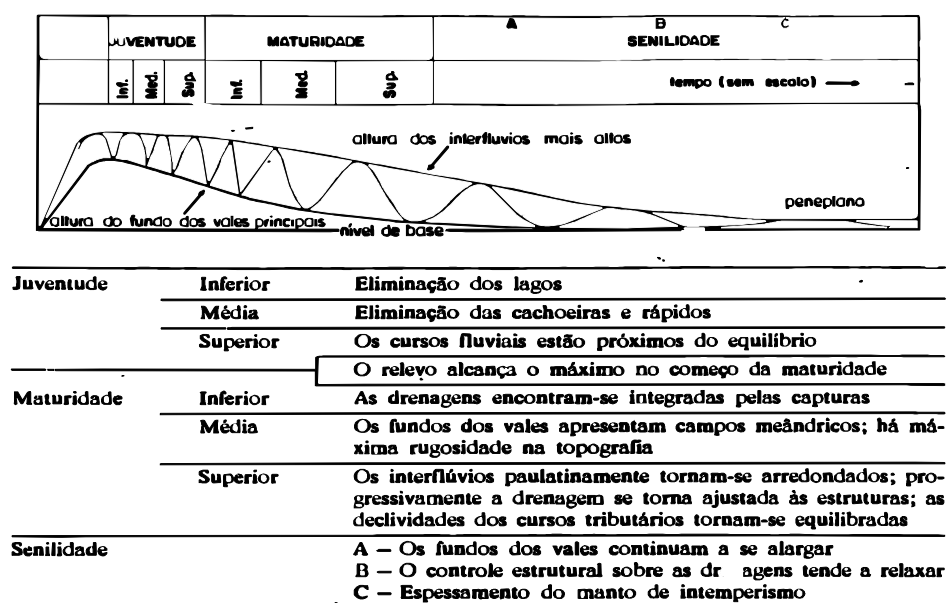


Figura 4. Representação gráfica do ciclo davisiano, conforme a adaptação realizada por G. H. Dury. Fonte: Christofolletti (1980:163)

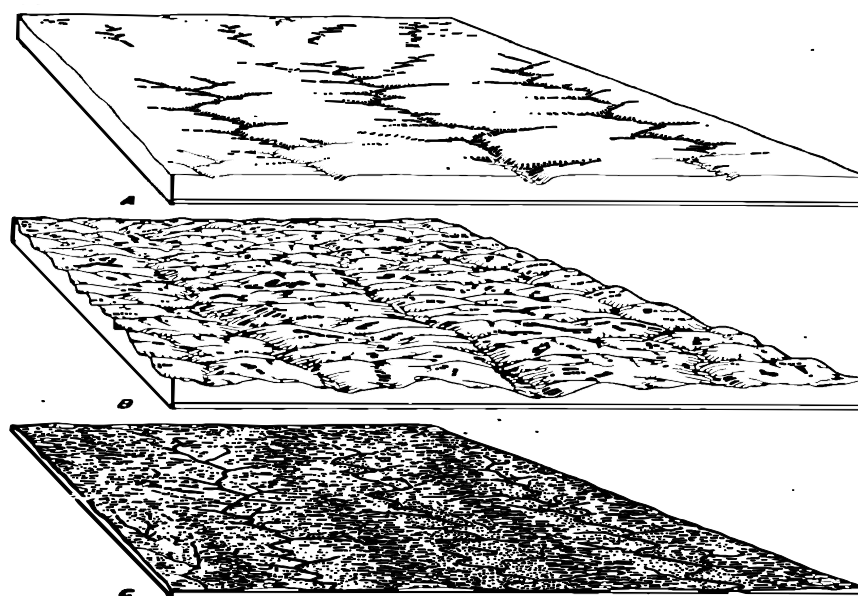


Figura 5. Os três principais estágios do ciclo de erosão. Na juventude, há poucos tributários e amplos interflúvios; na maturidade, desenvolvimento completo das redes de drenagem; na senilidade, interflúvios extensivamente rebaixados e vales muito largos (adaptado por Trewartha, Robinson e Hammond). Fonte: Christofolletti (1980:162)

Uma das principais críticas que a proposta davisiana sofreu decorreu de considerar como processo de erosão normal o escoamento das águas correntes, caracterizando a influência do gelo e do vento como processos anormais em comparação à erosão pela água. Segundo Tricart (1971) *apud*:

“...Davis havia construído sua doutrina em torno da noção do ciclo de erosão e da erosão normal que agiriam da mesma maneira em todas as regiões do globo. Davis jamais deu a menor atenção à cobertura vegetal. Para ele, o relevo modelava-se da mesma maneira nos desertos do Arizona e nas florestas do Maine. Nenhum de seus esquemas - e eles são numerosos e bem desenhados - mostra a menor moita, o menor tufo de ervas. Para todas as áreas, o agente responsável era o escoamento” (Christofolletti, 1980: 164).

Além das críticas feitas por Tricart (1971), Marques (1995:31) destaca outros pontos importantes que foram incorporados contra o modelado proposto por Davis, ou seja, o modelo davisiano foi construído para áreas temperadas, além disto precisava ter a obrigatoriedade de um rápido soerguimento precedido de um longo período de estabilidade tectônica do relevo, tendo no seu ciclo final um equilíbrio dos fatores geomorfológicos (degradação e agração).

A concepção evolucionista de Davis tem muito presente a perspectiva darwiniana, que:

“...aportaba una racionalidade general capaz de interpretar positivamente todos los fenómenos del mundo viviente: las nociones de "adaptacion" y de "selección natural", con las referencias analíticas que conllevan respecto a las interrelaciones entre medio natural y funcionamientos de los seres vivos, podían ser aplicadas, en efecto, al estudio de las sociedades humanas”(Mendonza et ali, 1982: 32).

Esta influência marcante, também na Geografia (Ratzel e seus seguidores), dominou a Geomorfologia davisiana *“... que assumiria plenamente los postulados del evolucionismo, desarrollándolos en un campo, el de las formas de*

relieve, que se consideraba alejado por su aparente estabilidad del dominio de aplicación de esos postulados”(Mendonza et al, 1982: 33).

Muitas foram as críticas sofridas, tanto por aquelas vindas de seus opositores, a exemplo dos alemães - Walter Penck (1939), como de seus seguidores, que procuraram dar uma outra conotação à teoria davisiana, tais como Arthur Strahler (1950).

Entretanto, acima de todas as críticas sofridas, a obra do geólogo William Morris Davis, teve como mérito “...sistematizar a sucessão das formas em um ciclo ideal e procurar uma terminologia” (Bauling, 1950).

Após a II Guerra Mundial, uma grande parcela dos pesquisadores americanos passaram a incorporar as críticas e as idéias dos pensadores alemães, discutidas em um simpósio realizado na cidade de Chicago em 1939.

Como citado anteriormente, seu grande opositor foi Walter Penck que criticou a proposta davisiana. Basicamente, a partir deste fato, os discípulos de Davis partiram para uma reformulação teórica e técnica da Geomorfologia Anglo-Americana. Assim, passaram a valorizar as análises espaciais associadas ao estudo das bacias de drenagem. É o período da chamada Revolução Quantitativa, que enfatiza sobremaneira as “...técnicas quantitativas de sofisticação crescente a serviço de uma análise sistêmica do relevo” (Abreu, 1983: 15).

Alguns autores muito contribuíram para desenvolver esta nova postura, tais como: Horton (1945), Strahler (1950, 1952, 1954), Crickmay (1959), Hack (1960) e Chorley (1962). Cabe destacar, nesse momento de ruptura e de surgimento de novos modelos e paradigmas, os trabalhos de King (1953, 1956, 1967) que, através da teoria da pediplanação, tentou incorporar o modelo penckiano à proposta de Davis.

A teoria criada por King (pediplanação), apóia-se numa paisagem composta por muitos pedimentos coalescentes, diferenciando-se do peneplano de Davis pelo seu caráter multicôncavo e pela presença de relevos residuais em lugar de formas suaves (Figura 6). Conforme descrição do próprio autor:

“...Según nuestro punto de vista, una vez que ha comenzado el ciclo erosivo con la incisión de las corrientes de água sobre la superficie de un território levantado, de acuerdo con el modelo de Davis, es preciso determinar rigurosamente el valor del rebajamiento de las vertientes mediante el análisis de su inclinación, teniendo en cuenta que tiende a conseguir una pendiente estable (de acuerdo con las condiciones locales) tras el retroceso paralelo a sí mismo de sus partes más destacadas” (King, 1953: 388).

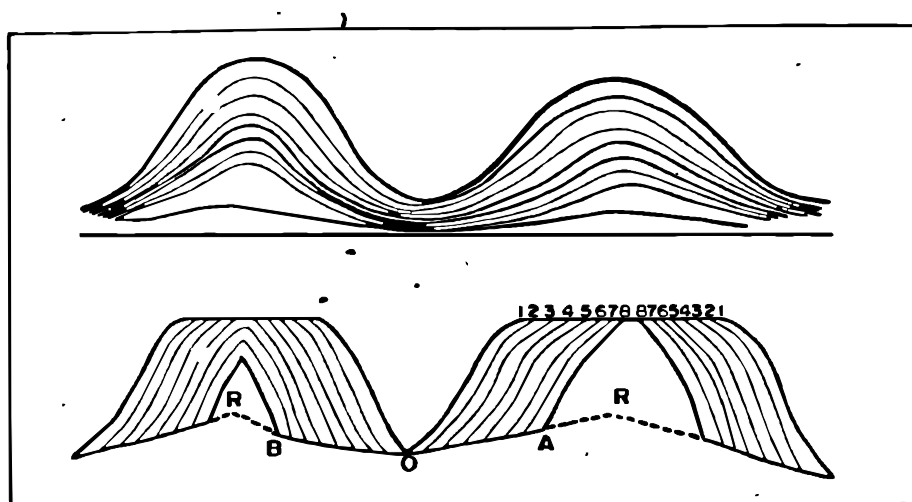


Figura 6. O desenvolvimento das vertentes levando à peneplanização e à pediplanação. Na parte superior, as vertentes diminuem gradativamente em seu conjunto; na parte inferior, há regressão paralela das mesmas e alargamento contínuo dos pedimentos.

Fonte: Christofolletti (1980:166)

Mesmo que King se apresentasse como uma tentativa de conciliação entre as tendências apoiadas em Penck e Davis, particularmente nos EUA, alguns autores passaram a criticar suas idéias. Há, nesse momento, um crescente surgimento de novos paradigmas.

Thomas Kuhn (1970) considerava esta fase como um período revolucionário. Este período, chamado de Revolução Quantitativa, começou a apresentar os modelos estatísticos, dando destaque aos Modelos Integrados em

Geografia (Chorley e Hagget, 1974) e Modelos Físicos e de Informação em Geografia (Chorley e Hagget, 1975).

Trabalhando com a teoria dos Sistemas, John T. Hack (1960) utiliza as idéias propostas por Grove Karl Gilbert em 1880, amplia esta proposta e formula uma nova teoria: a do Equilíbrio Dinâmico.

Essa teoria parte do pressuposto de que o modelado terrestre é um sistema aberto, que mantém constantes trocas de matéria e energia com os demais sistemas de seu universo. Todos os elementos que compõem uma determinada área apresentam-se mutuamente ajustados, modificando-se uns aos outros. Tanto as formas topográficas como os processos atuantes na esculturação do modelado estão em estado de estabilidade.

Para Christofolletti (1980: 168):

“O estado de estabilidade representa o funcionamento do sistema no momento em que todas as variáveis estão ajustadas em função da quantidade e variabilidade intrínseca da energia que lhe é fornecida”.

Assim, caso haja uma alteração no fornecimento de matéria e energia, o sistema se automodificará, a fim de criar uma nova estrutura, ou seja, chegar a um novo estado de estabilidade.

Conforme Marques (1995: 33-4) as formas de relevo:

“...passam a representar o resultado contínuo de um ajuste entre o comportamento dos processos e o nível de resistência oferecido pelo material que está sendo trabalhado. As formas deixam de ser algo estático para serem também dinâmicas em suas tendências a um melhor ajuste em sintonia com o modo de atuação dos processos”.

Outra teoria que emergiu a serviço de uma análise sistêmica do relevo foi a teoria probabilística. Entre os primeiros pesquisadores a utilizarem esta concepção destacaram-se Luna B. Leopold e W. B. Langbein (1962). De modo simplificado, esta teoria se baseia na utilização de métodos estatísticos e

probabilísticos para o estudo da paisagem como um todo, abordando a sua evolução através de analogias simples, como a termodinâmica (entropia), ou seja:

“... a entropia de um sistema é função da distribuição da energia disponível dentro do sistema, e não uma função da energia total dentro do sistema. Desta maneira, a entropia relaciona-se com a ordem ou desordem; o grau de ordem ou desordem pode ser descrito em termos de probabilidade ou improbabilidade do estado observado”(Christofolletti, 1980: 172).

Basicamente, todas as teorias surgidas após Davis, principalmente a teoria do Equilíbrio Dinâmico e a teoria probabilística, criaram uma nova fase para a Geomorfologia Anglo-americana.

Para Marques (1995:35), o papel da quantificação em direção à morfometria, associado à facilidade de obtenção de dados, tem auxiliado na maior utilização da matemática e da estatística, em que *“...as novas concepções teóricas tem estimulado o desenvolvimento de estudos que valorizam trabalhos vinculados à alometria (proporcionalidades de natureza geométrica) e à topologia (arranjos em formas de distribuição)”*.

Entretanto, no dizer de Abreu (1983: 16) acabaram caindo em casos extremos de formulações e modelos *“... em grande parte estéreis e de aplicação na melhor das hipóteses, pelo menos duvidosa”*.

A postura de Mosley e Zimpfer (1976) e Thornes e Brunsden (1977), na tentativa de libertar-se de conceitos anteriores...:

“...é, de certa forma, uma atitude de reflexão conciliadora, que a rigor não introduz novos paradigmas, mas que, todavia, procura reinterpretar os anteriores segundo uma posição crítica mais liberta de preconceitos, tendo os problemas de escala com baliza de referência e voltando a revalorizar as observações de campo, em boa parte eclipsadas no bojo das posturas que privilegiavam a quantificação a partir de dados obtidos, geralmente, de cartas topográficas, fotos aéreas e anuários estatísticos” (Abreu, 1983: 18).

E que foram característicos da Geomorfologia no auge da matematização.

A Geomorfologia de origem Anglo-Americana passou, portanto, por profundas modificações, principalmente com a introdução da quantificação. Analisemos agora como se deu a evolução da escola alemã e seus principais precursores.

2.1.2. A Escola Alemã

Enquanto a Geomorfologia Anglo-Americana teve Davis como o grande mentor durante vários anos, a escola Alemã teve Von Richthofen e Albrecht Penck como os pais da Geomorfologia de língua germânica. Entretanto, pode-se dizer que a Geomorfologia alemã, teve com Von Richthofen o referencial inicial, através do trabalho "*Fuhrer fur Forschungreisende*"² de 1886. Ele teve, como predecessores, vários pesquisadores naturalistas, inclusive Goethe como seu ponto de referência.

A herança recebida dos filósofos e naturalistas - Goethe e Humboldt - levou Richthofen a analisar os fenômenos sob a ótica da observação, relacionando a Geomorfologia com a Petrografia, a Química do Solo, a Hidrologia e a Climatologia. Considerava que a ciência geográfica deveria apresentar uma articulação harmônica entre três níveis metodológicos: o descritivo, o corológico e o de abstração.

Quanto a Albrecht Penck, sua principal obra foi "*Morphologie der Erdoberflasche*"³ (1824), cuja importância foi a de sistematizar teorias e classificar formas de relevo.

Tanto Von Richthofen como Albrecht Penck direcionaram os trabalhos da Geografia alemã durante mais de meio século. Esta influência certamente foi responsável pela pouca penetração da proposta davisiana,

² Significa "Guia para o explorador".

³ Significa "Morfologia da Superfície Terrestre".

principalmente em um momento histórico, no qual a ascensão prussiana era evidente, gerando uma onda de nacionalismo muito grande.

Albrecht Penck, em contraposição a Davis, apresentou em 1912 uma proposta de classificação climática baseada na fisiografia, ou seja, ele procurava estabelecer uma relação entre as formas de relevo e os cinturões climáticos do planeta. Em síntese, Albrecht Penck estudava a superfície terrestre pelas diferentes atuações do clima. Neste estudo a paisagem é distinguida pelas regiões climáticas, e a precipitação dá a forma de como o clima atua na superfície terrestre.

Esse trabalho muito contribuiu para concretizar a postura predominante na Europa Centro-Oriental e, também, para o surgimento da Geomorfologia Climática, que basicamente direcionou as novas propostas teóricas que surgiam. O principal conceito-chave desta transformação foi a noção de paisagem (*landschaft*), que para os alemães mantém uma visão de conjunto do meio natural. O conceito de paisagem para os alemães é compreendido como ...:

“...un objeto concreto, directamente observable, compuesto por elementos diversos más o menos variados. Constituye así un marco para conectar observaciones realizadas por distintas ramas o subramas de la ciencia y de este modo puede establecer un enlace entre ellas, contrarrestando los inconvenientes de una atomización del conocimiento derivada de un desarrollo unilateral del análisis” (Tricart, 1982: 471).

Destaca-se nesse momento Sigfried Passarge com um conjunto de obras, das quais se destaca "Morfologia das zonas climáticas ou morfologia da paisagem?" de 1926. Neste último trabalho, Passarge analisa a morfologia terrestre a partir da divisão das zonas climáticas, divididas conforme três fatores climáticos: temperatura, precipitação e umidade.

O relevo seria o resultado de uma sucessão de condições climáticas necessariamente diferentes do período atual. Basicamente, o período em que ocorreram essas grandes modificações na morfologia terrestre foi para Passarge o Quaternário, quando se deram as últimas glaciações.

No atual período, as condições climáticas diferentes, comparadas às dos períodos passados, permitem encontrar paleo-formas escondidas sob um manto de cobertura vegetal. Foi Passarge quem resgatou o termo Paisagem, trabalhando com uma postura mais global, quanto às formas de relevo, e ligada a uma visão geográfica.

Outro autor a se destacar é Walter Penck, apresentando-se como um dos principais opositores das idéias propostas por Davis. Foi no trabalho "*Die Morphologische Analyse*" (1924), que Walter Penck contrapôs-se à sucessão progressiva e irreversível, ou seja, à de formação seguida de erosão de William Morris Davis.

Naquele trabalho "*... defendeu as interferências entre movimentos contínuos da crosta terrestre e a ação das forças exógenas: o relevo deve ser analisado sob todos os processos internos e externos, considerados na sua evolução histórica*" (Amaral, 1965: 8; 9).

Na opinião de Bigarella *et al* (1965: 89), expressa no artigo Considerações a respeito da evolução das vertentes "*...Penck teve o mérito de ter chamado a atenção para as vertentes como unidades básicas através das quais se faz a evolução da paisagem*".

Para Ross (1996: 307-08), Walter Penck tem o mérito de ter desenvolvido uma fundamentação teórico-metodológica, que até o momento atual é balizadora das pesquisas geomorfológicas.

Compreende que o entendimento das formas de relevo presente é fruto do antagonismo entre as forças endógenas (abalos sísmicos; vulcanismos; dobramentos; afundamentos e soerguimentos das plataformas; falhamentos e fraturamentos), e exógenas (ação climática local, regional e zonal; processo de meteorização; erosão e transporte de base rochosa; ação do vento e ação da água) (Figura 7).

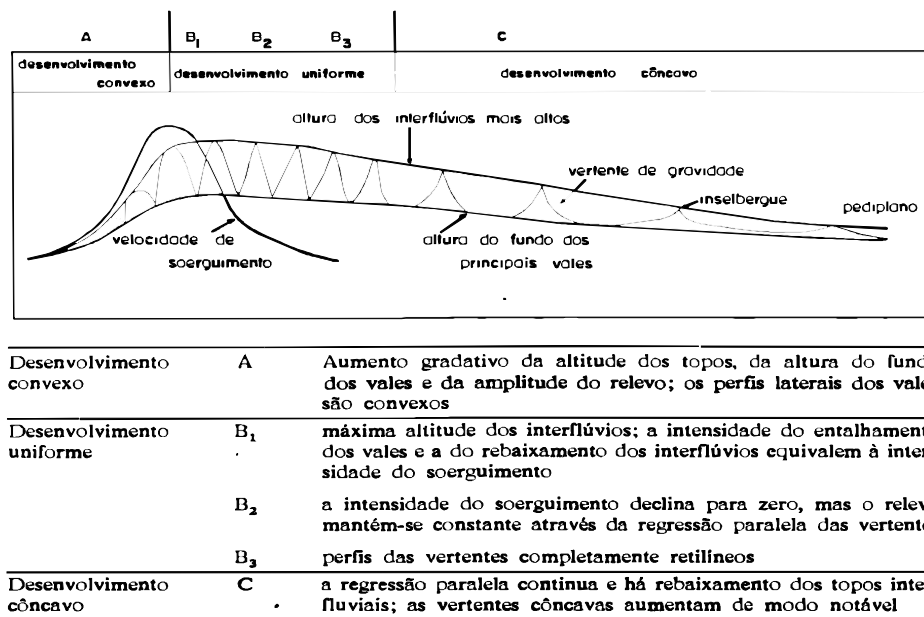


Figura 7. Elaboração do ciclo de acordo com Penck (adaptado por Dury a partir das obras de Von Engeln e de Wooldrédge e Morgan).

Fonte: Christofolletti (1980:166)

Walter Penck foi muito criticado pelos seus seguidores, pois seu esquema explicativo da evolução da paisagem, tendo as vertentes como unidade base, era por demais dedutivo e teórico, de difícil aplicação na prática. Entretanto, seus estudos foram retomados por Gerassimov (1946, 1968) e Mescerjakov (1968), que os utilizaram para desenvolver uma análise morfoestrutural e morfoescultural do relevo, além de pesquisas correspondentes à Cartografia Geomorfológica. Ross (1996: 308-09) explica que...:

“...todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito, que atuou e atua nessa estrutura. Deste modo, a morfoestrutura e a morfoescultura definem situações estáticas, produtos da ação dinâmica do endógeno e do exógeno”.

Mesmo com o problema da barreira lingüística, outros autores destacados por Abreu (1983), utilizaram-se dos conceitos penckianos: Mescerjakov (1968), Basenina e Trescov (1972) e Basenina, Aristarchova e Tukasov (1976).

É importante citarmos, entre tantos outros, a influência que André Cholley exerceu nas obras de vários geógrafos, através do conceito de sistema de erosão. No trabalho intitulado “Morfologia Estructural y Morfologia Climatica”, Cholley (1982: 372-76), apresenta uma síntese de sua compreensão sobre a evolução do modelado terrestre. Ele explica que não existem duas morfologias; somente uma, e sua gênese está ligada à ação dos fatores de erosão determinados pelo clima. Este, quando atuante, coloca em funcionamento um complexo de agentes e fatores combinados como um sistema de erosão.

Para Cholley (1982: 376), o termo erosão corresponde a um sistema de fatores ligados de diversas formas, no qual a “...*morfología deriva de un sistema de erosión determinado por el clima y que se ejerce sobre territorios y relieves diversos como consecuencia de la estructura y la tectónica*”.

Tricart (1982) foi um dos geógrafos mais influenciados pelas concepções de André Cholley. O seu grande mestre, como ele o classificava, não recebeu merecido reconhecimento da comunidade científica francesa, por ter criado, antes da Segunda Guerra Mundial,...:

“...el concepto de sistema de erosión. Sin duda, el término erosión es desafortunado y se explica por las impregnaciones davisianas que durante demasiado tiempo han infectado la atmósfera en Francia. Nosotros lo hemos eliminado al transformar la expresión en sistemas morfogenéticos, que engloban tanto el accionamiento como el transporte y la acumulación, los cuales no son sino tres aspectos de un mismo fenómeno, de un mismo flujo” (Tricard, 1982: 473).

Ainda dentro da perspectiva sistêmica, salientamos os trabalhos desenvolvidos pelos soviéticos, em especial V. B. Sochava, que dedicou-se à noção de geossistema. Esta concepção de análise da paisagem...:

“... deve estudar, não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc.” (Sochava, 1977: 1).

Como se pôde observar, os referenciais teóricos e metodológicos entre as escolas Anglo-Americana (Geomorfologia Estrutural) e a Alemã (Geomorfologia Climática), apresentam uma grande diferenciação.

Assim, pode-se dizer que a trajetória de construção do pensamento da Escola Alemã sempre esteve associado à compreensão da dinâmica da natureza, tendo como um dos conceitos integradores o conceito de paisagem.

Portanto, a origem da preocupação ambiental, dentro da Geomorfologia, está mais associada à linha do pensamento alemão.

No caso do Brasil, conforme o momento histórico, ambas as escolas, tanto a do pensamento geomorfológico anglo-saxônico e a do alemão, exerceram forte influência nos programas curriculares dos cursos de Geografia no Brasil, que será analisada a seguir.

2.1.3. A Geomorfologia no Brasil – sucinta análise evolutiva

Como foi dito no início desse tópico, poucos são os trabalhos elaborados que tratam da evolução do pensamento geomorfológico.

No Brasil, são raros os autores que se dedicam a fazer um estudo mais detalhado sobre a teoria geomorfológica. Isto exigiria uma análise mais detalhada da bibliografia, o que nem sempre é possível, devido à dispersão dos trabalhos elaborados.

Para essa etapa, destacam-se entre outros, dois trabalhos: A Geomorfologia no Brasil (Ab´Saber, 1958) e As tendências atuais da Geomorfologia no Brasil (Christofoletti, 1977). Citam-se estas duas obras, porque ambas conseguem sistematizar, através do tempo, as principais pesquisas feitas na área no país.

De acordo com Ab'Saber (1958: 1-8), a história dos estudos sobre o relevo brasileiro apresenta três grandes períodos:

a) período dos predecessores (1816-1910) - Constitui o período em que os viajantes e naturalistas, em sua maioria geólogos, percorrem o território nacional, desenvolvendo estudos e escritos. A principal obra que retrata o relevo brasileiro está inserida na obra *Geographia do Império do Brasil* de Orville Adalbert Derby, publicada em 1884;

b) período dos estudos pioneiros (1910-1940) - trata-se da fase dos estudos pioneiros, tendo como precursores entre outros, Miguel Arrojado Ribeiro Lisboa, que estuda o oeste paulista e o sul do Mato Grosso (1909), e Roderic Crandall que analisa o nordeste oriental brasileiro (1910).

É o período em que se tentou aplicar, pela primeira vez, as idéias de Davis no Brasil. É quando Euclides da Cunha (1909), na introdução do artigo "Rios em abandono", procurou colocar em prática a teoria do ciclo de erosão normal na bacia do rio Purus. Também é neste momento que os autores brasileiros passam a utilizar o termo Geomorfologia. Ele surge no estudo de Luiz Flores de Moraes Rego sobre a Geologia do petróleo no estado de São Paulo (1930);

c) período da implantação das técnicas modernas (1940-) - Começa com a criação das primeiras Faculdades de Filosofia no país, com o surgimento da Associação de Geógrafos Brasileiros e do Conselho Nacional de Geografia. Dois pesquisadores influenciam muito este período: Emmanuel de Martonne (1940) que escreve sobre os problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico e Francis Ruellan, como orientador de vários trabalhos aqui elaborados. Nesse período, surgem pesquisadores como Orlando Valverde, João José Bigarella, Aziz Nacib Ab'Saber, Antônio Teixeira Guerra, Manoel Corrêa de Andrade, entre outros.

Christofolletti (1977: 35-91), no trabalho "As tendências atuais da Geomorfologia no Brasil", dá ênfase às duas últimas décadas (50 e 60), procurando destacar os principais pesquisadores brasileiros, tomando por base o período de implantação dos cursos de Geologia (1957/1958) e o surgimento da revista *Notícias Geomorfológicas* (1958).

O autor apresenta como principais contribuições à abordagem cíclica e morfoestrutural os trabalhos de Ab'Saber (1960;1966, 1969) e Bigarella (1961), ambos sobre as superfícies aplainadas brasileiras; os de Christofolletti e Queiroz Neto (1961) sobre a Serra de Santana; os de Penteado (1968), que estudou as implicações tectônicas na gênese de cuevas da Bacia de Rio Claro; e os de Abreu (1973), pesquisando os rebordos de maciços antigos em contato com bacias sedimentares, etc.

Quanto às contribuições relacionadas à Geomorfologia Climática, que procuram caracterizar as áreas morfoclimáticas e as oscilações climáticas recentes no território brasileiro, destaca-se Tricart (1959) e seus estudos sobre o Brasil Atlântico Central, posteriormente desenvolvidos por Ab'Saber e Bigarella; Ab'Saber (1966, 1967, 1970, 1973), com trabalhos que analisam os diversos domínios morfoclimáticos e Bigarella (1964, 1971), com pesquisas referentes as oscilações climáticas recentes, entre outros.

É importante mencionar, ainda, autores que apresentaram contribuições relacionadas com o Quaternário, com estudos feitos sobre a Morfologia do litoral e da plataforma litorânea; com a Geomorfologia Fluvial; com os estudos regionais de áreas pequenas; contribuições relacionadas com vertentes, processos morfogenéticos e morfologia Cárstica; com a Geomorfologia Aplicada e mapeamentos geomorfológicos.

Conforme Marques (1995: 38), será no final dos anos 60 e início dos anos 70, que a Geomorfologia brasileira incorporará os postulados da Teoria Geral dos Sistemas, principalmente a partir dos trabalhos desenvolvidos por Christofolletti (1974) com o livro "Geomorfologia". Neste mesmo ano, Penteado (1974) lança o livro "Fundamentos de Geomorfologia", que viria a se tornar, junto com o de Christofolletti (1974), uma das principais obras didáticas no ensino de Geomorfologia.

Cabe ainda destacar o projeto RADAMBRASIL, publicado pelo IBGE e elaborado pelo Ministério das Minas e Energias, que ao abranger todo o território nacional, realizou levantamentos de recursos naturais que envolveram os

seguintes tópicos: Geologia, Geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial do solo.

A fim de estabelecer uma relação da influência, que tanto os pensadores da escola Anglo-americana como os da Alemã tiveram no Brasil, pode-se destacar dois centros tradicionais de pesquisa e que caracterizam bem esta distinção:

- Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista em Rio Claro-SP, através dos trabalhos do Professor Antônio Christofolletti. Deste autor podem-se citar: "Análise topológica de redes fluviais" (Christofolletti, 1973); "Estudos sobre a forma de Bacias Hidrográficas" (Christofolletti Filho, 1975); "Capacidade e Competência no transporte fluvial" (Christofolletti, 1976); "A significância da densidade de drenagem para a análise geomorfológica" (Christofolletti, 1983) que são exemplos de análises feitas sob a perspectiva quantitativa de influência anglo-americana;

- e o Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, ligado em grande parte à escola germânica e tendo como um dos principais pesquisadores Aziz Ab'Saber, cujos principais trabalhos são: "O Domínio Morfoclimático Amazônico" (Ab'Saber, 1966); "Superfícies Aplainadas e Terraços na Amazônia" (Ab'Saber, 1966); "Uma gruta de abrasão interiorizada nos arredores de Torres, Rio Grande do Sul" (Ab'Saber, 1969); "Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil" (Ab'Saber, 1970); "Domínios Morfoclimáticos Atuais e Quaternários na região dos Cerrados" (Ab'Saber, 1982), entre outros, que expressam a influência da escola alemã.

Passadas as últimas décadas de pesquisa, atualmente o que se pode observar nos trabalhos publicados independentes das correntes de pensamento, é uma maior preocupação com as questões ambientais em relação aos estudos que enfocam somente a dinâmica da natureza.

Neste aspecto concordamos com Suertegaray (1997), quando diz que durante muito tempo a Geomorfologia se preocupou com o estudo dos processos geomórficos, tomando como base as pesquisas sobre os depósitos correlativos na

perspectiva clássica e temporal (Walter Penck, 1910). Esta concepção prestigiou a análise da dinâmica de formação da natureza, por intermédio dos processos naturais.

Esta mudança pode ser observada nos diversos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos, com um cunho mais sócio-ambiental e ecológico. No dizer de Cunha e Guerra (1996: 341) sobre estas preocupações:

“A Geomorfologia Ambiental tem como tema integrar as questões sociais às análises da natureza. Deve incorporar em suas observações e análises as relações político-econômicas, importantes na determinação dos resultados dos processos e mudanças”.

Entre tantos trabalhos destacam-se: "A participação da Geomorfologia nos Diagnósticos Ambientais" e "Geomorfologia, Ambiente e Planejamento" (Ross, 1989 e 1991); "Algumas Considerações Hidrodinâmico-Ambientais em Goiânia-GO" e "Elementos de Geomorfologia" (Cassetti, 1989 e 1994); "A Trajetória da Natureza: Um Estudo Geomorfológico Sobre os Areais de Quaraí-RS" (Suertegaray, 1987); etc, que são exemplos desta temática.

No trabalho "A participação da Geomorfologia nos Diagnósticos Ambientais", Ross (1989) mostra a importância da análise geomorfológica como instrumento de estudo do ambiente natural e do alterado pela ação antrópica.

Este autor discute a necessidade de uma maior compreensão, por parte dos profissionais atuantes em Geomorfologia, das metodologias e teorias propostas no decorrer da história da ciência geomorfológica. Por fim, propõe uma cartografia alternativa do meio físico, a fim de estabelecer prognósticos, diretrizes de uso do solo e planejamento territorial, com vistas a que sejam tomadas medidas preventivas e ou corretivas para com o meio ambiente.

Com referência ao trabalho elaborado por Cassetti (1989) "Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia: uma análise quantitativa de resultados experimentais", o autor apresenta problemas resultantes do aumento de escoamento das águas, ocasionado pela crescente impermeabilização do solo, que acaba gerando processos erosivos do tipo ravinamentos e voçorocamentos.

O autor aborda como a principal causa das alterações hidrodinâmicas das vertentes e, conseqüentemente, dos cursos d'água, a expansão do próprio sistema capitalista, que transforma o espaço-social em espaço-mercadoria. Outro fato ambiental comentado é relativo às disritmias pluviométricas e térmicas, derivadas também do acelerado crescimento urbano, evidenciado em Goiânia-GO.

Quanto ao trabalho feito por Suertegaray (1987) “A Trajetória da Natureza: Um Estudo geomorfológico Sobre os Areais de Quaraí-RS”, esta tese faz uma análise geomorfológica, geológica e climática a respeito do fenômeno da arenização, estabelecendo uma seqüência evolutiva dos processos morfogenéticos atuantes, denominados de feições de degradação (ravinas e voçorocas). Sem se dissociar da abordagem geográfica, ela identifica, no estudo do território (Campanha Gaúcha), as inter-relações socio-ambientais existentes entre os agentes sociais atuantes, e a sua participação na construção da paisagem.

Tratando especificamente sobre Geomorfologia, os professores Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha da UFRJ (organizadores), auxiliados por equipes multidisciplinares formadas por profissionais de diversas áreas, elaboraram manuais/livros de Geomorfologia, que tratam desde aspectos teórico - metodológicos até aplicações de ordem técnica, apresentando soluções para o enfrentamento de determinadas situações provocadas pela ação antrópica na paisagem. São os seguintes livros: “Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos” (Guerra e Cunha, 1995); “Geomorfologia – exercícios, técnicas e aplicações” (Guerra e Cunha, 1996); “Geomorfologia e meio ambiente” (Guerra e Cunha, 1996) e “Geomorfologia do Brasil” (Guerra e Cunha, 1998).

As novas abordagens geomorfológicas caminham atualmente para a interdisciplinariedade entre as ciências da Terra, sociais e biológicas. Neste sentido, Suertegaray (1997) apresenta alguns trabalhos que vêm servindo como vetores metodológicos para uma nova abordagem geomorfológica, ou seja:

- o relevo não é visto somente sob a perspectiva natural, mas também pelas formas de ocupação e de apropriação da sociedade (Cassetti, 1991);

- pela ótica da transformação da dinâmica da paisagem no transcorrer do tempo geológico e histórico, sendo esta paisagem incorporada ao processo produtivo dominante (Suertegaray, 1992);

- ou estudado na perspectiva de avaliação de riscos à população decorrentes de processos que causem impactos socio-ambientais (De Mauro, 1995) etc.

Em todas as abordagens citadas, observa-se a importância que a ação dos agentes sociais representa, sendo caracterizada como um fator geomorfológico preponderante na formação de novas formas de relevo, bem como na construção das paisagens geográficas. Nesse sentido, faz-se necessário discutir a importância do conceito de paisagem dentro da Geografia e como esta é apropriada como área/local de despejo de resíduos sólidos urbanos e ou depósitos tecnogênicos. Cabe destacar, que o conceito de paisagem (*landschaft*) que está sendo utilizado nesta pesquisa, foi extraído dos referenciais teóricos da Escola Alemã.

2.2. O conceito de paisagem e sua relação com os depósitos tecnogênicos

Como foi discutido anteriormente a respeito da Escola Alemã, o conceito de paisagem foi desenvolvido cientificamente pelos geógrafos alemães desde meados do final do século XIX, como sendo um objeto concreto, perfeitamente observável, que mantém uma visão de unicidade e conjunto dos elementos e fatores que envolvem o meio natural.

No início, o conceito de paisagem surge na Geografia com uma forte base vinda dos naturalistas, como é o caso de Humboldt. Com o passar do tempo o conceito incorporou elementos não somente naturais mas também de ordem antrópica.

Com uma proposta conceitual voltada para o estudo da paisagem, dando ênfase aos problemas de ordenação ambiental do espaço, Carl Troll (1950) no artigo "A paisagem geográfica e sua investigação", o autor caracterizou a paisagem como o local onde se expressam todos os fenômenos observáveis da superfície

terrestre, sendo o espaço a sua unidade. A paisagem é concebida como uma unidade orgânica, que deve ser estudada no seu ritmo temporal e espacial.

Também com estas preocupações, podemos citar os trabalhos produzidos por Jean Tricart e Georges Bertrand.

Tricart (1953), no texto "A Geomorfologia e o Pensamento Marxista", preocupado com as questões político-ideológicas, propõe que os geomorfólogos reavaliem suas posições teóricas, objetivando transformar a Geomorfologia em uma ciência voltada para os problemas ambientais e sociais.

Posteriormente, em uma outra fase, Tricart (1977), utilizando os pressupostos teóricos da Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy (1973), elabora o conceito de Ecodinâmica.

Para o autor, o principal responsável pela formação dos meios morfodinâmicos está no balanço energético entre a atuação dos processos pedogenéticos e morfogenéticos. Dependendo dos agentes naturais e antrópicos atuantes, teremos três meios: os estáveis, os intergrades e os instáveis.

Neste contexto, a Geomorfologia forma parte do estudo integrado do meio natural, incluindo desde a estrutura geológica até os seres vivos.

Nessa mesma linha de raciocínio, Bertrand (1982) expõe no artigo "La Ciencia del Paisaje una ciencia diagonal", a necessidade de estudar a paisagem, não abordando apenas os aspectos dos sistemas de erosão passados e atuais, mas a influência que a ação antrópica vem acarretando na face da Terra. Propõe também o estudo integrado com a história, a economia e a sociologia, tentando resgatar a interdisciplinariedade entre as ciências, pois, para o autor, a Geomorfologia não poderia ficar fora das discussões políticas e ambientais.

Bertrand (1982: 466) faz uma crítica ao descaso com que os cientistas tratam o meio ambiente, principalmente quanto ao objeto paisagem. As transformações que estão ocorrendo no meio físico têm evoluído mais depressa que as ciências que o estudam. Por isso a paisagem compreendida como uma porção do espaço material deve receber um tratamento científico próprio.

Portanto, a ciência da paisagem, na concepção de Bertrand (1982: 469), é definida como:

“...el estudio de los paisajes actuales en sí mismos y por sí mismo, sin que la acción antrópica sea más que un elemento entre otros dentro de la combinación ecológica. (...). Pero la ciencia del paisaje es también, y al mismo tiempo, una disciplina antropocéntrica”.

Em outro artigo, “Paisaje y Geografia Fisica Global”, Bertrand (1982: 462) destaca que a compreensão da paisagem não deve ser tomada somente pelos seus atributos naturais, mas também por uma concepção de paisagem total, onde incluem as ações antrópicas. Neste aspecto, a paisagem...:

“...no es simplemente la suma de unos elementos geográficos incoherentes. Es el resultado, sobre una cierta porción de espacio, de la combinación dinámica y, por lo tanto, inestable, de elementos físicos, biológicos y antrópicos que interactuando dialécticamente los unos con los otros hacen del paisaje un conjunto único e idisociable en continua evolución. La dialéctica tipo-individuo constituye el fundamento del método de investigación”.

Posteriormente, em entrevista dada à Revista Geosul (1998: 149), Georges Bertrand, entre tantas idéias discutidas, reafirma a importância do estudo da paisagem como um instrumento não apenas científico, como também de diálogo, pois a paisagem é heterogênea e diversificada. Ela é o local onde as pessoas vivem e se identificam, e onde estão seu patrimônio, sua identidade e suas histórias.

De acordo com o que foi exposto, toma-se como principal referencial teórico e metodológico a forma de abordagem trabalhada por Suertegaray (1992), porque se entende que a construção da paisagem é realizada a partir da relação histórico - dialética, em que ocorrem a continuidade e as discontinuidades no processo de estruturação do território. Deste modo, consideramos que a apropriação da paisagem ocorre de modo desigual, combinado e contraditório; ou seja, neste processo, devido à sua dinamicidade atual, o tempo da morfodinâmica passa a ter mais importância que o tempo da morfogênese. Além disto, ocorre uma valorização

da noção de tempo presente, associado a noção de escala histórica, sobrepondo-se a noção de tempo profundo ou escala geológica.

Neste sentido, os depósitos de resíduos sólidos urbanos são resultados do acúmulo de detritos em um determinado espaço e tempo, gerando sérios problemas sócio-ambientais na paisagem urbana.

No trabalho “Geomorfologia: Novos Conceitos e Abordagens”, Suertegaray (1997), discute as diversas concepções teórico-metodológicas existentes na Geomorfologia. Nele, o autor enfoca a importância do estudo da dinâmica do relevo sob a perspectiva antrópica, a partir dos conceitos de Tecnogênico e Quinário.

O primeiro refere-se aos depósitos resultantes da atividade humana, e o segundo significa o período em que o homem passa qualitativamente a desenvolver atividades que superam as intensidades dos processos naturais, provocando desequilíbrios nos meios biológicos.

Outro autor a discutir o assunto é Peloggia (1998: 34), que, citando Oliveira (1990), define o período do Quinário e ou Tecnógeno como “...o período em que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da Biosfera, desencadeando processos (tecnogênicos) cujas intensidades superam em muito os processos naturais”.

Com referência às áreas urbanas, em que os solos são altamente influenciados pela atividade antrópica, Peloggia (1998: 73-4), citando Fanning e Fanning (1989), classifica os depósitos tecnogênicos urbanos, conforme o seu material constituinte, em quatro categorias. São elas:

“1 – Materiais “úrbicos” (do inglês *urbic*): trata-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidros, concreto, asfalto, prego, plástico, metais diversos, pedra britada, cinzas e outros, provenientes, por exemplo, de detritos de demolição de edifícios.

2 – Materiais “gárbicos” (do inglês *garbage*): são depósitos de materiais detríticos com lixo orgânico, de origem humana e que, apesar de conterem artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são

suficientemente ricos em matéria orgânica para gerar metano em condições anaeróbicas.

3 – Materiais “espólicos” (do inglês *spoil*): materiais terrosos escavados e redepositados por operações de terraplenagem em minas a céu aberto, rodovias ou outras obras civis. Incluiríamos aqui, também, os depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. Seja como for, os materiais contêm muito pouca quantidade de artefatos, sendo assim identificados pela expressão geomórfica “não natural”, ou ainda por peculiaridades texturais e estruturais em seu perfil.

4 – Materiais “dragados”: materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d’água e comumente depositados em diques, em cotas topográficas superiores às da planície aluvial”.

Com base nesta discussão, entende-se que os depósitos de lixo urbano produzidos pela sociedade, encaixam-se no conceito de depósitos tecnogênicos.

Para Oliveira e Queiroz Neto (1993), os depósitos tecnogênicos, são resultantes da atividade humana, abrangem “...tanto os depósitos construídos, como os **aterros de diversas espécies**, quanto os depósitos induzidos, como os corpos aluvionares resultantes de processos erosivos, desencadeados pelo uso do solo” (Suertegaray, 1997). Ou, ainda, no dizer de Suertegaray (1997), o termo tecnogênico serve “para indicar formações sedimentares novas, resultantes de fases mais atuais da tecnificação da sociedade”.

Conforme Peloggia (1998:20), as formações sedimentares tecnogênicas apresentam duas categorias genéricas: as “... formas criadas ou construídas (como aquelas resultantes de terraplanagem) e formas induzidas (como as resultantes da erosão acelerada)”.

Para este trabalho, entende-se que, na compreensão dos processos responsáveis pela construção da paisagem, não se deve abordar somente a caracterização dos depósitos correlativos existentes (depósitos coluviais, eluviais, etc.), mas, também, os relevos onde estão localizados antigos depósitos construídos do tipo depósitos de lixo, de aterros controlados e aterros sanitários.

Portanto, é no relevo, principalmente nas cidades, que os agentes sociais através das suas atividades produtivas, têm causado as maiores agressões. Esta questão será analisada a seguir.

2.3. A Produção das Cidades e o Destino dos Resíduos Sólidos Urbanos

O presente tópico tem por objetivo discutir a produção e a transformação da natureza nas cidades, a partir da apropriação do relevo pelos diversos agentes sociais que interagem dialeticamente no espaço geográfico. Uma das apropriações do relevo é feita através da escolha de áreas para a construção de aterros sanitários, que servirão como locais para a deposição dos resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades. É necessário compreender que o aumento da produção de resíduos sólidos urbanos está intimamente ligado ao desenvolvimento e ao crescimento das cidades, onde o processo de industrialização abarcado pelo modo de produção capitalista se deu com muito mais ênfase.

A produção da cidade perpassa por várias esferas de análise: o político, o econômico, o cultural, o social e o ambiental. Sua base física está estruturada a partir de um relevo, que é apropriado de forma desigual e combinada.

Sobre esse relevo, a sociedade composta pelos agentes sociais que lhe dão dinamicidade, edifica suas realizações materiais (estradas, prédios, canalizações de córregos, etc), que se transformam nas rugosidades temporo-espaciais (Santos, 1996: 203-12); ou seja, a produção do espaço físico das cidades é, ao mesmo tempo, a produção de natureza transformada e modificada pelo jogo de interesses públicos e privados que constroem, destroem e reconstroem novos espaços sociais.

Nas cidades, a apropriação da chamada natureza primária em segunda natureza ou transformada se intensificou a partir do processo de urbanização, precedido de uma intensa industrialização, que culminou na chamada sociedade urbana. Conforme Lefebvre (1999:15), sociedade urbana é “...a sociedade que nasce da industrialização. Essas palavras designam, portanto, a sociedade constituída por esse processo que domina e absorve a produção agrícola”.

Historicamente, as cidades apresentavam outras configurações geoeconômicas e políticas, anteriores as atuais cidades contemporâneas; existiam as chamadas cidades políticas e as medievais (Lefebvre, 1999: 21-8); já a cidade contemporânea sobre a égide do sistema capitalista cria a chamada “*sociedade burocrática de consumo dirigido*” (Lefebvre, 1999:16). Esta é formada por vários agentes sociais, que, dialeticamente, confrontam-se, interagem, dissipam-se e lutam por espaços de poder. Neste processo, apresentam-se:

“...classes ou frações de classes dirigentes, que possuem o capital (os meio de produção) e que geram não apenas o emprego econômico do capital e os investimentos produtivos, como também a sociedade inteira, com o emprego de uma parte das riquezas produzidas na “cultura”, na arte, no conhecimento, na ideologia. Ao lado, ou antes, diante dos grupos sociais dominantes (classes e frações de classes), existe a classe operária: o proletariado, ele mesmo dividido em camadas, em grupos parciais, em tendências diversas, segundo os ramos da indústria, as tradições locais e nacionais”(Lefebvre, 1991: 14).

A luta por espaços de poder está inserida na divisão social e técnica do trabalho manual e intelectual. Na chamada sociedade burocrática de consumo dirigido, que é intermediada pelo capital, o solo urbano passa a ser apropriado de forma desigual, como uma mercadoria que tem valor de uso e de troca.

A produção cada vez maior de mercadorias, a partir da apropriação dos recursos da natureza, tem o objetivo de servir e abastecer os mercados consumidores de produtos e serviços, que se concentram, em sua maioria, nos grandes centros urbanos. Este aumento da produção e consumo da natureza vem suprir as necessidades mercadológicas da também chamada sociedade do descartável (Rodrigues, 1998: 206). Para isso, é preciso que ocorra a produção de excedentes de produtos e mercadorias, ou seja:

“...a produção da vida material não é apenas uma atividade natural, na qual a natureza supre o sujeito, objeto e instrumento de trabalho. Em uma economia de troca, a apropriação da natureza cada vez mais é regulada por firmas e instituições

sociais e, destarte, os seres humanos começam a produzir mais do que o suficiente para sua subsistência” (Smith, 1988: 77).

Para o sistema capitalista, a apropriação da natureza como um recurso é parte substancial da sua própria reprodução e sobrevivência. Nesse sentido, as cidades são o *locus* de ampliação e transformação da natureza a partir do processo de intervenção na sua dinâmica temporal e espacial. Assim, conforme descreve Smith (1988: 87-88):

“...A reprodução da vida material fica totalmente dependente da produção do valor excedente. Para este fim, o capital se volta para a superfície do solo em busca dos recursos materiais; a natureza torna-se um meio universal de produção, de modo que ela não somente provê o sujeito, o objeto e os instrumentos de produção, mas ela é em sua totalidade um acessório para o processo de produção”.

Cabe destacar, complementando o exposto acima, que, o capital não somente se volta para a superfície do solo em busca de recursos materiais, como também para a subsuperfície dos extratos geológicos.

Esta busca incessante de recursos materiais ocasiona uma ampliação na produção de mercadorias, exigindo do mercado a criação de novos produtos que satisfaçam as necessidades da sociedade do descartável. O surgimento de novas demandas faz com que o antigo vire sinônimo de velho e antiquado e, portanto, deve ser descartado. Essa visão levou à criação da dita lógica da modernidade, a qual terminou gerando o problema da ampliação da produção de resíduos líquidos, gasosos e, principalmente, sólidos.

Entretanto, é importante frisar que, como a sociedade capitalista é desigual, formada por diversas classes sociais, a produção de mercadorias visa atender interesses individuais e não coletivos, conforme o exemplo expresso por Rodrigues (1998: 116), em que:

“..., a produção automobilística - carros individuais - impõe “adequação” das estruturas internas das cidades - com amplas avenidas, etc. - , alterando, em geral, o preço da terra e

expulsando para a periferia a população mais pobre, aumentando as dificuldades intra-urbanas de transporte - poluição, congestionamentos e transportes, etc. Sem releitura do território que permita compreender este processo, nossos estudos acabam por seguir a fragmentação do paradigma cartesiano e evolucionista”.

Será nas cidades, que ao se fazer a “*releitura do território*”, que se compreenderá como o problema dos chamados resíduos sólidos urbanos, provenientes do modo desenfreado de produção industrial, gerará inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais.

Neste debate, cabe destacar o papel da imprensa e da comunidade científica, que, em determinados momentos, acabam não enfocando as reais causas geradoras dos resíduos sólidos urbanos. A natureza termina sendo coberta e esquecida na produção do espaço urbano, como se a base física (relevo), onde se constroem as estruturas urbanas, não fosse natureza. Em relação a esse aspecto:

“..., nos últimos anos, o debate científico e a mídia têm fornecido informações sobre estas questões, embora estejam quase sempre relacionadas ao produto final, “ao consumo”, como no caso do lixo domiciliar. E, como já dito, o agente produtor não é analisado. Ou não se compreende o processo ou não há interesse no desvendamento das causas” (Rodrigues,1998: 116).

Observa-se ultimamente, principalmente após a promulgação da resolução CONAMA nº 001 de 1986, que instituiu a obrigatoriedade do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), associado às resoluções ambientais nas esferas estatais, as administrações municipais foram obrigadas a resolver problemas decorrentes do aumento da produção de vários tipos de resíduos.

No dizer de Leão (1997: 213), “*...Resíduo é algo que faz parte de um processo produtivo ou não, e que eventualmente não está sendo aproveitado, mas que apresenta ainda uma utilização em potencial*”. Por outro lado, o autor se refere ao termo lixo como sendo...:

“...algo inservível, que necessitaria apenas ser disposto de uma maneira atóxica e não poluente, que se possível, não seja notado pela atual e futuras gerações. Lixo seria mais rejeito que resíduo, portanto denominaremos lixo como RSU - Resíduos Sólidos Urbanos” (Leão, 1997:213) (sic).

Para Orth (1999: 27), lixo é definido como *“...todo o material sólido proveniente das atividades diárias do homem em sociedade que, por ser considerado sem utilidade ou valor, é descartado”*.

A natureza sempre foi concebida de modo externo ao homem, ou seja, entendida como um recurso inesgotável, que serve apenas como fonte fornecedora de matérias-primas para abastecer as sociedades humanas. Com o aumento da produção, principalmente de resíduos sólidos urbanos, ela passa a ser também um depósito dos dejetos produzidos pelo homem.

A apropriação indevida da natureza, sem se conhecer antes a sua dinâmica de funcionamento, acarreta sérios problemas sócio-ambientais.

Nesse sentido, determinadas áreas periféricas urbanas, tais como fundo de vales, várzeas de corpos d'água, vertentes de relevo dissecadas, terminam servindo de depósitos de lixo. Esses locais, do ponto de vista ambiental, são inadequados. Conforme Orth (1999: 28), segundo dados levantados pelo IBGE, 83% dos resíduos sólidos urbanos das cidades brasileiras são despejados em áreas impróprias, podendo gerar os seguintes problemas:

- *“Deslizamentos dos morros onde são atirados os detritos;*
- *Enchentes causadas pelo assoreamento dos rios e córregos onde os resíduos são lançados;*
- *Proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como insetos e roedores;*
- *Maus odores em virtude da decomposição da matéria orgânica presente no resíduo e;*
- *Poluição do solo, do ar e das águas superficiais e subterrâneas”.*

O solo das cidades, de modo geral, é extremamente impermeabilizado, acarretando, em períodos de intensas chuvas, um escoamento maior e concentrado de águas. Estas fluem para os córregos que, geralmente estão poluídos e assoreados por sedimentos advindos de áreas à montante. Degradadas, estas áreas ocasionam problemas de enchentes.

Outro detalhe a ser referido é a intensa construção e concentração de equipamentos urbanos que, em determinadas épocas do ano, alteram o microclima das áreas centrais das cidades.

Tem-se portanto, a síntese completa da apropriação da natureza, como recurso para a manutenção do sistema capitalista dominante e, particularmente, como áreas para despejo de resíduos.

Para os adeptos da abordagem sistêmica, opção teórica que não é o fundamento desta pesquisa, o homem deve ser entendido “...*como parte integrante e até como centro do sistema ambiental, devendo participar de forma racional de seu equilíbrio e de sua estabilidade*” (Branco, 1989:108).

Para o mesmo autor, as cidades são concebidas como locais de processamento e de consumo e não de produção. Elas passaram a ser o centro de troca, de comércio, de recepção, de transformação e de armazenamento, tornando-se a antinatureza por excelência. Esta visão biológica de se conceber a cidade como antinatureza parte da visão de natureza primária/intocada. Para os geógrafos, a cidade é produto da organização social dos agentes sociais que a compõem. Neste aspecto, a cidade é compreendida como natureza transformada/modificada, e não como oposição a ela.

Ainda conforme Branco (1989:109), as cidades não chegam a se constituir em um ecossistema verdadeiro, pois não são centros de produção ou fixação de energia primária. Ou seja:

“A cidade constitui, ao contrário, o destino final dos produtos de áreas externas, florestais, agropecuárias, marinhas ou de mineração, continuamente exploradas e provedoras de um fluxo contínuo de energia e matéria, de combustíveis, matérias-primas e alimentos”. Estes, uma vez “processados” através da atividade industrial, comercial ou biológica, geram subprodutos

residuais na forma de detritos sólidos, líquidos e gasosos que de certa forma condicionam o meio ambiente urbano conferindo-lhe algumas de suas características e sobrecarregam, em geral, os sistemas finais de decomposição em um processo que se convencionou denominar de poluição”.

Como foi dito anteriormente, várias administrações municipais, através da implementação de políticas públicas associadas à iniciativa privada, vêm enfrentando o problema de qual seja o melhor destino a ser dado para os resíduos sólidos urbanos.

Algumas cidades desenvolvem o tratamento (em aterros sanitários) e a reciclagem (através da coleta seletiva e compostagem do lixo) há algum tempo. Conforme Eigenheer (1998:207) destacamos os casos de Niterói-RJ, desde 1985, que foi a primeira experiência brasileira sistematizada e documentada de coleta seletiva de lixo; além de Curitiba-PR; Santos-SP; Porto Alegre-RS; Belo Horizonte-MG; São Paulo-SP; São Sebastião-SP; Florianópolis-SC; Angra dos Reis-RJ; Brasília-DF; Campinas-SP; Embu-SP; Pitanguinha/Maceió-AL; Ribeirão Preto-SP e de várias outras cidades do interior do Brasil.

A partir de dados levantados pelo PNSB (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico) em 1989, editada pelo IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1991) a respeito das formas de disposição final do lixo nos municípios do Brasil, chegou-se à conclusão de que:

- em 76% dos municípios a disposição é feita sob a forma de lixões a céu aberto;
- em 13%, os resíduos são despejados em Aterros Controlados;
- em 10%, eles são dispostos em Aterros Sanitários; e,
- em 1%, eles passam por processos de tratamento que envolvem a compostagem, a reciclagem e a incineração.

Já em nova pesquisa, realizada pelo PNSB (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico) em 2000, editada pelo IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002), que trata sobre a quantidade diária de lixo coletado, por unidade de destino final, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação,

Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais, ocorreu significativa melhoria na forma de disposição final do lixo coletado, expresso nos seguintes resultados:

- em 21,2 % os resíduos sólidos domésticos são depositados em vazadouros a céu aberto (lixão);
- em 0,10 % são depositados em vazadouros em áreas alagadas;
- em 37 % são destinados em aterros controlados;
- em 36,2 % eles são dispostos em aterros sanitários;
- em 4,4 % passam por estação de compostagem, estação de triagem ou incinerador;
- em 1,24 % são destinados em locais não fixos ou outras.

Considerando-se os avanços tecnológicos e ambientais ocorridos durante a década de 90, o universo de municípios que depositam seus dejetos em áreas de aterros controlado e sanitário aumentou consideravelmente, indo dos anteriores 23 % (1991) para os atuais 73,2 % (2002).

Isto mostra que, existem várias administrações municipais as quais, por motivos variados (políticos, econômicos e de fiscalização), passaram a dar mais importância ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Todavia algumas administrações municipais, insistem em depositar o lixo de forma inadequada no solo, sem se preocupar com os resultados adversos que futuramente surgirão. Assim, o depósito de lixo a céu aberto – o lixão, caracteriza-se pelo simples fato de descarregar os resíduos no solo, sem nenhuma medida de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Isso acarreta vários problemas...:

“...à saúde pública, como a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos), geração de maus odores e, principalmente a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos” (Jardim et al, 1995: 76).

Outras formas de disposição final do lixo no solo são os aterros controlados, que se diferenciam dos lixões por que ao final do dia de trabalho, no

local em que o lixo foi depositado faz-se o cobrimento com material inerte (solo). Este procedimento não contempla um sistema de coleta dos resíduos líquidos (chorume), através de um sistema de impermeabilização dos materiais infiltrantes e, em determinados casos, da construção de tubos canalizadores de gases. Neste caso ocorre a poluição dos cursos d'água próximos à área do aterro, por escoamento subsuperficial do chorume.

O aterro sanitário é considerado por alguns profissionais como sendo o local de decomposição do lixo, o qual não será puramente despejado em um determinado local, mas disposto em terreno previamente escolhido, de forma a não causar danos ao meio ambiente. Geralmente, este processo não leva em consideração o tratamento e a reciclagem dos dejetos sólidos, que apresentam o maior volume dos materiais que compõem a massa de lixo urbano como os vidros, as latas (ferro e alumínio), os plásticos, o concreto, e outros materiais.

Muitas são as definições dadas para o conceito de aterro sanitário. Conforme o projeto de normas 1: 63.01-001. de outubro de 1987, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que trata da Degradação do Solo, aterro sanitário é a ...:

“Forma de disposição final de resíduos urbanos no solo, através do confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais”.

Ainda de acordo com a Norma Brasileira Registrada-NBR 8419, da ABNT (1984), procedimento “Apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos”, aterro sanitário refere-se à:

“Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada

jornada de trabalho, ou a intervalos menores se for necessário”.

Destaca-se, ainda o conceito elaborado por Jardim *et al* (1995: 75), conforme o Manual de Gerenciamento Integrado sobre tratamento de Lixo, segundo o qual:

“Aterro Sanitário é um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar - que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinação segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública”.

Dependendo da escolha do local do terreno, existem basicamente três métodos operacionais: o método de trincheira (utilizado em áreas de topografia plana e suave); o método de rampa (utilizado em áreas de declividades pouco acentuadas, que apresentam disponibilidade de material de cobertura) e o método de área (utilizado em áreas baixas de topografia regular, onde o lençol freático está próximo à superfície) (Figura 8).

Quanto ao tipo de método empregado, os resíduos sólidos são depositados em cavas ou cortes de talude feitos no terreno, cujas alturas podem variar de 2 a 5 metros; posteriormente, eles são compactados por um trator de esteira. Geralmente, ao final do dia, cobrem-se os resíduos compactados com uma camada de solo que, dependendo do teor de argila, pode variar de 30 a 50 cm de espessura.

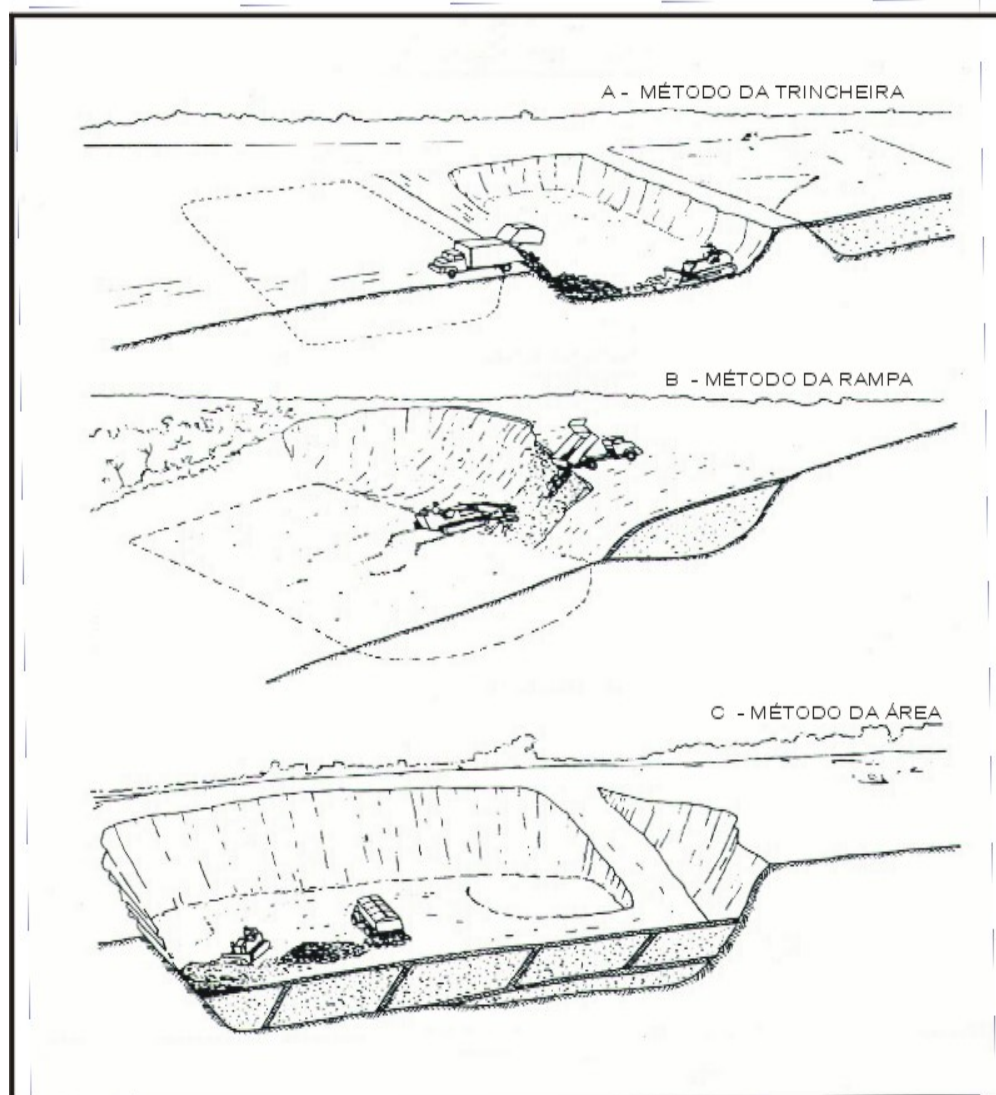


Figura 8 – Métodos operacionais utilizados para a construção de aterro sanitário.
Fonte: Jardim *et al* (1995)

Para que o funcionamento do aterro sanitário ocorra de modo seguro, devem-se seguir criteriosamente as normas técnicas do projeto inicial, para que não haja problemas e situações imprevistas e ou esporádicas (Jardim *et al*,1995: 96) como:

- “escorregamento de massa de lixo;

- *ineficiência da drenagem do percolado, acarretando afloramento de “Chorume” nas bermas e/ou taludes de massa de lixo e infiltrações no lençol freático;*
- *ineficiência dos drenos de água superficiais;*
- *ineficiência da impermeabilidade de fundo provocando infiltração no lençol freático;*
- *erosões de cobertura;*
- *migração de gases e “chorume” para áreas vizinhas;*
- *instabilização de massa ou áreas adjacentes;*
- *ocorrência de trincas e deformações excessivas nas regiões com cobertura definitiva (final)”.*

Assim, o aterro sanitário deve ser composto por um sistema de drenagens de águas superficiais, de subsuperfície, de chorume e de gases. Além destes elementos, ele deve ser cercado para evitar a entrada de catadores de materiais recicláveis (papeis, latas, vidros, plásticos, etc.); deve ter também uma portaria, uma balança para pesagem dos caminhões que transportam os resíduos, um pátio de estocagem de materiais e iluminação para atividades no período noturno.

É importante destacar que o aterro sanitário produz chorume a partir da decomposição da matéria orgânica depositada. Nesse sentido, o chorume apresenta altas concentrações de matéria orgânica, medidas através de indicadores como: DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO - Demanda Química de Oxigênio; COT - Carbono Orgânico Total ; AGV - Ácidos Graxos Voláteis; além de grande quantidade de substâncias inorgânicas - metais pesados.

Portanto, o chorume é definido por Torres *et al* (1997: 55) como sendo:

“...o líquido originado em locais como aterros sanitários ou lixões, resultado da água pluvial que cai sobre essas áreas, da decomposição e da umidade dos resíduos sólidos que drenam e percolam através dos interstícios e camadas de lixo propiciando, dessa forma, uma série de reações e processos físico-químicos e biológicos de degradação “.

A maior ou menor produção de chorume (Torres, 1997: 55-6), depende de uma série de fatores como:

- *“condições meteorológicas do lugar (umidade, precipitação, taxa de evaporação, temperatura e ventos);*
- *a geologia e geomorfologia local;*
- *condições de operação do aterro (conformação e cobertura das células, grau de compactação, tipo de equipamento, recirculação do lixiviado);*
- *natureza dos resíduos sólidos (tipo, umidade, nível de matéria orgânica, características);*
- *topografia (área e perfil do aterro);*
- *quantidade e qualidade de recicláveis e hábitos da população”.*

A partir da discussão sobre a produção da cidade e de sua relação com a produção de resíduos sólidos urbanos, assim como sua destinação final, pode-se entender a natureza como um substrato material para o desenvolvimento social, como um produto social. Como a produção da natureza apropriada é algo social, a produção do espaço compreendido como fruto da organização social perpassa pela instância natureza.

Nesse sentido, o espaço geográfico, pode ser tanto concebido de forma absoluta quanto relativa, é construído concretamente sobre uma base material que, embora sendo entendida como segunda natureza, é algo natural. Será nas cidades que poderemos observar a materialidade da intervenção social que a natureza sofre, tanto no espaço como no tempo.

Em muitos casos, as utilizações dos espaços físicos dentro das cidades são regidas pela lógica do poder do capital, associado ao papel e ao jogo de interesses e de favorecimentos que o Estado desempenha na esfera municipal. A acessibilidade ou inacessibilidade a uma área física dar-se-á ou pela sua valorização territorial, tendo o capital especulativo, financeiro e imobiliário como principais agentes, ou por motivos de pressão social, como nos processos de êxodo rural.

Neste aspecto a produção do espaço passa, obrigatoriamente, também pela compreensão da dinâmica da natureza. Será a nossa concepção de natureza, externa ou interna, que influenciará na forma de compreensão das cidades.

Se as propostas técnicas de melhor adequação, destino e confinamento dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, usinas de reciclagem e de compostagem, incineradores, etc, não forem precedidas de propostas de educação ambiental, que envolvam a participação ativa da sociedade civil organizada, os resíduos sólidos continuarão sendo concebidos e entendidos como lixo, ou seja, produto a ser simplesmente descartável e jogado, em qualquer periferia da área urbana.

No caso das cidades e de sua geração de resíduos sólidos urbanos, é importante que se compreendam as formas de produção e de consumo do espaço urbano. Devem ser enfocados, assim tanto os agentes detentores do poder de decisão e de controle dos meios de produção, bem como o entendimento da dinâmica da natureza nas suas diversas interfaces (geomorfológica, geológica, climática, cobertura vegetal, etc.)

Concluindo, concordamos com Rodrigues (1998: 203), quando esta considera que a problemática ambiental tem o mérito de trazer à tona a importância da análise do espaço geográfico, na medida em que o espaço (natural) ficou obscurecido pelo fator tempo. Faz-se necessário “...compreender o redesenho do Estado para analisar-se a problemática ambiental em toda a sua complexidade e também compreender a dinâmica da natureza e da organização societária. Para isso é fundamental juntar as Geografias Física e Humana e realizar releituras do território”.

2.4. Procedimentos Metodológicos

Para se alcançar os objetivos propostos, a presente pesquisa foi baseada nos seguintes procedimentos:

1. Os dados utilizados para a elaboração da análise dos aspectos históricos e sócio-econômicos, foram obtidos na Companhia Prudentina de Desenvolvimento – PRUDENCO, na Secretaria Municipal do Meio Ambiente e na Secretaria Municipal do Planejamento da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente-SP e nos Inventários Estaduais de Resíduos Sólidos Domiciliares elaborados pela CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1997, 1998, 1999, 2000 e 2001).

O objetivo inicial foi compreender qual é a atual situação em que os municípios do Estado de São Paulo se encontram, em relação ao tratamento e ao destino dado aos resíduos sólidos urbanos produzidos, principalmente o município de Presidente Prudente, para posteriormente, historicizar como ocorreu a escolha da atual área para a construção do aterro sanitário e da Usina de Triagem e Compostagem de lixo, enfocando quais os agentes sociais (prefeitura, COMDEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, empresas, etc.) envolvidos neste processo.

2. A caracterização geomorfológica e geológica, foi elaborada de acordo com os dois primeiros níveis de abordagem proposta por Ab’Saber (1969:1-23): Compartimentação Topográfica e Estrutura Superficial da Paisagem.

O primeiro nível detalhou “...o entendimento da compartimentação da topografia regional, assim como, da caracterização e descrição, tão exatas quanto possíveis, das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados”(Ab’Saber, 1969: 1 e 2).

No segundo nível, a Estrutura Superficial da Paisagem...:

“...procura-se obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens referentes a todos os compartimentos e formas de relevos observados. Através deste estudo e da estrutura superficial, até certo ponto estáticos, obtêm-se idéia da cronogeomorfologia e as primeiras proposições interpretativas sobre a

seqüência dos processos paleo-climáticos e morfoclimáticos da área em estudo”(Ab’Saber,1969: 2).

Os aspectos relacionados à morfoestrutura regional e local, foram baseados e elaborados conforme a metodologia proposta por Jiménez-Rueda *et al.* (1993: 481-91) e Landim *et al.* (1984: 77-89).

O Mapa Morfoestrutural da Folha Presidente Prudente na escala de 1:100.000 e o Mapa dos Traços Morfoestruturais de Parte do Oeste Paulista na escala 1:250.000, foram confeccionados a partir do traçado dos prováveis e possíveis contornos morfoestruturais sobre o sistema de drenagem. Além destes, também foram traçadas as prováveis fraturas geológicas.

A interpretação das morfoestruturas, efetuada segundo os critérios empregados por Landim *et al* (1984: 77-89), obedeceu aos principais parâmetros de padrão de drenagem como: grau de integração; densidade; tropia; grau de controle; sinuosidade; angularidade; ângulo de junção e assimetria, visando determinar padrões “dômicos” e “depressões” que, estruturalmente, expressariam suaves formas de anticlinais e sinclinais, denominadas de antiformes e sinformes respectivamente.

No processo de definição das estruturas, ainda são considerados os arranjos e o grau de estruturação da drenagem, como elementos a definir o fator de confiabilidade das estruturas encontradas. Assim, como sugerem Jiménez-Rueda *et al* (1993: 484-85), classificaram-se as morfoestruturas em: Alto Estrutural e Alto Topográfico (AA); Alto Estrutural e Baixo Topográfico (AB); Baixo Estrutural e Alto Topográfico (BA); e Baixo Estrutural e Baixo Topográfico (BB).

Quanto aos aspectos pedológicos, foi elaborada uma caracterização regional (Oeste Paulista), tomando como referência o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, elaborado pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômica (1960). Importante destacar que, a atualização dos nomes dos respectivos tipos de solos (Latossolos e Argissolos), tanto na escala regional como na local, foi baseado no exposto no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000 elaborado por Oliveira, J.B. *et al* (1999).

Com referência à caracterização dos aspectos Hidrogeológicos regionais, foi elaborada conforme estudo efetuado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (1977), denominado “Estudo de Águas Subterrâneas”.

Após as caracterizações regionais dos aspectos acima descrito, foi elaborado um quadro de influência e relações, apresentando as condições restritivas ou favoráveis na escolha de áreas para a construção de aterro sanitário.

3. A análise morfodinâmica da paisagem do Distrito Industrial do município de Presidente Prudente, foi elaborada a partir do estudo integrado expresso através dos processos endógenos (morfoestruturais e pedológicos) e exógenos (geomorfologia, declividade, hipsometria, área de surgência do lençol freático e uso do solo e cobertura vegetal).

Com referência aos processos endógenos, a análise morfoestrutural foi elaborada conforme a metodologia proposta por Jiménez-Rueda *et al* (1993: 484-85).

Quanto ao aspecto pedológico, foi realizado um levantamento pedológico “*in loco*” na área escolhida para a construção do aterro sanitário, na qual se encontrou um corte que expõe todo o perfil de solo e parte dos sedimentos ocorrentes no local. Neste lugar foi executada uma descrição dos perfis de solo (horizontes) e acamamentos das rochas decompostas ali presentes (estruturais e texturais), sendo tomada uma série de medidas para averiguar a espessura média dos perfis de solos e de rocha existentes. Além disso, foram coletadas e analisadas no Laboratório de Sedimentologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP- Presidente Prudente, cinco amostras de solos duas foram retiradas dos horizontes 1B e 1C do Latossolo Vermelho Escuro e as outras três foram extraídas dos horizontes Bt, 2B e 2C do Argissolo Vermelho Amarelo.

O objetivo principal das análises foi a identificação da composição granulométrica e da porosidade ou porosidade de aeração encontrada nos solos da área escolhida para o aterro sanitário. Para a obtenção da porosidade (VPT) foi necessário calcular as densidades reais (D_r) e aparente (D_a) das amostras. Estas foram elaboradas de acordo com o Manual de Edafologia de Kiehl (1979).

A composição granulométrica ou textural, em que se identificaram os percentuais de areia, silte e argila das amostras, foi obtida através da seguinte seqüência:

1. Dispersão

- Em um erlenmeyer, devidamente identificado são pesados 10g de solo seco, destorrado e peneirado (peneira de 2mm);
- Adicionam-se 10ml de NaOH – 1N e 20ml de água destilada;
- Na mesa vibratória, a agitação acontece em média por 4 horas e 30’.

Esse procedimento desagrega o solo, separando-o em partículas individualizadas.

2. Separação das frações

- Acopla-se uma peneira de malha 0,053mm de diâmetro a um funil e este a uma proveta de 1.000ml;

- O material é colocado na referida peneira e lavado com água destilada. A fração areia fica retida na peneira e o silte e argila são transferidos para a proveta, que terá seu volume acrescido com água destilada até atingir 1.000ml;

- A areia que ficou na peneira é transferida para uma placa de Petri de tara conhecida para secar em estufa a uma temperatura de 105 a 110 °C por 24 horas. Depois de seca, a areia é pesada em balança analítica para que seja determinada a porcentagem;

- As provetas que contêm a argila e o silte, são depositadas em tanque com água para que mantenham uma certa uniformidade térmica. Obtendo-se a temperatura da solução em °C, é determinado o tempo da pipetagem da argila (5ml à 5cm de profundidade), a partir da tabela abaixo:

Tabela 2. Tempo para pipetagem da argila segundo a Lei de STOCKES.

Temperatura (0 °C)	Tempo
15	4h e 19 min
16	4h e 12min
17	4h e 05min
18	3h e 59min
19	3h e 53min
20	3h e 48min
21	3h e 42min
22	3h e 37min
23	3h e 32min
24	3h e 27min
25	3h e 22min
26	3h e 18min

27	3h e 13min
28	3h e 09min
29	3h e 05min
30	3h e 01min

Fonte: Laboratório de Sedimentologia da FCT- UNESP – Presidente Prudente.

- A agitação é feita manualmente com um bastão de fim específico, por 30 segundos, com intervalo de 2min;

- Após o intervalo de repouso referenciado pela tabela, inicia-se a pipetagem da argila (2 em 2’);

- A alíquota de 5ml é colocada em uma cápsula de tara conhecida, permanecendo por 24 horas em estufa a 110 °C. Após a secagem, realiza-se a pesagem em balança analítica e o cálculo da porcentagem.

A densidade real, entendida como a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado pelas suas partículas sólidas, foi obtida através do método do Balão Volumétrico com Álcool Etílico.

Primeiramente, pesam-se 4g de solo seco (TFSA – terra fina seca ao ar), em um balão volumétrico. Acrescentam-se 4,0ml de Álcool Etílico com um micro bureta. Após descansar 24 horas, acrescenta-se Álcool Etílico até completar o volume de 10ml equivalente a 8,30ml.

Através dos dados obtidos, aplica-se a fórmula:

$D_r = \frac{M}{V}$, onde se tem $M = 4,0g$ (terra fina seca ao ar)

$V = 10g$ (volume de Álcool Etílico)

De modo geral, os valores médios de D_r para solos minerais são em torno de 2,65 g/cm³.

A densidade aparente, compreendida como a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 110 °C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros, foi obtida a partir do método do Anel Volumétrico.

Este método fundamenta-se na utilização de um anel de aço, conhecido por anel de Kopeck, de bordas cortantes e capacidade interna conhecida, geralmente de 50cm³. O anel foi preenchido com solo em laboratório. Com uma faca cortante, foi retirado o excesso de solo até se igualar em ambas as bocas do anel.

Depois, transferiu-se o volume da amostra para um recipiente, para que seja secada e, posteriormente, pesada. A densidade aparente foi calculada a partir da fórmula:

$$D_a = \frac{M}{V} \text{ g/cm}^3 \quad M = \text{massa em gramas} \quad \text{e} \quad V = \text{volume de cm}^3$$

De modo geral, os solos minerais apresentam D_a que varia entre 1,1 a 1,6 g/cm³, com uma porosidade de 40 a 60%.

A porosidade ou porosidade total, que compreende o volume ou espaço do solo não ocupado pela matrix (conjunto dos componentes orgânicos e inorgânicos), foi obtida através do método indireto, que utiliza os dados das densidades real e aparente. Assim sendo, a fórmula para o cálculo do volume de poros totais (VPT) do solo é:

$$\text{VPT \%} = \frac{(D_r - D_a)}{D_r} 100$$

O resultado do referido levantamento foi sintetizado por meio de um perfil geológico - pedológico elaborado no programa Corel Draw – versão 4⁴.

Com referência a caracterização dos processos exógenos, foi elaborada a partir da confecção das seguintes cartas temáticas: Geomorfologia, Uso do Solo e Cobertura Vegetal e Áreas de Surgência do Lençol Freático do Distrito Industrial de Presidente Prudente – SP. Estas foram confeccionadas a partir da análise estereoscópica, feita sobre as fotografias aéreas do município de Presidente Prudente. As fotos n^{os} 12 e 13 da faixa 04 foram produzidas pela Base – S. A, na escala 1: 25.000, e foram tiradas em setembro de 1995.

O objetivo principal da elaboração destas cartas foi apresentar os atributos naturais existentes na área, associados à dinâmica de atuação dos agentes sociais.

No caso da Carta Geomorfológica, esta se apresenta como a balizadora para a compreensão das principais feições existentes no relevo. Sobre este relevo passou-se a identificar as formas resultantes do modo de utilização do solo e seus impactos.

⁴ Corel Draw é marca registrada da Corel Corporation.

A carta base (escala 1: 25.000) para a confecção das cartas temáticas foi fornecida pela Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente.

A atualização das feições extraídas das fotografias aéreas foi feita através da imagem do satélite Landsat-7 sensor ETM Plus, nas bandas 3B, 4G, 7R, de 24 de setembro de 1999, sendo complementada com vistorias em campo. A elaboração gráfica das cartas foi feita no programa COREL DRAW.

Quanto as Cartas de Declividades e Hipsometria – escala 1:25. 000 foram elaboradas da seguinte forma:

- Digitalização em tela das curvas de nível, a partir do escaneamento da imagem do Mapa Plano-Altimétrico de Presidente Prudente, fornecido pela Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, na escala 1:25.000, projeção UTM. Nem todas as curvas de nível puderam ser digitalizadas, pois na base fornecida pela prefeitura, no setor SE, na divisa com o município de Regente Feijó, não existiam as curvas de nível. Assim, o programa utilizado para a elaboração das cartas distribuiu o problema de modo gradativo em toda área cartografada, fato este que não gerou distorções ou erros para a área de pesquisa;

- Geração de um arquivo DXF para importação dos dados no aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais), versão 3.3;

- Criação de um banco de dados com as seguintes informações: nome PRUDENTE; projeto Aterro Sanitário; coordenadas UTM da área X1=459960 Y1=7.547.300 X2=464590 Y2=7.550.550; DATUM UTM/Córrego Alegre, Meridiano Central 51^{00'00"};

- Geração do Modelo Numérico do Terreno (MNT) a partir das curvas de nível (isolinhas) e da grade regular e triangular;

A carta hipsométrica foi elaborada com a interpolação para a grade regular, utilizando-se o modelo da média ponderada por cota e por quadrante. Já a carta de declividade foi feita a partir da interpolação para a grade triangular, utilizando-se o modelo Quíntico;

Para ambas as cartas, a sequência de cores utilizadas nas classes de declividade e altitude, foi feita conforme a estabelecida pelo círculo psicrométrico das cores.

Como resultado da análise morfodinâmica, foi elaborada uma Carta Morfodinâmica (escala 1:25.000) associada a um quadro de síntese integrada dos compartimentos de relevo do Distrito Industrial de Presidente Prudente – SP. A carta foi elaborada a partir da sobreposição de informações contidas nas cartas geomorfológica, declividades, áreas de surgência do lençol freático, morfoestruturas e uso do solo e da cobertura vegetal.

As bases da síntese integrada foram os compartimentos de relevo, nos quais, para se estabelecer a morfodinâmica predominante e sua influência na escolha de relevos adequados, inadequados, restritivos, etc, para a construção de aterro sanitário, detalharam-se as seguintes informações: tipologia da formação do relevo, litologia e hidrogeologia, solos, atividade antrópica – uso e ocupação e cobertura vegetal.

Quanto à elaboração das convenções e legendas, estas foram baseadas em quatro trabalhos de cartas e ou mapas ambientais: “Cartas do meio ambiente e sua dinâmica: Mapa da Baixada Santista” (CETESB, 1985: 33); “Qualidade ambiental na Bahia: Recôncavo e regiões limítrofes” (SEPLANTEC, 1987: 48), “Mapa Ambiental de São Francisco de Assis - setor Norte” (Suertegaray e Nunes, 1990) e “Ecodinâmica” (Tricart, 1977: 97).

4. No que se refere à análise dos parâmetros climáticos, estes foram elaborados com base nos dados fornecidos pela Estação Meteorológica da FCT/UNESP – Presidente Prudente – SP, que se encontra localizada entre as coordenadas geográficas de latitude $22^{\circ} 07' S$ e longitude $51^{\circ} 23' W$, situada a 435 metros do nível do mar, a aproximadamente 8 km de distância da área escolhida para a construção do aterro sanitário.

Para o desenvolvimento deste tópico, utilizou-se uma série histórica de 10 anos (1990-1999), em que foram verificadas as características termopluviométricas, umidade relativa do ar, balanço hídrico e regime dos ventos.

As características térmicas foram analisadas conforme o comportamento das temperaturas médias, mínimas e máximas anuais e mensais. Já as características pluviométricas foram analisadas conforme os dados de precipitações mensais, precipitações máximas em 24 horas e o número de dias com chuvas.

Quanto ao balanço hídrico foi elaborado conforme a metodologia desenvolvida por Thornthwaite & Mather (1955), para a obtenção dos dados de deficiência e de excedente hídrico em subsolo;

Com referência ao regime dos ventos foi analisado de acordo com os dados de frequência e duração dos ventos, associados às velocidades máximas anuais e mensais.

Como complemento da caracterização termopluviométrica foi feita uma análise da variabilidade da umidade relativa do ar.

Para a elaboração dos cálculos das médias de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, balanço hídrico e direção e frequência dos ventos, além das representações gráficas, foi utilizado o programa Excel.⁵ A sequência de cores utilizadas nos gráficos de variabilidade, foi feita conforme a estabelecida no círculo psicrométrico das cores;

A análise integrada da atuação dos aspectos climáticos e sua relação com a produção de chorume e odor, tomando-se como base o ano de 1999, para os meses de janeiro (período chuvoso) e o de julho (período de menor pluviosidade), foi elaborada a partir da inter-relação entre os fatores insolação, umidade do ar, pluviosidade, evaporação, temperatura do ar e nebulosidade, os dados de temperatura do solo (2, 30 e 40 cm) e do balanço hídrico (profundidade de 50 cm), associados à atuação dos sistemas atmosféricos.

A partir da análise integrada dos elementos considerados acima elaborou-se uma matriz de pontuação, inter-relacionando-se os aspectos climáticos e a influência destes no solo, identificando-se prováveis índices de produção de chorume e de odor. Os índices foram obtidos de acordo com a soma dos valores positivos atribuídos a cada aspecto climático, ou seja, os resultados acima da média mensal recebiam valor positivo e os abaixo da média mensal, valor negativo. Assim,

chegou-se à seguinte classificação: 1 e 2= baixa produção; 3 e 4= média baixa; 5 e 6= média alta e 6 e 8= alta.

Em síntese, esta pesquisa esta subdividida em 4 capítulos:

- O primeiro refere-se aos fatos políticos, econômicos e técnicos que levaram a escolha da atual área para a construção do Aterro Sanitário do município de Presidente Prudente e da Usina de Triagem e Compostagem de lixo, localizada no bairro do Limoeiro anexa a Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo);

- O segundo, aborda as características geomorfológicas, geológicas, morfoestruturais, hidrogeológica e pedológicas da paisagem do Oeste Paulista;

- O terceiro, a partir da análise morfodinâmica integrada dos aspectos endógenos e exógenos, atuantes na paisagem do Distrito Industrial de Presidente Prudente, onde encontra-se localizada à área escolhida pela administração pública gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário municipal; foi estabelecido critérios e procedimentos técnicos para escolha de áreas para aterro sanitário;

- E o quarto capítulo, refere-se aos fatores climáticos que influenciam na escolha de áreas para aterro sanitário, bem como na gestão qualitativa da produção de chorume e odor produzido em um aterro sanitário.

⁵ Excel é marca registrada da Microsoft Corporation.

3 O PROCESSO DE ESCOLHA DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP

No capítulo anterior foi feito um resgate bibliográfico, enfocando-se as escolas e as linhas de pensamento dominante na geomorfologia, mostrando-se a importância dos estudos geomorfológicos atuais, principalmente aqueles originários da Escola Alemã, na análise integrada dos problemas ambientais. Além disso, discutiu-se o conceito de paisagem, a partir da ótica da apropriação desigual e combinada do relevo e sua relação com os Depósitos Tecnogênicos (resíduos sólidos urbanos), objetivando-se compreender como ocorre na paisagem a produção das cidades, bem como qual é o destino dado aos resíduos sólidos urbanos.

Neste capítulo será analisada primeiramente, qual é a situação regional dos municípios paulistas quanto ao tratamento dado aos resíduos sólidos urbanos e como o município de Presidente Prudente se encontra neste contexto. Posteriormente, analisar-se-á qual será a participação do poder público municipal e dos agentes sociais atuantes, a partir dos aspectos sócio-econômicos e políticos, na escolha da atual área onde serão construídos a Usina de Triagem e Compostagem de lixo e, possivelmente, o Aterro Sanitário de Presidente Prudente.

3.1. A situação dos municípios do Estado de São Paulo em relação ao tratamento dado aos resíduos sólidos urbanos.

Conforme dados fornecidos pela CETESB (1997), sobre a destinação final dos resíduos sólidos no Estado de São Paulo e a sua geração, pode-se observar, nas Tabelas 3 e 4, que a quantidade de aterros sanitários existentes é bem menor que as áreas de lixões, bem como a produção de lixo dos onze maiores municípios é maior que a soma de todos os outros juntos.

Tabela 3. Destinação final dos resíduos sólidos no Estado de São Paulo.

TRATA MENTO/DESTINO FINAL	INSTALAÇÕES EXISTENTES (nº)	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)	QUANTIDADE LIXO (t/d)	DE
ATERROS SANITÁRIOS	100	16.284.940		10.189,15
ATERROS CONTROLADOS	12	1.150.377		617,51
ATERROS EM VALAS	31	243.401		97,36
USINAS DE COMPOSTAGEM	23	4.924.095		3.193,41
LIXÕES	494	9.232.086		4.134,29
SOMATÓRIA	660	31.834.899		18.231,72

Fonte: CETESB (1997).

Tabela 4. Geração de lixo no Estado de São Paulo.

GERAÇÃO DE LIXO (t/dia)	QUANTIDADE MUNICÍPIOS	DE POPULAÇÃO (habitantes)	LIXO (t/dia) (%)
<10	483	3.528.600	1.411,44 7,7
10 a 25	78	3.048.295	1.219,32 6,7
25 a 50	34	2.769.828	1.176,24 6,5
50 a 100	26	3.789.231	1.894,62 10,4
100 a 200	13	3.493.137	2.095,88 11,5
>200	11	15.205.808	10.434,22 57,2
SOMATÓRIA	645	31.834.899	18.231,72 100,0

Fonte: CETESB (1997).

A quantidade média de lixo produzida diariamente por habitante varia segundo diversos fatores: o nível sócio-econômico, o tamanho da população, os aspectos relacionados à coleta, etc. Em pesagem do lixo, realizada em inúmeros municípios de São Paulo, chegou-se aos seguintes valores (Tabela 5):

Tabela 5. Valores de Coeficiente Per Capita de Produção de Resíduos Sólidos Domiciliares em Função da População Urbana

POPULAÇÃO (mil hab.)	PRODUÇÃO DE LIXO (kg/hab. dia).
Até 100	0,4
100 a 200	0,5
200 a 500	0,6
Maior que 500	0,7

Fonte: CETESB (1997).

Em outra pesquisa efetuada pela CETESB – jan/1999, cujo documento foi denominado “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares”, das 620 instalações (aterros ou lixões e usinas de compostagem) observadas, 12 são usinas de compostagem, e 608 são aterros ou lixões.

Na mesma pesquisa, constatou-se que a destinação dada aos resíduos sólidos domiciliares em relação ao número de municípios apresenta: 56,4% como inadequadas, 18,2% como adequadas e 25,4% como controladas.

Em relatório-síntese veiculado pela CETESB, também denominado “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares” – jan/2001 – volume I, que engloba todos os dados levantados de 1997 a dezembro de 2000, os técnicos dos Escritórios Regionais espalhados pelo interior do Estado de São Paulo, em vistoria feita a todas as instalações (aterros e usinas de compostagem), aplicaram a elas um formulário padronizado composto por 41 itens. Foram analisadas as condições locais, estruturais e operacionais, reunindo informações para comporem o IQR – Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos e o IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem.

Conforme pode-se observar na Tabela 6, o índice de avaliação das instalações varia de 0 a 10.

Tabela 6. Enquadramento das Instalações de Destinação Final de Lixo em Função dos Valores de IQR e IQC

IQR/IQC	ENQUADRAMENTO
$0,0 \leq \text{IQR} \leq 6,0$	Condições Inadequadas
$6,0 < \text{IQR} \leq 8,0$	Condições controladas
$8,0 < \text{IQR} \leq 10,0$	Condições Adequadas

Fonte: CETESB (2001).

Do levantamento feito nos 645 municípios do Estado de São Paulo, com exceção do município de Águas de Lindóia⁶ que deposita seus resíduos fora do Estado de São Paulo, chegaram à seguinte conclusão, expressa nas Tabelas 7 e 8:

Tabela 7. Situação Geral do Estado de São Paulo, quanto ao número de municípios, no que se refere ao enquadramento dos municípios quanto ao IQR – Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos – dez/2000.

NOTA	SITUAÇÃO EM 1997		SITUAÇÃO EM 1998		SITUAÇÃO EM 1999		SITUAÇÃO EM 2000	
	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO
0,0≤IQR≤6,0 Inadequado	502	77,8	363	56,5	324	50,4	301	46,7
6,0<IQR≤8,0 Controlado	116	18,0	163	25,3	136	21,1	146	22,7
8,0<IQR≤10,0 Adequado	27	4,2	117	18,2	183	28,5	197	30,6
TOTAL	645	100,0	643	100,0	643	100,0	644	100,0

Fonte: CETESB (2001).

Tabela 8. Situação Geral do Estado de São Paulo, quanto às quantidades de resíduos gerados, no que se refere ao enquadramento dos municípios quanto ao IQR– dez/2000.

NOTA	SITUAÇÃO EM 1997		SITUAÇÃO EM 1998		SITUAÇÃO EM 1999		SITUAÇÃO EM 2000	
	QUANTID. DE LIXO (t/dia)	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	QUANTID. DE LIXO (t/dia)	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	QUANTID. DE LIXO (t/dia)	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	QUANTID. DE LIXO (t/dia)	% EM RELAÇÃO AO ESTADO
0,0≤IQR≤6,0 Inadequado	5598	30,7	4262	23,4	4144	22,7	4485	22,6
6,0<IQR≤8,0 Controlado	10647	58,4	4818	26,4	3267	17,9	4376	22,0
8,0<IQR≤10,0 Adequado	1987	10,9	9144	50,2	10813	59,3	10992	55,4
TOTAL	18232	100,0	18224	100,0	18224	100,0	19852	100,0

Fonte: CETESB (2001)

⁶ Até o ano de 1999, os resíduos sólidos domiciliares produzidos no município de Bananal também eram depositados fora do Estado de São Paulo.

Estes dados ficam mais claros (Figuras 9 e 10), quando se analisa a sua evolução temporal, num período de quatro anos, em que, nitidamente, ocorreram avanços nos municípios que apresentavam uma situação de inadequado, passando a ter uma condição de adequado ou controlado.

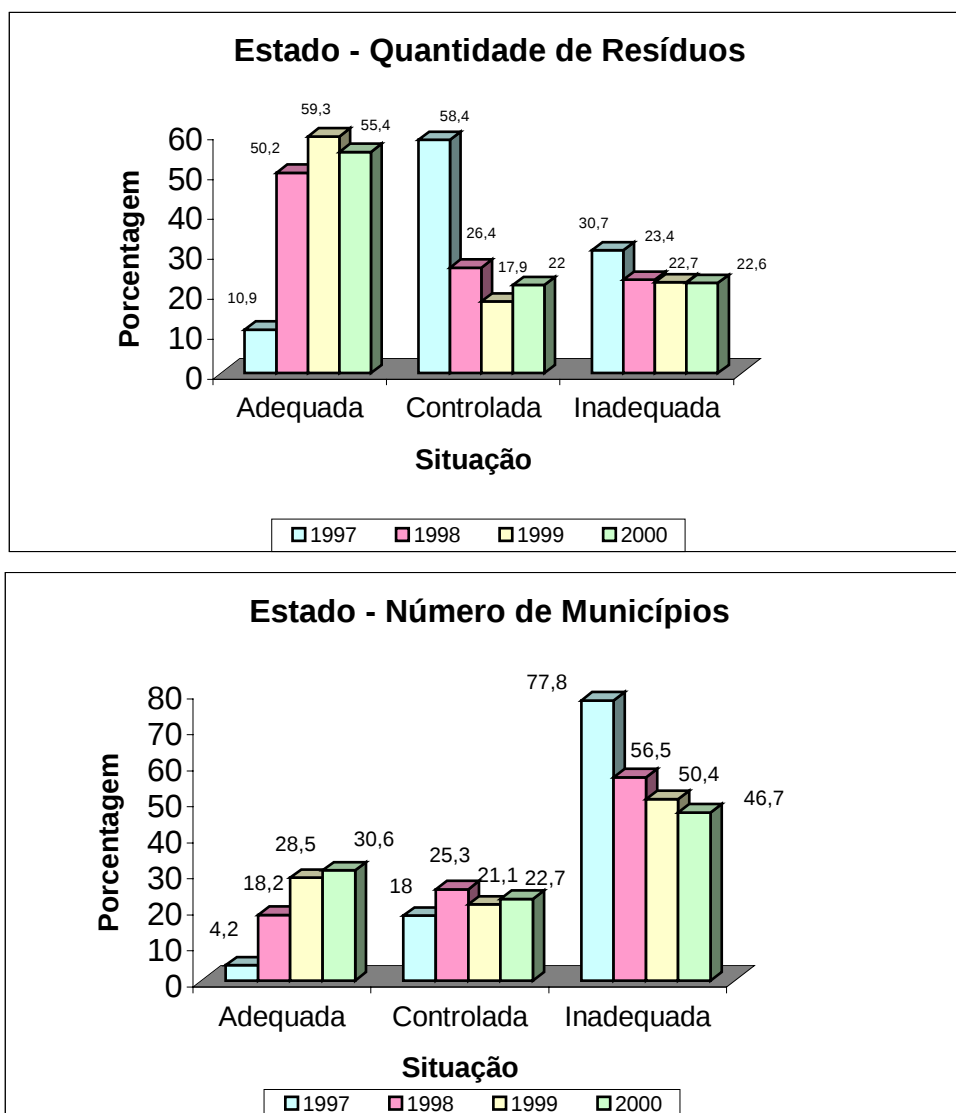


Figura 9 e 10. Situação Geral do Estado de São Paulo, quanto à quantidade de lixo gerado e ao número de municípios.

Fonte: CETESB (2001).

Assim, a forma encontrada pela CETESB para que os municípios que ainda se encontram em situação irregular (inadequado) em relação à melhor

destinação final dada aos resíduos sólidos, a fim de que se adequem às normas ambientais previstas em 1997 no Programa Estadual de Resíduos Sólidos (controlado ou adequado), foi a proposta de assinatura do Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta – TAC.

Conforme expresso no relatório síntese da CETESB (2000, p.6), os TAC são:

“... títulos executivos extrajudiciais que são estabelecidos em comum acordo com as administrações municipais, definindo prazos e atividades a serem realizadas por cada município, para a regularização ambiental das instalações de destinação de lixo em operação”.

De forma resumida, os TACs propõem, às administrações municipais procedimentos para as usinas de compostagem, aterros e lixões, visando sua regularização ou encerramento, com a implantação de uma nova solução de caráter definitivo. Em todos os casos, as ações propostas devem possibilitar a adequação técnica e ambiental das instalações, seguidas do seu conseqüente licenciamento ambiental “.

Do total de 645 municípios existentes no Estado de São Paulo, até o dia 31/12/2000, 433 municípios haviam assinado o TAC, representando uma porcentagem de aproximadamente 67,1 %, conforme pode-se observar na Tabela 9.

Tabela 9. Número de Municípios do Estado de São Paulo que assinaram TAC com Respectivas Populações Urbanas Beneficiadas e Quantidades de Resíduos Sólidos Domiciliares Gerados

TAC ASSINADO	SITUAÇÃO EM 1998		SITUAÇÃO EM 1999		SITUAÇÃO EM 2000	
	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	% EM RELAÇÃO AO ESTADO
SIM	348	54,0	422	65,4	433	67,1
NÃO	297	46,0	223	34,6	212	32,9
TOTAL	645	100,0	645	100,0	645	100,0

Fonte: CETESB (2001).

Obs: Em 1997, não havia TACs assinados.

Para um maior reconhecimento dos avanços obtidos através da utilização dos índices IQR e IQC, associados à assinatura do TAC pelos respectivos

municípios, foi elaborada pelos técnicos da CETESB, uma tabela demonstrativa por ordem alfabética de todos os municípios do Estado de São Paulo, apresentando a atual situação ambiental em que o Estado se encontra. Nesta tabela entrou, a partir de 1999, um novo elemento que é o número de catadores que vivem da coleta de materiais recicláveis em lixões.

Como fonte fundamental de dados para esta pesquisa, utilizou-se, da tabela demonstrativa do Estado de São Paulo, somente o dado referente aos municípios pertencentes à 22 - Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI-22 Pontal do Paranapanema), no qual esta incluído o município de Presidente Prudente-SP.

No próximo tópico será analisada a atual situação de Presidente Prudente em relação aos demais municípios que congregam a UGRHU-22 Pontal do Paranapanema.

3.2. A situação do município de Presidente Prudente no Oeste Paulista

Neste intervalo de quatro anos (1997, 1998, 1999 e 2000), analisando-se os dados contidos na Tabela 10, as quais faz em parte do Relatório Síntese da CETESB (2001), observa-se que, 21 municípios fazem parte da UGRHI-22 Pontal do Paranapanema, em que abrange uma área total de 11.838 km², com uma população de 388.785 habitantes, que geram 174,0 toneladas de lixo por dia. O município de Presidente Prudente, comparado aos municípios do Pontal do Paranapanema, pouco avançou no tratamento e na solução dados ao problema dos resíduos sólidos urbanos.

Neste aspecto, devem ser destacados os seguintes pontos:

a) O município que apresentou o menor índice de IQR, ou seja as piores condições de aterro foi Euclides da Cunha com 1,9 (1997), 3,5 (1998), 4,2 (1999) e 1,5 (2000). Em seguida comparece Pirapozinho, com 3,3 (1997), 2,8 (1998), 3,7 (1999) e 1,6 (2000);

b) **Presidente Prudente** ficou com o 4º pior índice, com 2,0 (1998), 2,3 (1998), 2,9 (1999) e 2,8 (2000), muito abaixo de vários municípios com produção econômica e renda per capita inferiores;

c) O melhor desempenho foi de Rosana, com IQR de 4,3 (1997), 7,8 (1998), 6,3 (1999) e 9,7 (2000). Depois, apareceu Sandovalina, com 2,7 (1997), 3,4 (1998), 9,3 (1999) e 9,5 (2000). E, logo após, Presidente Bernardes, com 5,3 (1997), 5,3 (1998), 3,1 (1999) e 8,9 (2000). Esse município foi o único que apresentou IQC (7,2);

d) A maior população urbana é de **Presidente Prudente** 185.150 habitantes, produzindo 92,6 toneladas de lixo por dia;

e) A menor população urbana é de Nantes, com 1.660 habitantes, produzindo 0,7 ton./dia de lixo. Este, foi o único município que apresentou IQR (10), obtido em 1998;

f) 20 municípios assinaram o TAC, sendo que, de 1997 a 2000, em 7 não ocorreram mudanças positivas no IQR. São eles: Euclides da Cunha, Pirapozinho, Estrela do Norte, Presidente Prudente, Iepê, Teodoro Sampaio e Nantes;

g) Somente o município de Taciba, que não assinou o TAC, apresentou IQC nos anos de 1997 (6,4) e 1998 (6,3);

h) **Presidente Prudente** foi o município que apresentou o maior número de catadores (150 pessoas), que vivem da coleta de resíduos recicláveis do lixo (Foto 1). Destes, 42 são crianças ou adolescentes na faixa de ≤ 14 anos;

i) Outros municípios também apresentaram um número significativo de catadores. É o caso de Santo Anastácio, de Anhumas e de Narandiba, ;

j) Dos 21 municípios, 18 têm licença de Instalação – L.I, e apenas 7 têm licença de funcionamento – L.F, para a operacionalização de obras de engenharia do tipo aterro controlado, aterro sanitário, usina de reciclagem e compostagem, etc;

k) O único município que apresenta L.I e L.F sem ter assinado o TAC, é Taciba.

Tabela 10. Quadro geral dos municípios que englobam a 22 - UGRHI Pontal do Paranapanema, apresentando a atual situação ambiental relativo a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

MUNICÍPIO	AGÊNCIA CETESB	UGRHI	POP.URB. (hab.)	LIXO (t/dia)	INVENTÁRIO								Obs.	TAC	Nº CATADORES		ÁREA OCUPADA (m²)	L.I	L.F
					1997		1998		1999		2000				TOTAL	<=14a			
					IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC							
Euclides da Cunha	CPn-PP	22	6.431	2,6	1,9		3,5		4,2		1,5			SIM	1	0	10.000,0		
Pirapozinho	CPn-PP	22	20.712	8,3	3,3		2,8		3,7		1,6			SIM	0	0	15.000,0	S	
Estrela do Norte	CPn-PP	22	1.787	0,7	2,6		2,4		2,9		2,4			SIM	1	0	1.500,0	S	
Pres. Prudente	CPn-PP	22	185.150	92,6	2,0		2,3		2,9		2,8			SIM	150	42	24.200,0		
Pres. Venceslau	CPn-PP	22	34.566	13,8	2,4		2,7		3,3		3,8			SIM	5	0	20.000,0		
Iepê	CPn-PP	22	5.959	2,4	3,9		8,4		9,0		4,8			SIM	0	0	30.000,0	S	
Teodoro Sampaio	CPn-PP	22	15.920	6,4	6,4		3,7		5,2		4,8			SIM	1	0	24.200,0	S	
Taciba	CPn-PP	22	4.241	1,7	6,5	6,4	7,4	6,3	6,8		5,5				0	0	10.000,0	S	S
Nantes	CPn-PP	22	1.660	0,7	1,3		10		9,5		6,9			SIM	0	0	24.200,0	S	S
Tarabai	CPn-PP	22	5.229	2,1	2,7		2,3		4,0		6,9			SIM	0	0	20.000,0	S	
Caiuá	CPn-PP	22	1.769	0,7	3,1		3,3		4,1		7,2			SIM	1	0	5.000,0	S	S
Santo Anastácio	CPn-PP	22	19.040	7,6	1,6		1,8		2,2		7,4			SIM	20	8	48.400,0	S	
Anhumas	CPn-PP	22	2.501	1,0	2,4		2,4		2,6		7,6			SIM	10	0	1.000,0	S	
Mirante do Paranapanema	CPn-PP	22	9.832	3,9	5,3		3,7		4,1		7,6			SIM	2	0	2.000,0	S	
Regente Feijó	CPn-PP	22	15.228	6,1	3,2		6,2		4,1		8,1			SIM	2	0	5.000,0	S	
Narandiba	CPn-PP	22	2.281	0,9	3,5		3,4		5,0		8,4			SIM	10	0	2.000,0	S	S
Marabá Paulista	CPn-PP	22	2.048	0,8	3,0		2,5		7,7		8,5			SIM	0	0	24.000,0	S	
Pres. Epitácio	CPn-PP	22	36.331	14,5	1,8		1,8		9,7		8,6			SIM	0	0	53.025,0	S	S
Pres. Bernardes	CPn-PP	22	10.152	4,1	5,3		5,3		3,1		8,9	7,2		SIM	0	0	24.200,0	S	S
Sandovalina	CPn-PP	22	1.751	0,7	2,7		3,4		9,3		9,5			SIM	2	0	24.200,0	S	S
Rosana	CPn-PP	22	6.197	2,5	4,3		7,8		6,3		9,7			SIM	0	0	43.500,0	S	
TOTAIS			388.785,0	174,0										20	205,0	50,0	411.425,5	18	7
IQR (Médias Anuais					3,2		4,1		5,2		6,3								
COEFICIENTE PER CAPITA MÉDIO (kg/hab.dia) =				0,45															

Fonte: CETESB (2001).



Foto 1. Local do Distrito Industrial, onde são depositados os resíduos sólidos domésticos de Presidente Prudente. No centro, nota-se a existência de grande quantidade de barracas de catadores/garimpeiros de resíduos sólidos urbanos (papéis, plásticos, latas de alumínio, etc.). A direita, observa-se a fumaça escura que o incinerador de resíduos hospitalares lança na atmosfera. Nunes e Boin (2001)

Como resultado concreto da melhora geral dos índices obtidos pelos municípios que compõem a UGRHI – 22 Pontal do Paranapanema, principalmente a partir da assinatura do TAC entre as prefeituras, a CETESB e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, as Figuras 11 e 12 mostram, de 1997 a 2000, como se encontra a situação dos municípios, bem como a quantidade de resíduos gerados, conforme os critérios de adequado, controlado e inadequado.

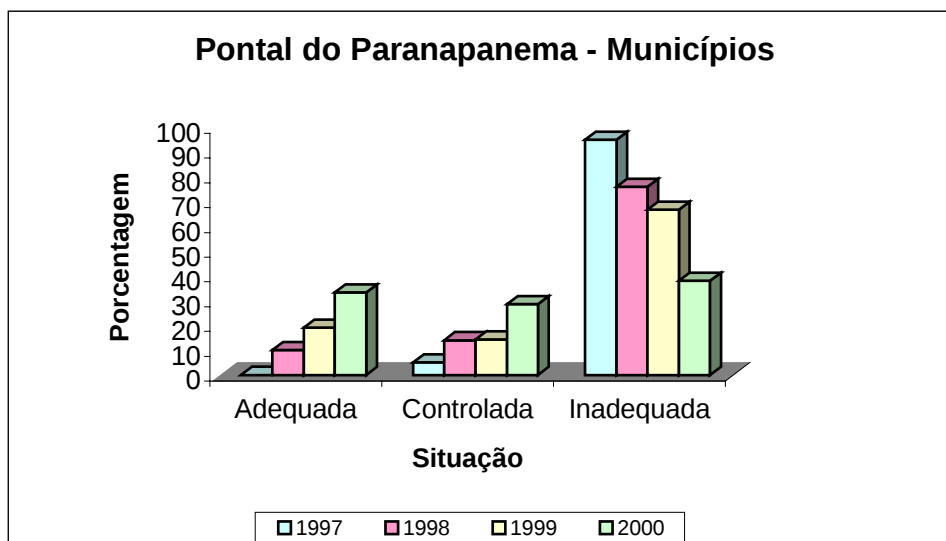


Figura 11. Situação dos municípios quanto aos critérios de adequado, controlado e inadequado. Fonte CETESB (2001).

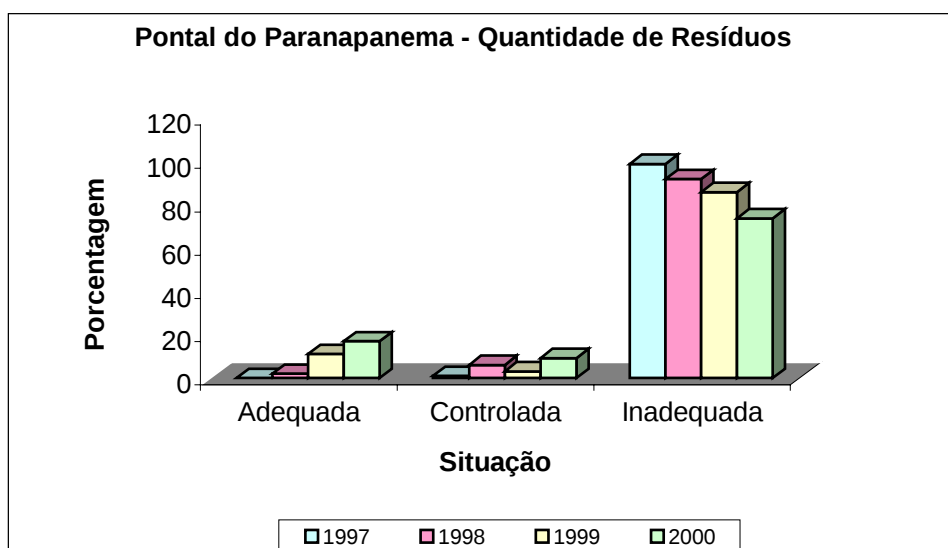


Figura 12. Situação dos municípios quanto à destinação final dos resíduos gerados.

Fonte: CETESB (2001).

Partindo-se da análise dos índices obtidos para o ano de 2000, dos 21 municípios constatou-se que 8 deles ainda se encontram na situação de inadequados: Euclides da Cunha, Pirapozinho, Estrela do Norte, **Presidente Prudente**, Presidente Venceslau, Iepê, Teodoro Sampaio e Taciba.

Na situação de controlada, apresentam-se 6 municípios: Nantes, Tarabai, Caiuá, Santo Anastácio, Anhumas e Mirante do Paranapanema. E, na situação de adequado, ocorreu um aumento, passando a ter 7 municípios: Regente Feijó, Narandiba, Marabá Paulista, Presidente Epitácio, Presidente Bernardes, Sandovalina e Rosana.

No próximo tópico será analisado como os resíduos sólidos urbanos, produzidos no município de Presidente Prudente, vêm sendo tratados historicamente, pelo poder público municipal.

3.3. O município de Presidente Prudente e a relação com os resíduos sólidos urbanos

De acordo com os dados do censo do IBGE (2000), o município de Presidente Prudente abrange uma área de 562 Km², possuindo uma população total de aproximadamente 189.186 habitantes. Destes 185.229 são do meio urbano e 3.957 do meio rural, apresentando uma densidade demográfica de 336,63 hab/km².

Economicamente, ele é considerado a cidade mais próspera da 10^a Região Administrativa, a qual também congrega os municípios do Pontal do Paranapanema; seus setores produtivos mais desenvolvidos são a agropecuária, o comércio e serviços.

Mesmo com toda a importância geoeconômica do município de Presidente Prudente para a região do Pontal do Paranapanema, as sucessivas administrações públicas municipais não conseguiram, até o presente momento, resolver os sérios problemas decorrentes da produção e da destinação dada aos resíduos sólidos urbanos, em especial o doméstico.

A maioria das administrações preferiu ignorar a problemática situação dos lixões a céu aberto. Ou seja, os resíduos domésticos, urbanos (entulhos de construção e de varrição de ruas e avenidas) e hospitalares, sempre foram jogados em locais periféricos da cidade como fundos de vales, de várzeas, encostas de colinas, ou pontos de erosão (ravinas e voçorocas).

Desde a criação do município de Presidente Prudente até os dias atuais, conforme levantamento feito por Mazzini (1997: 25), existem pelo menos 23 antigas áreas (bairros, vilas, etc.) de despejo de lixo a céu aberto, ou comumente chamado de lixão.

A atual área que se localiza próximo ao Distrito Industrial é classificada como aterro controlado, pois ocorre o recobrimento diário das camadas de lixo.

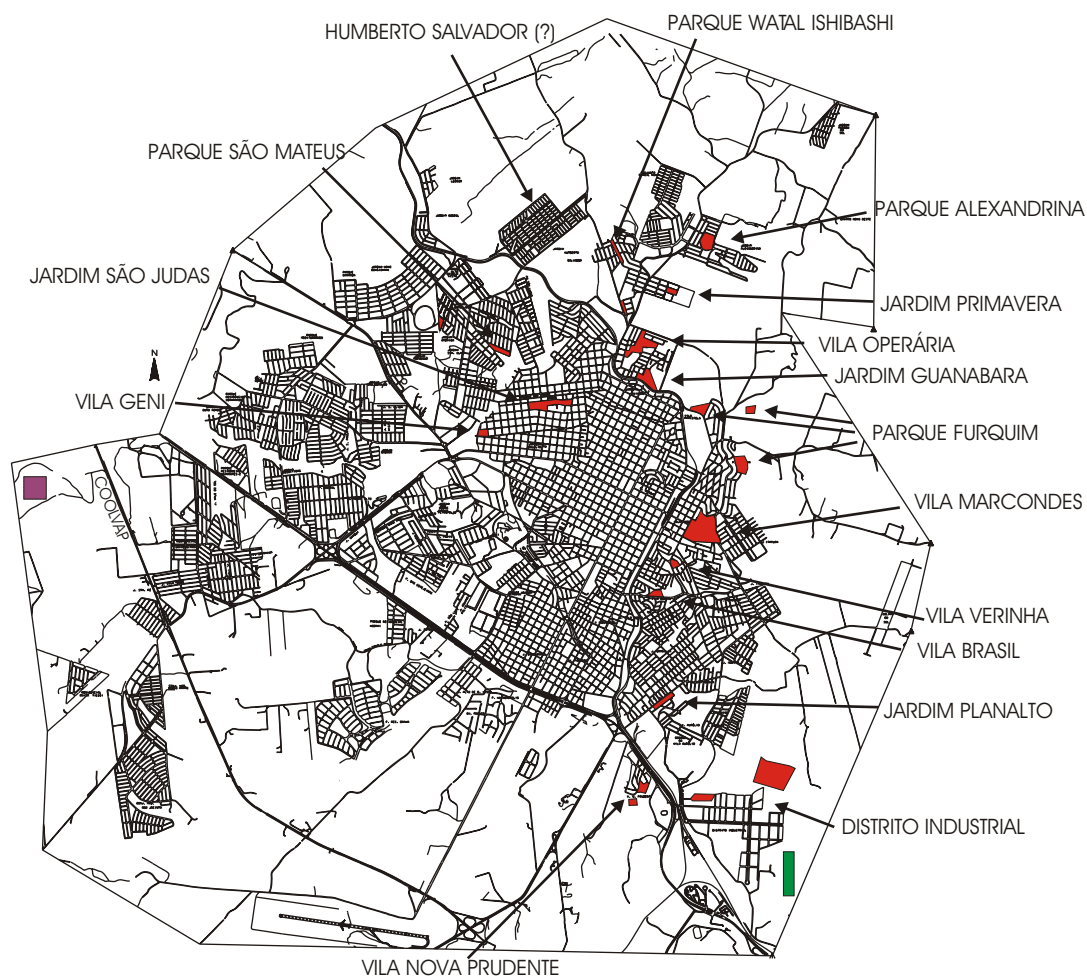
Alguns bairros e vilas, apresenta entre duas a quatro antigas áreas de despejo de lixo. É o caso do Parque Furquim com quatro áreas. A maioria das áreas pesquisada pela autora, encontram-se localizadas em fundos de vales e outras em antigos pontos de erosão (voçorocas) (Figura 13).

Além da localização dos antigos lixões, Mazzini (1997: 35-61) preocupou-se em historicizar cronologicamente (Figura 14), as áreas de despejo dos dejetos urbanos. Para isto, contou com a contribuição do catador de “resíduos sólidos urbanos” José Elias de Souza.

Atualmente, estes pontos de lixão encontram-se todos desativados, cobertos com uma camada de solo, evitando-se assim que os resíduos (plásticos, latas e vidros), fiquem expostos à população que habita as áreas próximas.

Algumas áreas encontram-se em total abandono por parte das autoridades municipais. Em alguns casos, transformaram-se em campinhos de futebol ou em praças públicas mal equipadas e planejadas.

A autora também constatou, na sua pesquisa, que, em alguns locais, os moradores ainda continuam jogando o lixo, seja por comodidade ou por estarem acostumados a esta prática.



LEGENDA

- ÁREA ESCOLHIDA PELA GESTÃO 1997-2000
PARA CONSTRUÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO
- ÁREA ESCOLHIDA PELA GESTÃO 2001-2004,
ONDE SERÁ CONSTRUÍDA A USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM
E O ATERRO SANITÁRIO DE PRESIDENTE PRUDENTE
- ANTIGAS ÁREAS DE DEPÓSITO DE LIXO

0 km 1,5 km 3,0 km 4,5 km

Figura 13 - Demarcação das áreas de deposição de lixo em Presidente Prudente (Mazzini, 1997), Nunes e Sant'Anna Neto (2001).

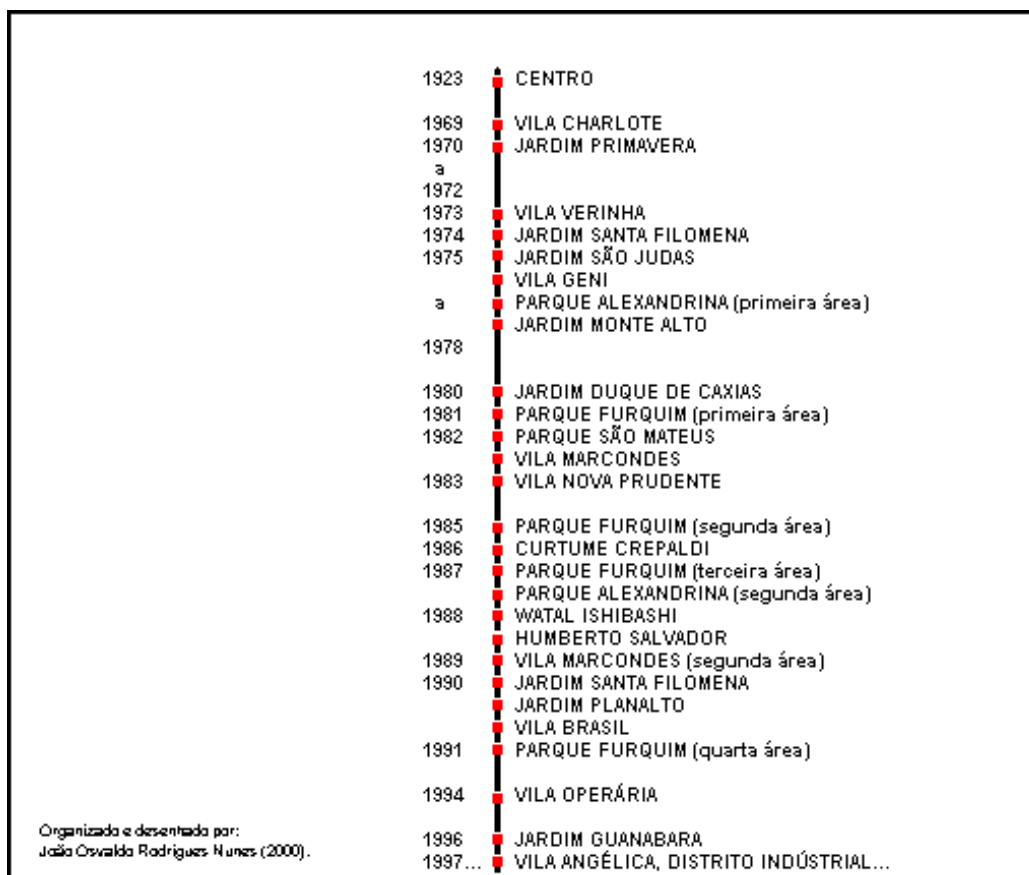


Figura 14. Linha cronológica das áreas de deposição de lixo em Presidente Prudente (Mazzini, 1997:61).

Com referência à coleta do lixo, a PRUDENCO é a responsável pela coleta e destino final dado aos resíduos sólidos urbanos. Ela apresenta os seguintes dados de produção diária média de lixo em Presidente Prudente (Tabela 11).

Tabela 11. Quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados em Presidente Prudente-SP

TIPO DE LIXO	PRODUÇÃO MÉDIA DIÁRIA (kg/dia)
Domiciliar/Comercial/Especial	90.000
Particulares	30.000
Hospitais	700
Varrição/Capina	18.000
Total	138.700

Fonte: PRUDENCO (1999). Retirado do Relatório Ambiental Preliminar (setembro de 1999).

Do volume de lixo doméstico produzido, aproximadamente 98% é coletado em área urbana e 100% nos Distritos Rurais (Ameliópolis, Eneida, Floresta do Sul e Montalvão).

Como já foi comentado, atualmente os resíduos sólidos domésticos são despejados em área anexa ao antigo lixão, localizado próximo às intermediações do Distrito Industrial. Os resíduos hospitalares são queimados no incinerador, que fica próximo da atual área onde se depositam os resíduos sólidos domiciliares.

No caso dos resíduos de entulho, a maioria é despejada em três áreas especificadas/regularizadas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, os chamados bolsões de entulho, que são:

I – antigo lixão do Distrito Industrial, que permite receber acima de 1m^3 , material como entulho, galhos, móveis, ferro velho etc.;

II – próximo ao SESI, no prolongamento do bairro Sete Copas, podendo receber até 1m^3 de entulho;

III – e nas proximidades do estádio de futebol PRUDENTÃO, onde somente pode ser despejado entulho.

Todavia, em levantamento feito pelos funcionários da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, foi contatada a formação de 32 pontos clandestinos de entulho, espalhados pelos bairros periféricos da cidade de Presidente Prudente. Isto nos leva a questionar quais os motivos do surgimento destes pontos de entulhos clandestinos. Deve-se à falta de informações por parte da população o que faz com que não cooperem com a limpeza pública? A prefeitura não desenvolve um trabalho específico para recolhimento deste tipo de rejeito? Ou por que a administração pública não conhecendo as diversas leis municipais e ambientais (Código Florestal, Código de Águas) e mesmo o que está especificado na Lei Orgânica Municipal e no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, não consegue exercer uma ação mais punitiva contra os infratores que lançam tantos detritos (materiais úrbicos), como materiais gárbicos, em qualquer local?

Assim, referente aos aspectos jurídicos, é importante descrever o que está proposto nos Planos Diretores de Desenvolvimento Integrado de Presidente Prudente, do ano de 1969 e do atual de 1996, bem como da atual Lei Orgânica

Municipal, sobre quais são as políticas ambientais a serem implementadas, para o melhor tratamento a ser dado aos resíduos sólidos urbanos, objetivando-se verificar se as sucessivas administrações públicas vêm implementando estas políticas.

3.4. Os Planos Diretores e sua relação com os resíduos sólidos urbanos

No primeiro Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Presidente Prudente de 1969, elaborado pelo Centro de Pesquisas e Estudos Urbanísticos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, não se encontra nenhum tópico, nos seus 5 volumes, que trate sobre resíduos sólidos urbanos. A única citação sobre lixo refere-se às áreas atendidas pela coleta do lixo domiciliar, assim expresso:

“Na prancha nº 60 é apresentada a área servida pela coleta do lixo domiciliar, que abrange a parte da cidade mais adensada. Os pontos de despejo do material removido são vários, sendo parte do mesmo distribuído a chacareiros para criação e engorda de porcos” (Plano Diretor de Presidente Prudente, vol.III, capítulo cidade, 1969: 332)

Conforme Marisco (1997: 72), a elaboração do Plano Diretor teve dois objetivos fundamentais, visando:

“- à implantação do Distrito Industrial, relacionada à política de planejamento regional de “criação de pólos de desenvolvimento”;
- à promulgação da nova Lei Orgânica dos Municípios de 1967.”

Assim, pode-se observar que o tratamento dos resíduos sólidos urbanos (domésticos, hospitalares, entulhos, etc.) não era prioridade para os administradores da época em questão.

No caso do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1996, no volume IV, que trata do meio ambiente, no tópico sobre limpeza urbana, os resíduos

sólidos urbanos são classificados em: comerciais, domésticos, especiais, hospitalares, industriais, varreduras e construção e demolição.

A administração pública é responsável pela coleta dos resíduos domiciliares, hospitalares, das feiras, de varrição e capina e de atividades terciárias. Este último item é feito em parceria com particulares.

Quanto aos resíduos sólidos industriais, não há recolhimento deste tipo de material, por parte da prefeitura, e os resíduos de atividades terciárias e de diversos (entulhos) são recolhidos por empresas particulares.

Conforme especificado no Plano Diretor (1996:9), o principal problema é o destino final da coleta de lixo, em que:

“A falta de conhecimento técnico e de planejamento de longo prazo teve graves consequências ambientais para a cidade. Outrora, o lixo coletado, proveniente de qualquer origem, fora lançado em aterros de boçorocas nas periferias urbanas, contaminando inclusive lençóis freáticos”.

Para reduzir os problemas decorrentes da destinação final do lixo, são propostas no Plano Diretor (1996: 9; 10 e 11), entre tantas alternativas, as seguintes ações:

1. Coleta especial do lixo em bares, restaurantes e lanchonetes, devido à grande quantidade de resíduos orgânicos existentes;
2. Campanhas educativas para modificar os hábitos sanitários da população como um todo;
3. Implantação da coleta seletiva do lixo, primeiramente em escolas públicas e bairros com melhor participação comunitária, para o aproveitamento dos resíduos recicláveis como: plástico, papel, vidro, metal, etc.;
4. A organização dos catadores de lixo;
5. A alfabetização de trabalhadores da coleta seletiva;
6. Cursos de segurança para os trabalhadores envolvidos no serviço de coleta, transporte e manuseio de resíduos sólidos;
7. Melhor destino final aos resíduos sólidos urbanos, para não serem despejados em fundos de vales e erosões. Conforme a viabilidade econômica, o

destino final poderá ser feito em aterros sanitários, usina de reciclagem e compostagem, além de incinerador.

8. Incineração do lixo hospitalar;

9. Reaproveitamento dos antigos lixões em fundos de vale, como espaços para recreação, com a construção de campos de futebol.

Referente à Lei Orgânica Municipal, que foi promulgada em 5 de abril de 1990, e alterada e atualizada em 27 de março de 1996 (resolução nº 200), na seção II do Meio Ambiente, artigo 186, parágrafo XIII, diz que:

“Cabe ao Poder Público, através de seus órgãos de Administração Direta, Indireta ou Fundacional:

- autorizar o Município a criar dispositivos e instrumentos que visem ao aproveitamento de resíduos urbanos domésticos e tóxicos, através de usinas de compostagem e de incineração, de acordo com sua classificação; promover a coleta seletiva de lixo, incentivando a população a dispor os resíduos sólidos não-biodegradáveis em coletores especiais, visando à reciclagem e reaproveitamento desses materiais”.

Pode-se observar que, pelo aspecto jurídico, que envolve as leis que definem as políticas de desenvolvimento ambiental para o município de Presidente Prudente-SP, o Plano Diretor de 1969 não apresenta nada de substancial, que viesse solucionar a problemática do lançamento de resíduos sólidos domésticos em áreas inadequadas.

Quanto ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1996, como na Lei Orgânica de 1990, está clara a disposição de se tentar levantar sugestões para solucionar os problemas decorrentes da produção e da melhor destinação dos resíduos sólidos urbanos.

Provavelmente, o que esteja faltando por parte das administrações públicas sejam vontade e decisão política de aplicação do que está proposto e aprovado no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e na Lei Orgânica Municipal. Neste aspecto, a primeira administração pública municipal a tentar solucionar o problema do despejo e do tratamento dos resíduos sólidos domésticos em locais inadequados foi a gestão municipal 1997/2000. Isto será visto a seguir.

3.5. A Gestão Municipal de 1997/2000 e a atual administração municipal

Com o intuito de tentar solucionar o problema do lixo, a administração municipal eleita para a gestão 1997/ 2000, no seu programa de governo (registrado em cartório), estabeleceu como metas:

1. Criação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente;
2. Construção de uma usina de reciclagem e compostagem de lixo com capacidade para 150 toneladas;
3. Construção de um incinerador para a destruição do lixo hospitalar;
4. Realização de um estudo de viabilidade para a implantação da coleta seletiva do lixo.

Observando-se as metas destacadas, nota-se que o plano proposto para o melhor destino e adequação para os resíduos sólidos urbanos produzidos em Presidente Prudente-SP, propõe a construção de uma usina de reciclagem e compostagem de lixo, sem citar a construção de um aterro sanitário, local este que receberia os rejeitos não aproveitáveis do processo de reciclagem e compostagem.

É importante destacar que, em relação às administrações anteriores, as propostas apresentadas pela gestão 1997/2000, representaram um significativo avanço para a problemática dos resíduos sólidos urbanos, visto que as gestões anteriores pouco se importaram com o tratamento e o melhor destino dados aos resíduos produzidos no município.

Com o agravamento do lançamento dos resíduos sólidos urbanos de qualquer gênero, em áreas de fundo de vales, sem nenhum controle sanitário e ambiental, a Promotoria de Justiça do Ministério Público do Estado de São Paulo, no dia 11 de julho de 1997, assinou com a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente e com a PRUDENCO, um COMPROMISSO DE AJUSTAMENTO (documento em anexo) em que a administração municipal, responsável pelos danos ambientais e à saúde pública, se comprometeu a atender os seguintes compromissos:

1. No prazo de 90 dias, comprar um incinerador de resíduos provenientes da área hospitalar, com capacidade para 150 kg/hora;

2. Adquirir, no prazo de 12 meses, uma usina de compostagem e reciclagem de lixo;
3. No prazo de 90 dias, cercar as áreas, clandestinas onde vem sendo jogado o lixo;
4. Em 120 dias, recuperar antigas áreas de lixões na Vila Angélica e na rua Alvino Gomes Teixeira.
5. Caso os compromissados não cumpram a sua parte, ocorrerá uma multa de 20 salários mínimos por dia.

Com a assinatura deste documento, a Promotoria de Justiça arquivou o Inquérito Civil (documento em anexo) que vinha desenvolvendo contra a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, pelo tratamento inadequado dado aos resíduos sólidos urbanos produzidos no município.

Para aquele contexto, foi importante a participação do COMDEMA, que, através dos seus membros representativos das esferas administrativas no âmbito municipal (executivo e legislativo), estadual (SABESP e CETESB), e da sociedade civil organizada (ambientalistas, OAB – Ordem dos Advogados do Brasil, imprensa e associação de moradores de bairros), pressionaram o executivo municipal para solucionar o problema do lixo em Presidente Prudente.

Cabe destacar que o COMDEMA foi criado a partir da Lei N^o 3.660/93, conforme o disposto no parágrafo 7^o do artigo 47 da Lei Orgânica Municipal, sendo considerado como...:

“...órgão consultivo orientador e normativo do Município no que concerne à sua política de expansão, desenvolvimento, prevenção e defesa da sua ecologia”.

Posteriormente, em 13 de novembro de 1997, a Prefeitura de Presidente Prudente assinou um protocolo de intenções com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e a CETESB, objetivando a formulação de propostas para a destinação dos resíduos sólidos urbanos e domésticos.

Neste documento, ficou decidido que a Secretaria Estadual e a CETESB dariam o seguinte suporte (documento em anexo):

1. Apoio técnico para o município;
2. Informar sobre a viabilidade econômica e financeira dos sistemas mais adequados de coleta de lixo;
3. Orientar o município quanto à melhor área para a instalação do respectivo empreendimento e os equipamentos necessários;
4. Incentivar a educação ambiental, em geral, e especialmente, em relação à questão do lixo.

A Prefeitura Municipal e a PRUDENCO se responsabilizariam pela reciclagem dos resíduos sólidos urbanos e domésticos, escolhendo qual o melhor sistema de disposição final a ser dado.

Para que realmente a Prefeitura Municipal viesse a honrar os compromissos firmados dentro dos prazos solicitados (documento em anexo), a CETESB e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, estabeleceram em 01 de abril de 1998, um TAC. O documento apresenta nove cláusulas, entre as quais destacamos a segunda.

Nesta cláusula, a Prefeitura se comprometeu a resolver o problema do vazadouro municipal de resíduos a céu aberto (lixão), que se localiza em área anexa ao Distrito Industrial. Além disto, a elaborar e a apresentar ao DAIA – Departamento de Avaliação do Impacto Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, o RAP – Relatório Ambiental Preliminar, relativo ao empreendimento a ser implantado no município para a obtenção das licenças ambientais (licença de instalação e de funcionamento).

Paralelamente às assinaturas de documentos, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente, contando com um reduzido número de profissionais, e dentro das disponibilidades financeiras, apresentou uma área localizada em zona rural, próxima às margens do Córrego do Limoeiro, para a construção e implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo e do aterro sanitário (Figura 13) .

A escolha deste local foi devida a sua proximidade com a área onde está sendo construída, pela SABESP, a Estação de Tratamento de Esgoto do

município de Presidente Prudente. Esta proximidade facilitaria o transporte e o tratamento do chorume na estação, sem a necessidade de construção de tanques ou lagoas de deposição do chorume, para posterior tratamento em outros locais.

Em vistoria feita à área, a CETESB (documento em anexo) atestou ser ela passível de implantação do referido empreendimento, tanto do ponto de vista topográfico, dos moradores próximos e do corpo d'água existente próximo à área. Todavia, alguns parâmetros físicos, tais como nível do lençol freático, tipo de solo, coeficiente de permeabilidade e outros, precisavam constar em projetos a serem aprovados pelos órgãos competentes.

Outros documentos que atestam a possibilidade de implantação de uma usina de reciclagem e compostagem e de um aterro sanitário na área vizinha à Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP são: “Parecer Geológico-Geotécnico” (Godoy, 1998) e o “Relatório sobre sondagem feita na área em que provavelmente será construído o Aterro Sanitário e Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Presidente Prudente” (Nunes e Batista, 1998).

O primeiro foi elaborado a partir de uma ponderação de atributos de terreno favoráveis ou desfavoráveis à implantação do empreendimento. Baseado em procedimentos da cartografia geotécnica, Godoy (1998: 4) distinguiu cinco classes de condicionantes da ocupação ou uso do terreno:

“Atributo A – relacionados a potencial de risco (“hazard”) ou à geodinâmica do meio ambiente

Atributo B – relacionado à natureza do solo e da rocha subjacente ao solo

Atributo C – relacionado à presença da água

Atributo D – correspondentes às características do relevo

Atributo E – relacionados às áreas ou recursos naturais a serem protegidas da ocupação”.

Analisando-se os parâmetros físicos pesquisados para a área, o autor concluiu que os atributos A, C e E são favoráveis à implementação do

empreendimento. Já o B é favorável, com algumas restrições, e o D, parcialmente favorável.

O autor salienta que o principal problema talvez seja a possível falta de material de cobertura (solo) para ser utilizado no fechamento diário das células de lixo. Propõe que seja utilizada parcialmente a área escolhida (155.500 m²) e que seja complementada com outra vizinha a ela, que se situa na porção sul - sudeste próxima do Córrego São João.

Quanto ao segundo trabalho, este foi um complemento ao parecer feito por Godoy (1998). A área escolhida foi o setor proposto anteriormente no parecer geológico-geotécnico.

O objetivo do relatório foi identificar as reais possibilidades de existência de material de cobertura (solo). Para isto optou-se pela análise a partir de pontos de sondagem (14 no total), conforme os compartimentos de relevo existentes. Assim, identificaram-se na área, cinco compartimentos de relevo, ou seja: Topo plano da colina; Área de embaciamento de águas pluviais; Médias vertentes côncavo-convexas; Zona de ressurgimento de freático; e a Várzea.

Associando-se os resultados das sondagens com os referidos compartimentos de relevo, chegou-se a três classes de espessura: alta, 5-10 metros; média, 3-5 metros e baixa, 0-3 metros. Isso significa que os compartimentos que apresentaram os mais espessos perfis de solo (material intemperizado) foram os setores das médias vertentes côncavo-convexas e o da área de embaciamento de águas pluviais.

Até aquele momento, os técnicos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente enfocavam mais a viabilidade técnica e financeira do projeto. O aspecto da aceitação ou não pelas comunidades próximas à área escolhida, da construção de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo e de um aterro sanitário, vizinho a suas propriedades, ainda não tinha sido profundamente discutido, devido à urgência de cumprimento dos prazos do TAC, que já estavam se esgotando.

Neste sentido, um dos pontos mais questionados para a não aceitação da área, foi a existência da Usina de Beneficiamento Cooperativa de Laticínios Vale do Paranapanema – COOLVAP, que fica a uma distância de aproximadamente 400

metros da área escolhida inicialmente. A alegação feita por parte dos administradores e do advogado da COOLVAP é que o “lixão” (compreensão que os representantes têm de um aterro sanitário) iria, entre tantos aspectos, gerar os seguintes problemas para a Cooperativa e proprietários de terras vizinhas:

- Odores fedidos que impregnariam o leite;
- Macro e microvetores (ratos, baratas, moscas, etc.);
- Resíduos como papéis, plásticos e outros que se deslocariam com o vento para dentro das instalações industriais;
- Maior vantagem para as empresas concorrentes ao saberem que próximo à COOLVAP funcionaria um aterro sanitário;
- Desvalorização venal das propriedades que se situam próximas da área escolhida.

Outro motivo refere-se ao elevado valor de venda por hectare, acima do valor de mercado, pedido pelo proprietário da área. Por sinal, o proprietário da área escolhida para o aterro, também era o proprietário da área onde está sendo construída a estação de tratamento de esgoto.

Em vista destes dois problemas, principalmente o relativo à COOLVAP, o prefeito municipal da gestão 1997/2000, acabou vetando a área em discussão, por entender que a sua administração, caso implementasse o empreendimento do aterro sanitário naquele local, poderia vir a sofrer sérios problemas de desgaste político. Cabe destacar que a COOLVAP tem entre pequenos, médios e grandes produtores de leite, aproximadamente 1.800 associados.

O veto à área do Bairro do Limoeiro, além da urgência em se solucionar o problema dos resíduos sólidos domésticos, levaram os técnicos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente a concentrarem seus esforços somente para a construção de um aterro sanitário para o município. A construção de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo, mesmo sendo ambientalmente vantajosa, tornou-se inviável, devido ao elevado custo financeiro e operacional para aquele momento.

Além da área localizada no Bairro do Limoeiro, outras quatro áreas foram selecionadas a partir de levantamentos feitos com base em fotografias aéreas, mapas (topográfico, rede de drenagem e zoneamento urbano) associados a saídas

para checagem em campo. Estes estudos foram elaborados por um grupo interdisciplinar, do qual faziam parte dois professores da UNESP - Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente, dois membros da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, um membro da PRUDENCO e um membro da Secretaria Municipal do Planejamento.

Os critérios utilizados para a pré-escolha das quatro áreas seguiram aqueles levantados pelo IPT/CEMPRE, descritos no manual “Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado” (1995: 278). Em todas as áreas foram descritos, de modo sucinto, os aspectos físicos (geomorfológicos, pedológicos, geotécnicos, hidrogeológicos, cobertura vegetal e climáticos), os sócio-econômicos (uso e ocupação do solo, valor da terra, aceitabilidade da população, condições de acesso, etc.) e os legais (zoneamento urbano e localização da área).

A análise elaborada entre os aspectos físicos, sócio-econômicos e legais, associada à verificação de campo, apresentou-se três áreas localizadas na zona nordeste e uma na zona leste do município. Esta última foi a que apresentou as maiores vantagens, principalmente por situar-se no Bairro Gramado, próximo à chácara Cruzeiro, que apresentava, além da estrada bem compactada, um duplo acesso em direção ao centro da cidade, tanto pelo Jardim Itapura II ou pelo SESI.

Mesmo com a criação de um grupo interdisciplinar, formado apenas para escolher a futura área para a construção do Aterro Sanitário de Presidente Prudente, todas as áreas levantadas e vistoriadas foram reprovadas pela Prefeitura Municipal. Os principais motivos foram financeiros (reparação de estradas e pontes) e de localização das áreas (distância em relação ao centro da cidade).

Posteriormente, em 18 de maio de 1999, a pressão exercida pelo Promotor de Justiça do Meio Ambiente de Presidente Prudente, fez com que a Prefeitura honrasse o acordo firmado na assinatura do TAC (documento em anexo). Assim, o Prefeito Municipal desapropriou em 01 de junho de 1999, através do decreto nº 13.462, de 22 de fevereiro de 1999 (documento em anexo), como de utilidade pública e para fins de desapropriação, uma área pertencente ao Senhor Júlio Peruchi ou sucessores, localizada em área anexa ao Distrito Industrial, Bairro da Tairana, próximo ao km 30, para a construção do Aterro Sanitário do município de

Presidente Prudente, no valor de R\$ 72.000,00 ou \$ 30.638,30 dólares (1 dólar= 2,35 reais – 05/03/2002).

Com a desapropriação da área, foi escolhida, através de licitação pública, a EMPRESA FB ASSESSORIA e CONSTRUÇÕES LTDA – CGC/MF 40229759/0001-65, para a elaboração do RAP - Relatório Ambiental Preliminar e do projeto de aterro sanitário, cujo custo foi de R\$ 29.800,00 ou \$ 12680,85 (1 dólar= 2,35 reais – 05/03/2002). De acordo com o RAP feito para a área em questão, tecnicamente o local apresentava condições físicas favoráveis para a construção e a operação de um aterro sanitário.

Em cinco pontos de sondagem, feitos pelo sistema de percussão mecânica, a média de profundidade, sem atingir o lençol freático, variou entre 9 a 13 metros.

Nas análises granulométricas, feitas em seis amostras coletadas durante o trabalho de sondagem, ocorreu a predominância da fração areia fina, com 20% de argila e pouca expressão da fração silte, sendo classificadas como areia argilosa. Associados às análises granulométricas, foram feitos outros ensaios geotécnicos tais como: limite de liquidez; limite de plasticidade; massa específica dos sólidos; compactação; cisalhamento direto e permeabilidade com carga variável.

Além dos aspectos físicos serem favoráveis à implementação do empreendimento (aterro sanitário), a área se encontra localizada, conforme o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, na ZI2 – Zonas de Indústrias Potencialmente Poluidora. É importante destacar, que a atual área de despejo de resíduos sólidos domiciliares, encontra-se localizada em Zona de Preservação e Proteção Ambiental – ZPPA, sendo totalmente imprópria para qualquer tipo de uso residencial, comercial e industrial. Este aspecto, será detalhado no capítulo que trata sobre a morfodinâmica da paisagem do Distrito Industrial de Presidente Prudente.

De acordo com o Quadro 1, observa-se que a maior parte dos parâmetros sócio-econômicos analisados para escolha da área, feita pela empresa responsável pelo RAP, foram classificados como recomendáveis, e alguns poucos como recomendáveis com restrições.

Quadro 1. Dados da área de implantação do Aterro Sanitário de Presidente Prudente-SP.

Parâmetros	Dados	Classificação
Vida útil	> 10 anos	Recomendado
Distância do centro urbano	> 2 Km	Recomendado
Zoneamento Ambiental	Sem restrições	Recomendado
Zoneamento Urbano	Sem restrições	Recomendado
Distância do aeroporto	> 3 km	Recomendado
Densidade populacional	Baixa	Recomendado
Infra-estrutura de rede elétrica e telefonia	< 100m	Recomendado
Valorização da Terra	Média	Recomendado com restrições
Distância aos cursos d'água	< 200m	Recomendado com restrições
Distância a residências isoladas	< 500m	Recomendado com restrições
Aceitação da população e entidades ambientais não governamentais	Razoável	Recomendado com restrições
Uso e ocupação do solo	Área devoluta e pouco utilizada	Recomendada
Distância a pontos de captação d'água para abastecimento urbano	> 2 km	Recomendada

Fonte: Retirado do Relatório Ambiental Preliminar (1999: 74).

No resultado final, a empresa responsável pela elaboração do projeto “Aterro Sanitário do Município de Presidente Prudente, SP”, propõe a criação da UNITRUP – Unidade de Tratamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos de Presidente Prudente. Esta seria composta por um Centro de Conscientização Educacional e Treinamento e de um pátio de estocagem de materiais; os catadores, que trabalham na atual área de despejo de resíduos sólidos domésticos, seriam igualmente integrados nestes projetos. O projeto do aterro sanitário foi estimado para 10 anos de vida operacional (2000 a 2009). Com a operação de um centro de triagem de materiais, aumentaria a sua vida útil em 20%, ou seja, 12 anos.

Todavia, alguns dados apresentados como recomendáveis ou sem restrições no Quadro 12, não condizem com a realidade observada na área e nem com o depoimento dado pelo Sr. Antônio Mizukoshi, proprietário do Sítio Mizukoshi, que fica localizado ao lado da área escolhida para a construção do aterro sanitário. Os parâmetros questionados são: zoneamento ambiental (sem restrição), aceitação da população e entidades ambientais (razoável), distância do ponto de captação de água para abastecimento urbano (recomendado).

Em conversa com o Sr. Antônio Mizukoshi, que mora há aproximadamente 35 anos no mesmo local, os técnicos da EMPRESA FB

ASSESSORIA e CONSTRUÇÕES LTDA, nunca foram conversar ou buscar informações sobre a área com ele. Para o proprietário, o trabalho de sondagem feito pelo sistema de percussão mecânica não foi realizado, pois o mesmo nunca viu ou ouviu qualquer movimentação de maquinário na área.

O proprietário mostrou-se extremamente preocupado com a possível construção do aterro sanitário vizinho às suas terras, devido a possível contaminação de dois poços d'água por chorume. No poço que fornece água para a subsistência da casa, a lâmina d'água está a uma profundidade de 16,5 metros. Já o outro poço, que é artesian, com profundidade de 100 metros, tem a lâmina d'água a 30 metros, e fornece água para irrigação dos diversos produtos hortifrutigranjeiros produzidos, tais como: frutas (laranja, uva, caqui, manga); verduras e legumes (berinjela, abobrinha, etc.).

No que se refere ao zoneamento ambiental, a área apresenta restrições devido à proximidade com vários pontos de afloramento d'água observados no terreno (<200 metros). A este dado associamos o da distância do ponto de captação d'água para o abastecimento urbano. Caso ocorra contaminação por percolados como o chorume nos lençóis freáticos suspensos (pouco profundos) e dos poços d'água da área e entorno, as águas subsuperficiais e superficiais dos córregos temporários e permanentes também se tornariam degradadas, como no caso da contaminação por chorume, que vem ocorrendo no Córrego Gramado e afluentes.

Para que não ocorra problema de contaminação, a empresa responsável pelo projeto do aterro sanitário propôs a impermeabilização das células de lixo com camadas de solo compactado, associada a mantas impermeabilizadoras – Geomembrana (PEAD), além da construção de um sistema de drenagem de águas pluviais, de gases, e de poços de monitoramento das águas subsuperficiais e de águas superficiais.

As entidades ambientais, representantes da sociedade civil, escolheram a primeira área (localizada no Bairro do Limoeiro), próxima às instalações da futura Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP, como a mais adequada para a instalação do projeto. Esta área era também a mais aceita, segundo avaliação dos membros do COMDEMA, principalmente pela distância e pela

viabilidade do transporte do chorume para ser tratado diretamente na Estação de Tratamento de Esgotos. Entretanto houve rejeição por parte da COOLVAP.

Durante a administração anterior (1997- 2000), quando se iniciou todo o processo de discussão para solucionar o problema da destinação dada aos resíduos sólidos urbanos (principalmente os domésticos), e começaram a ser tomadas as providências para a construção efetiva do aterro sanitário e outros projetos (Usina de Triagem e Reciclagem, coleta seletiva de lixo, etc.), pouco ou nada foi realizado, com exceção da construção do incinerador de resíduos hospitalares, instalado na área do Distrito Industrial. Além deste problema o prazo do acordo firmado através da assinatura do TAC entre a Prefeitura, a CETESB e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente também teve seu prazo vencido.

Como a Prefeitura não cumpriu o acordo na sua totalidade, ou seja, a execução das obras e das atividades previstas no TAC, em especial os de número 3.2, 3.3 e 3.4, a mesma teria que pagar uma multa diária no valor de 20 salários mínimos. Para que não acontecesse esta punição, a Promotoria do Meio Ambiente estabeleceu que a Prefeitura fizesse o cercamento, com mourão e tela, de toda a área demarcada, bem como o cascalhamento de toda a via de acesso ao aterro sanitário.

Além desta notificação, a Prefeitura recebeu várias advertências por parte da CETESB, como se observa no auto de inspeção nº 789605, processo nº 120016599, com data de infração 09/08/1999 (documento em anexo).

A atual administração pública municipal, gestão 2001-2004, havia, a princípio, escolhido para a construção do aterro sanitário, aquela área localizada no Bairro do Limoeiro, próximo da COOLVAP. Posteriormente, esta área foi descartada por estar situada dentro do raio de abrangência do Aeroporto Municipal. Assim, a Prefeitura acabou recorrendo à área localizada nas intermediações do Distrito Industrial, ou seja, a mesma área definida anteriormente pela administração municipal 1997/2000.

Posteriormente, sem a participação dos membros do COMDEMA e de outros agentes sociais, o poder público municipal assinou o decreto nº 14.971/2001(documento em anexo) de 24 de agosto de 2001, decretando como de utilidade pública uma área de propriedade de Waldomiro Arigoni, localizada no

Bairro do Limoeiro, vizinha a ETE – Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP. Ou seja, a atual administração municipal definiu que a primeira área escolhida, desde o início do processo de seleção, a área do Bairro do Limoeiro é a mais adequada para a construção de uma Usina de Triagem e Compostagem de lixo e do aterro sanitário.

Além da desapropriação da área, foi aprovada em sessão Ordinária da Câmara Municipal, em 8 de outubro de 2001, a Lei nº 216/13 de autoria do vereador Luiz Gomes Pedrosa, que dispõe sobre a coleta seletiva e a reciclagem dos resíduos sólidos e de outras providências. A lei estabelece que, a coleta seletiva e a reciclagem dos resíduos sólidos municipais serão executadas pelo poder executivo, bem como a criação do Conselho de Gerenciamento Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, representado por diversos seguimentos da sociedade civil.

Enfim, analisando os diversos aspectos socioeconômicos e políticos, chegou-se à constatação que, nem sempre os critérios técnicos são os mais determinantes e definidores para escolha de áreas para aterro sanitário. Isto, pode ser observado, ao longo do processo de escolha da atual área, onde em determinados momentos, as decisões políticas e econômicas suplantaram as decisões técnicas (físicas).

Com base nisso, pode-se dizer que, desde o início do processo de definição de uma área, é necessário contar com a participação da população, principalmente daquela que receberá próximo às suas propriedades, um empreendimento do tipo aterro sanitário. No próximo capítulo, serão caracterizados regionalmente (Oeste Paulista), os aspectos relacionados à dinâmica dos elementos da natureza (geomorfologia, geologia, morfoestrutura, hidrogeologia e pedologia), que foram estabelecidos como critérios básicos, para a elaboração de procedimentos técnicos para escolha de áreas para aterro sanitário.

4 A PAISAGEM DO OESTE PAULISTA

Neste capítulo, serão abordados os aspectos físicos (Geomorfologia, Geologia, Morfoestrutura, Hidrogeologia e Pedologia) presentes na paisagem regional (Oeste Paulista) e local (Presidente Prudente).

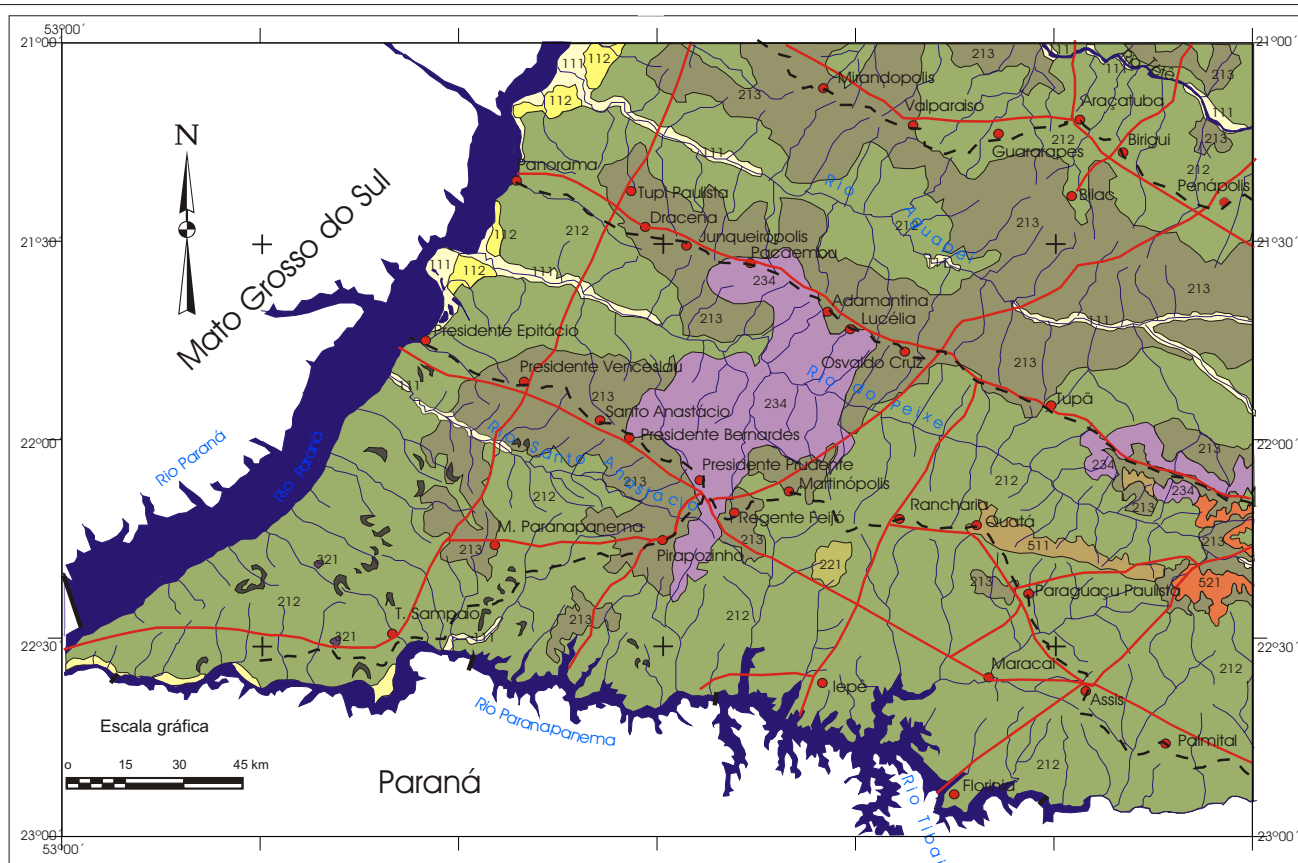
4.1. A Geomorfologia

A primeira subdivisão do relevo do Estado de São Paulo foi apresentada por Moraes Rego (1932), delimitando o Planalto Ocidental, à Depressão Periférica, os relevos cuestiformes e as áreas cristalinas (IPT, 1981b: 6;7). Posteriormente vieram os trabalhos de Deffontaines (1935), Monbeig (1949), Ab'Saber (1956), Ab'Saber e Bernardes (1958), e Almeida (1964). Este último serviu de base para a elaboração do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – escala 1: 1.000.000, feito pelo IPT (1981b).

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981b), o Estado de São Paulo está dividido em cinco províncias geomorfológicas que são: I – Planalto Atlântico; II – Província Costeira; III – Depressão Periférica; IV – Cuestas Basálticas e V – Planalto Ocidental Paulista.

Geomorfologicamente, o Oeste Paulista encontra-se localizado no Planalto Ocidental Paulista, que abrange uma área de aproximadamente 50% do Estado de São Paulo, indo desde a província das Cuestas Arenítico - Basálticas até ao limite norte (rio Grande), oeste (rio Paraná) e sul (rio Paranapanema) (Figura 15).

Esta província apresenta litoestruturalmente, através do espesso pacote vulcânico-sedimentar da Bacia do Paraná “...a disposição das camadas, com caimento suave para noroeste, e a presença de marcado horizonte de basaltos separando as rochas paleozóicas e mesozóicas inferiores, dos arenitos cretácios pós-basálticos (IPT, 1981b: 21)”.



LEGENDA

1-RELEVO DE AGRADAÇÃO

1.1. Continentais

- 111** Planícies Aluviais - terrenos baixos e menos planos, próximo às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações.
- 112** Terraços Fluviais - terraços horizontais ou levemente inclinados, próximo às margens dos rios, alçados poucos metros em relação às várzeas, não inundáveis.

2. RELEVOS DE DEGRADAÇÃO, EM PLANALTOS DISSECADOS

2.1. Relevo Colinoso (Pred. Baixas decliv. - Até 15% - amplitudes locais inferiores a 100 metros)

- 212** Colinas Amplas - Predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
- 213** Colinas Médias - Predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perene ou intermitente.

2.2 Relevo de Morros com Encostas Suavizadas (Pred. Baixas decliv. - até 15% - amplitudes Locais de 100 a 300 metros)

- 221** Morros Amplos - constituem interflúvios arredondados com área superior a 15 km², topos arredondados a achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão dendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas. Em vários locais há presença de boçorocas.

2.3. Relevo de Morretes (predominam decliv. Médias a altas - acima de 15% - amplit. Inferiores a 100 metros)

- 234** Morretes Alongados e Espigões - predominam interflúvios sem orientação preferencial topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados.

3. RELEVOS RESIDUAIS SUPOSTADOS POR LITOLOGIAS PARTICULARES

3.2. Sustentados por rochas sedimentares

- 321** Mesas Sedimentares - morros tabulares de borda escarpadas, formando mesas isoladas, topos achatados, vertentes com perfis retilíneos, escarpadas e com exposições de rochas. Dren. de média densidade, padrão dendr. V. fechados

5. RELEVO DE TRANSIÇÃO

5.1. Encosta não Escarpadas predominam declividades médias - entre 15 a 30% - amplitudes maiores de 100 metros)

- 511** Encostas Sulcadas por Vales Subparalelos - desfeitas em interflúvios lineares de topos angulosos a arredondados, vertentes de perfis retilíneos. Drenagem de média densidade, padrão subparalelo a dendrítico, vales fechados.

5.2. Escarpas (predominam declividades altas - acima de 30% - amplitudes maiores que 100 metros.)

- 521** Escarpas Festonadas - desfeitas em anfiteatros separados por espigões, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão subparalelo a dendrítico, vales fechados.

II- FEIÇÕES DE RELEVO SUBORDINADAS

- ▲ Cabeceiras de drenagem com erosão acelerada, em áreas sedimentares

2 - Convenções Cartográficas

Rios
 Reservatórios existentes

Rodovias
 Ferrovias
 Cidades

Adaptado do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - IPT (1981)

Organizado e des. por: BOIN, M. N., 2000

Figura 15 - MAPA GEOMORFOLÓGICO DO OESTE PAULISTA

As camadas geológicas (a grande maioria delas pertencente ao Grupo Bauru) que formam o Planalto Ocidental Paulista, apresentam um grau de caimento em direção à calha do Rio Paraná, condicionando uma tendência à formação de relevos estruturais (IPT, 1981b: 21). A este fato associa-se a importância da ocorrência de processos de pedimentação neogênica também na formação do relevo regional, muito bem caracterizado por Ab'Saber (1969) no texto “Os baixos chapadões do oeste paulista”.

Neste trabalho, o autor caracteriza o Planalto Ocidental Paulista como “...uma vasta extensão de chapadões areníticos de vertentes convexas suaves, constitui uma das áreas de relevos tabuliformes de centro-de-bacia, das mais típicas do país” (Ab'Saber, 1969:1). Mesmo tendo uma configuração topográfica regional parecida “...em vários setores dos “espigões” dos chapadões ocidentais paulistas, mesmo em setores de grande rebaixamento topográfico, existem relevos que escaparam aos efeitos homogeneizantes das aplainações neogênicas” (Ab'Saber, 1969:4). Pode-se destacar, como relevos diferenciados, os planaltos interiores de Marília-Garça-Echaporã, Monte Alto e Catanduva (IPT, 1981b: 70).

Para Sudo (1980: 2), o Planalto Ocidental Paulista se desenvolve em uma Superfície de Reverso de Cuesta, onde suas altitudes decrescem de 900 a 1000 metros nos altos da Cuesta Arenítico-Basáltica, até 250 a 300 metros nas barrancas do rio Paraná, conforme pode ser visto no Mapa Hipsométrico do Oeste Paulista (Figura 16).

A maioria dos principais cursos d'água do Planalto Ocidental Paulista, que fazem parte da região do Pontal do Paranapanema, apresenta-se como rios conseqüentes, com um sistema de drenagem paralelo rumando em direção à calha do Rio Paraná. Outros cursos d'água de menor porte, que deságuam no rio Paranapanema, como os rios Pirapozinho, Laranja Doce e Anhumas, apresentam-se como subseqüentes.

Conforme as principais características dos sistemas de relevo elaborados pelo IPT (1981) e presentes no Relatório Zero da 22ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema, os relevos foram classificados em três tipos básicos (Quadro 2):

Quadro 2. Principais características dos sistemas de relevo presentes na 22ª UGRHI - Pontal do Paranapanema (modificado de IPT 1981b).

Convenção	Características gerais
1. Relevos de Agradação, em Planícies Aluviais.	
1.1. Relevo de planície aluvial	
111	Planícies aluviais – Terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações.
2. Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados.	
2.1. Relevo colinoso	
212	Colinas amplas – predominam interflúvios com área superior a 4 km ² , topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. É o sistema de relevo característico do Planalto Ocidental. Acha-se desenvolvido predominantemente sobre arenitos do Grupo Bauru.
213	Colinas médias – predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km ² , topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão subretangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Constitui um sistema de relevo encontrado restrito às cabeceiras dos rios Turvo e Pardo, sobre arenitos da Formação Adamantina. Apresenta freqüentes transições para o sistema de relevo 212 e 234.
2.2. Relevo de morros com encostas suavizadas	
221	Morros amplos – constituem interflúvios arredondados com área superior a 15 km ² , topos arredondados a achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão dendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas.
2.3. Relevos de morrotes	
234	Morrotes alongados e espigões – predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados. Ocorre em áreas restritas na cabeceira do ribeirão São Pedro, sobre substrato arenoso das formações Marília e Adamantina.
3. Relevos Residuais Suportados por Litologias Particulares	
3.1. Sustentados por rochas sedimentares	
321	Mesas sedimentares – morros tabulares de bordas escarpadas, formando mesas isoladas ou conjunto de mesas, topos achatados, vertentes com perfis retilíneos, freqüentemente escarpadas e com exposições locais de rocha. Drenagem de média densidade, padrão dendrítico, vales fechados.

Fonte: Relatório Zero da UGRHI do Pontal do Paranapanema, 1999: 46).

No município de Presidente Prudente, conforme IPT (1981b: 71) e associado ao Quadro 2, as formas de relevo dominante são os Morrotes Alongados e Espigões e as Colinas Médias.

No caso dos Morrotes Alongados e Espigões, relevo no qual situa-se o núcleo urbano da cidade de Presidente Prudente, predominam declividades médias a altas acima de 15%, com amplitudes locais inferiores a 100 metros.

De modo geral, predominam interflúvios sem orientação preferencial, com topos angulosos e achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos. A drenagem é de média a alta densidade, com padrão dendrítico e vales fechados.

Estruturalmente, estes são os relevos mais acidentados, estando associados à Formação Adamantina, que compreende arenitos com cimentação carbonática. Tal fato será detalhado no tópico sobre a geologia regional e local. Além disto, de modo geral, predominam nestas áreas os solos Podzólicos Vermelho Amarelo eutróficos e Vermelho Amarelo abruptos (Barrios, 1995: 54).

Nas Colinas Médias, predominam as baixas declividades até 15% e amplitudes locais inferiores a 100 metros.

Os interflúvios compreendem áreas em torno de 1 a 4 km², cujos topos são aplainados. As vertentes têm um perfil convexo a retilíneo, com uma drenagem de média a baixa densidade de padrão sub-retangular. Os vales são abertos a fechados, tendo planícies aluviais interiores restritas, com a presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Em pesquisa elaborada por Sudo (1980), o autor, ao abordar os aspectos da compartimentação geomorfológica observada na região do Alto Santo Anastácio, delimitou três unidades principais de relevo:

1. Superfície de Cimeira Regional (acima de 500 metros);
2. Interflúvios Escalonados (de 480 metros até 380 metros);
3. Terraços e planícies de inundação.

O primeiro grande compartimento de relevo compreende o domínio dos chapadões rebaixados pela erosão neogênica do extremo Oeste Paulista. De modo geral, os chapadões ou espigões suavemente convexos, cujos topos em boa

parte são oriundos de formas residuais, são sustentados por camadas areníticas ainda coerentes.

Conforme Sudo (1980: 71), o conjunto que compreende este domínio geomorfológico forma um “...espigão maior que se comporta como divisor principal das águas da bacia do Santo Anastácio, pelo lado oeste, das águas da bacia do Ribeirão do Mandaguari, pelo lado norte-nordeste, e das da bacia do Ribeirão da Laranja-Doce, a leste-sudeste”.

Neste espigão maior que está situada a cidade de Presidente Prudente, considerado como o divisor principal de águas, que “...corresponde a um ramo digitado da superfície cimeira regional cuja extensão mais expressiva encontra-se na região de Martinópolis” (Sudo, 1980: 72).

O compartimento dos interflúvios colinosos escalonados altimetricamente está localizado nas bordas da superfície de cimeira (480 m) até os níveis de terraço (380 m). É o domínio do relevo de colinas côncavo-convexas de topos suavemente ondulados, geralmente com colúvios de pouca espessura, resultantes de processos morfoclimáticos oriundos de clima seco a úmido.

É este compartimento, onde se situam o Distrito Industrial e a área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do Aterro Sanitário do município de Presidente Prudente, que detalharemos no próximo capítulo.

O compartimento dos terraços e planícies de inundação se apresenta de modo descontínuo ao longo do rio Santo Anastácio.

Outro trabalho importante analisado é o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1: 500.000 elaborado por Ross e Moroz (1996:50). O autor, através dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura do relevo, associados aos aspectos morfoclimáticos atuais, apresenta três unidades morfoestruturais:

- I. Cinturão Orogênico do Atlântico;
- II. Bacia Sedimentar do Paraná;
- III. Bacias Sedimentares Cenozóicas.

Para cada uma das unidades morfoestruturais apareceram várias unidades morfoesculturais (planaltos, depressões e planícies litorâneas e fluviais),

que, conseqüentemente, estão associadas a diversas formas de relevo (colinas, morros, escarpas, etc.).

Assim, o município de Presidente Prudente encontra-se localizado na Bacia Sedimentar do Paraná (morfoestrutura) e no Planalto Ocidental Paulista (morfoescultura), mais precisamente no Planalto Centro Ocidental (Ross e Moroz, 1996: 50).

Após esta breve caracterização dos aspectos geomorfológicos regionais, onde se mostrou em qual domínio morfológico se encontra o município de Presidente Prudente, no próximo tópico serão analisadas as formações geológicas na escala regional e a situação de Presidente Prudente neste contexto.

4.2. A Geologia

O município de Presidente Prudente encontra-se localizado na região do Oeste Paulista que, morfoestruturalmente, pertence à Bacia Sedimentar do Paraná, a qual é constituída por rochas sedimentares e ígneas (idade Mesozóica) e por depósitos recentes (idade Cenozóica).

Esta unidade geotectônica, formada a partir do Devoniano Inferior (IPT, 1981 a: 46), possui uma área de aproximadamente 1.100.000 Km² dentro do território brasileiro.

De acordo com alguns autores, a origem da Bacia Sedimentar do Paraná, deveu-se a vários movimentos de caráter epirogenético ascensional pós-cretácico da placa litosférica, associado a falhamentos de gravidade (Loczy, 1966; In: Relatório Zero da UGRHI do Pontal do Paranapanema, 1999: 23), que geraram condições para a deposição de lavas basálticas e, principalmente, de espesso pacote de sedimentos (Figura 17).

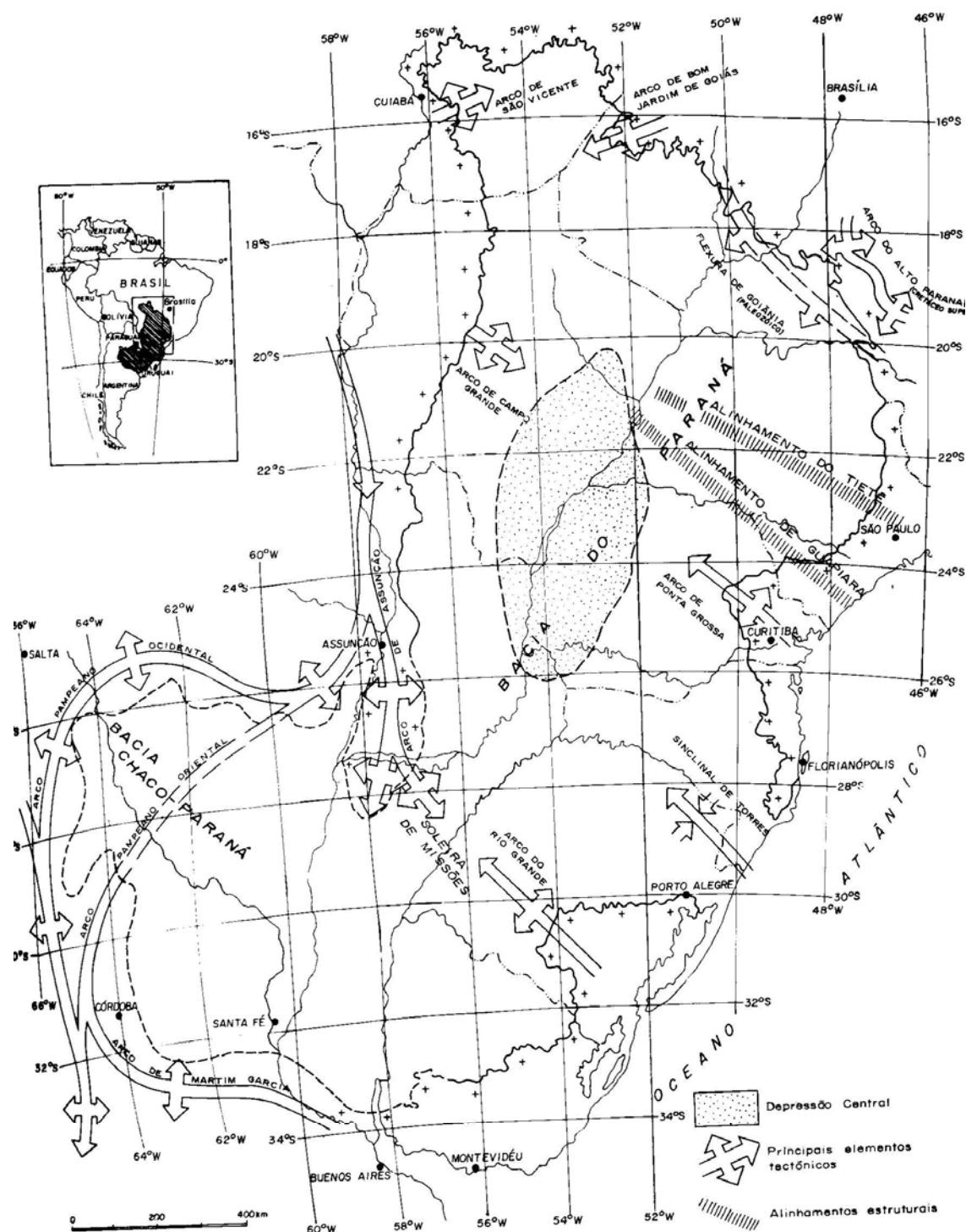


Figura 17. Localização e limites da Bacia do Paraná (IPT, 1981 a:46).

Conforme a coluna litoestratigráfica da bacia do Paraná (IPT, 1981 a: 48), as formações geológicas dominantes que afloram na região do Pontal do Paranapanema (Figura 18), pertencem ao Grupo São Bento – Formação Serra Geral-JKsg (4,3%); ao Grupo Bauru – Formações Caiuá-Kc (28,7%), Santo Anástácio-Ksa (2,7%), Adamantina-Ka (62,2%), e os Depósitos Cenozóicos-Qa (2,1%).

De acordo com o especificado na coluna litoestratigráfica (IPT, 1981 a: 48), a Formação Serra Geral é constituída por “...*rochas vulcânicas toleíticas dispostas em derrames basálticos, com coloração cinza a negra, textura afanítica com intercalações de arenitos intertrapeanos, finos a médios apresentando estratificação cruzada tangencial. Ocorrem espessos níveis vitrofíricos não individualizados*”.

Já a Formação Caiuá, pertencente ao Grupo Bauru é constituída por “...*arenitos finos a médios, com grãos bem arredondados, com coloração arroxeada típica, apresentando abundantes estratificações cruzadas de grande a médio porte. Localmente ocorrem cimento e nódulos carbonáticos*” (IPT, 1981 a: 48).

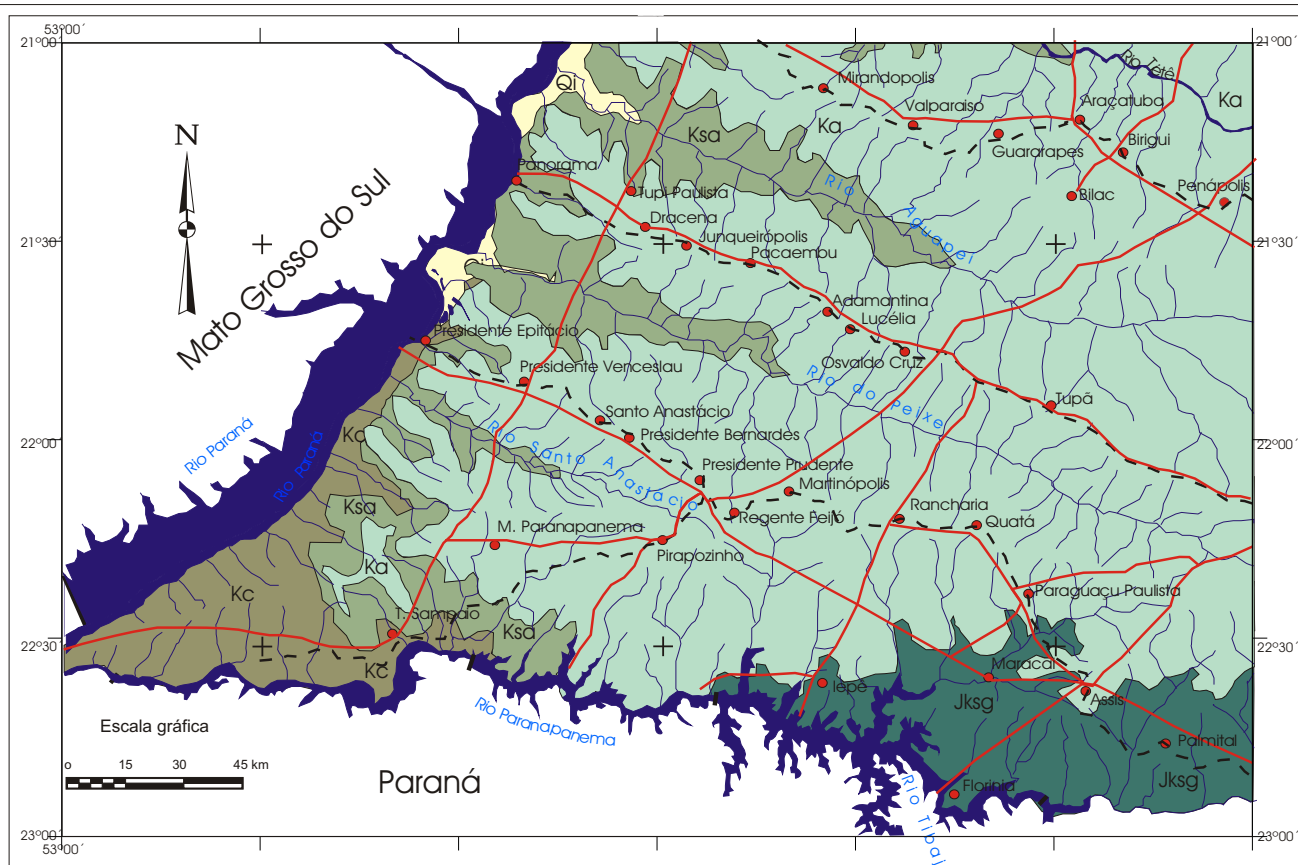
Quanto à Formação Santo Anastácio, ela apresenta “...*arenitos muito finos a médios, mal selecionados, subordinadamente de caráter arcossiano, geralmente maciços, apresentando localmente cimento e nódulos carbonáticos*” (IPT, 1981 a: 48).

A Formação Adamantina apresenta-se como a mais importante e amplamente documentada, para este trabalho, pois a maioria das pesquisas geológicas desenvolvidas na região do Pontal do Paranapanema, especialmente para o município de Presidente Prudente, apresenta a Formação Adamantina como a de maior expressão e representatividade. (Figura 19).

Retornando ao especificado na coluna litoestratigráfica do IPT (1981 a: 48), a Formação Adamantina é constituída por “...*arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilítos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte*”.

GRUPO		Formação		LITOLÓGIA					
F A N E R O Z Ó I C O	MESOZOICO	BAURU	Marília Km	Arenitos de granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com finas estratificações cruzadas de médio porte. Subordinadamente ocorrem lentes de siltitos, argilitos e arenitos muito finos. Presença comum de nódulos carbonáticos.	Kti	Formação Itaqueri: Predominantemente arenitos com cimento argiloso com lentes alongadas de folhelhos e conglomerados púlimíticos.	Ktii	Sedimentos correlatos à Fm. Itaqueri: Arenitos conglomeráticos limonitizados, siltitos e conglomerados oligomíticos.	
			Adamantina Ka	Arenitos finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilitos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte.					
			Santo Anastácio Ksa	Arenitos muito finos a médios, mal selecionados, subordinadamente de caráter arcossiano, geralmente maciços, apresentando localmente cimento e nódulos carbonáticos.					
			Caiuá Kc	Arenitos finos a médios, com grãos bem arredondados, com coloração arroxeada típica, apresentando abundantes estratificações cruzadas de grande a médio porte. Localmente ocorrem cimento e nódulos carbonáticos.					
			Serra Geral JKsg	Rochas vulcânicas toleíticas dispostas em derrames basálticos, com coloração cinza a negra, textura afanítica, com intercalações de arenitos intertrapezoidais, finos a médios apresentando estratificação cruzada tangencial. Ocorrem esparsos níveis vitroclíticos não individualizados.					
	TRIASSICO	SÃO BENTO	Botucatu JKb	Arenitos ediacos avermelhados de granulação fina a média com estratificações cruzadas de médio a grande porte. Ocorrem restritamente depósitos fluviatís de natureza areno-conglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres.	Pc	Formação Corumbataí: Depósitos possivelmente marinhos de planícies de maré, incluindo argilitos, folhelhos e siltitos cinza, arroxeados ou avermelhados com intercalações de bancos carbonáticos, silicíticos e camadas de arenitos finos.			
			Pirambóia Tjp	Depósitos fluviatís incluindo arenitos finos a médios, avermelhados, silico-argilosos com estratificação cruzada ou plano-paralela, com níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variegadas e raras intercalações de natureza areno-argilosa.					
			Rio do Rasto Prr	Depósitos de planícies costeiras compreendendo arenitos muito finos a médios, esverdeados a avermelhados e subordinadamente argilitos e siltitos avermelhados.					
			Teresina Pt	Depósitos possivelmente marinhos prodeltaicos compreendendo folhelhos e argilitos cinza escuros a esverdeados ou avermelhados finamente laminados, em alternância com siltitos e arenitos muito finos, presença de restritos lentes de calcários oolíticos e sílex.					
			Serra Alta Psa	Depósitos essencialmente marinhos incluindo siltitos, folhelhos e argilitos cinza escuros a pretos, com laminação plano-paralela.					
	PERMIANO SUPERIOR	PASSA DOIS	Irati Pi	Siltitos, argilitos e folhelhos silíticos de cor cinza clara a escura, folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica com calcários creme silicificados e restritos níveis conglomeráticos.	Ptt	Formação Tatui: Depósitos marinhos com estratificação plano-paralela, predominando siltitos, arenitos finos em parte concrecionados por calcário e sílex, de coloração vermelha arroxeada na parte inferior e esverdeada na base.			
			Palermo Pp	Depósitos marinhos com predominância de siltitos cinza esverdeados e subordinadamente arenitos finos a médios e conglomerados; frequentes concreções, nódulos e leitos silicíticos.					
			Rio Bonito Prb	Depósitos essencialmente marinhos com predominância de siltitos e folhelhos com níveis carbonático-argilosos e subordinadamente arenitos muito finos.					
			Itararé CPi	CPi: Depósitos glaciais continentais, glacio-marinhos, fluviatís deltaicos lacustres e marinhos compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, arcossianos, conglomerados, diamictitos, siltitos, folhelhos, ritmíticos e raras camadas de carvão.					
			Aquidauana CPa	CPa: Depósitos continentais predominantemente arenitos médios a grossos, feldspáticos de coloração avermelhada e subordinadamente arenitos finos, conglomerados, siltitos, folhelhos rítmicos e diamictitos.					
	PERMIANO MÉDIO	TUBARÃO							
	CARBONIFERO SUPERIOR A PERMIANO INFERIOR	PARANÁ	Ponta Grossa Dpg	Dpg: Não aflorante					
			Furnas Df	Df: Depósitos marinhos predominantemente arenitos de granulação grossa, feldspáticos, com estratificação cruzada de pequeno a médio porte e subordinadamente arenitos finos, arenitos conglomeráticos e conglomerados oligomíticos basais.					

Figura 18. Coluna litoestratigráfica da bacia do Paraná (IPT,1981a: 48).



LEGENDA

1. Estratigrafia

Qi	Coberturas Cenozóicas
GRUPO BAURU	
Km	Formação Marília
Ka	Formação Adamantina
Ksa	Formação Santo Anastácio
Kc	Formação Caiuá
GRUPO SÃO BENTO	
Jksg	Formação Serra Geral

2. Litologias

Areias, argilas e seixos
Arenitos grosseiros com cimento carbonáticos
Arenitos finos e róseos a castanho, bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos.
Arenitos marrom avermelhado a arroxeado, arenitos siltosos e argilitos
Arenitos arroxeados
Basaltos toleíticos intercalados a arenitos

3. Convenções Cartográficas

Rios	Estradas
Reservatórios existentes	Ferrovias
	Cidades

Esboço Geológico adaptado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo-IPT-1981
Organizado e Des. por: BOIN, M.N., 2000

Figura 19 - MAPA GEOLÓGICO DO OESTE PAULISTA

Conforme Godoy (1989 e 1999: 19), os arenitos da Formação Adamantina:

“...caracteriza-se litologicamente pela ocorrência de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor rósea a castanho, com espessuras variáveis entre 2 e 20 metros e alternados com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanha avermelhada a cinza castanho. Quanto à estrutura, as estratificações cruzadas são próprias dos estratos mais areníticos, ao passo que, nos termos lamíticos subordinados a eles, são mais comuns os bancos maciços ou dispostos em acamamento plano-paralelo, com a presença freqüente de marcas de ondas e microestratificação cruzada”.

Estas características podem ser observadas na Foto 2. No centro, notam-se estruturas sedimentares, cujas marcas de ondas típicas de estratificação cruzada acanalada de pequena escala, *“...consiste de estruturas de escavação por erosão preenchida por sedimentos com lâminas recurvadas, mergulhando das bordas para o eixo do canal e de montante para jusante da paleocorrente...”* (Suguio e Bigarella, 1990: 54). Na parte inferior e superior, os arenitos aparecem estruturalmente em forma de bancos maciços, com estratificação plana paralela.



Foto 2. Estrutura de microestratificação cruzada acanalada observada nos arenitos da Formação Adamantina, em um corte de estrada (rodovia Raposo Tavares - SP 270) no município de Álvares Machado. Nunes e Boin (2000).

As linhas de transição entre as estratificações planas paralelas e cruzada acanalada representam as superfícies de reativação. É um indicativo de mudança de direção do fluxo do canal, resultando em um processo migratório momentâneo da forma do leito fluvial (Suguio e Bigarella, 1990: 54).

O estudo realizado por Almeida et al. (1981; *In*: Relatório Zero da UGRHI do Pontal do Paranapanema, 1999: 39-40), na região do Pontal do Paranapanema, analisa as diversas variações litológicas presentes na Formação Adamantina, e os autores propõem uma subdivisão em unidades de mapeamento denominadas de Ka_I , Ka_{IV} e Ka_V .

A unidade Ka_I , verificada entre os rios Paranapanema e do Peixe, corresponde a 37% do total aflorante no Pontal do Paranapanema. É constituída por arenitos quartzosos finos a muito finos, siltitos arenosos, arenitos finos argilosos e, subordinadamente, de arenitos médios, com a presença de bancos de cimentação carbonática.

A unidade de mapeamento Ka_{IV} corresponde a 20,4% da área aflorante do Pontal do Paranapanema. Apresenta arenitos finos a muito finos, dispostos em espessos bancos alternados, apresentando intercalações e lentes de argilitos, siltitos e, mais restritamente, arenitos com pelotas de argilas.

A unidade Ka_V , que corresponde a aproximadamente 4,8% da área aflorante, apresenta cimentação carbonática com ocorrência local de nódulos carbonáticos.

Em estudo realizado por Godoy (1999), denominado de “Estudo hidrogeológico das zonas não saturadas e saturadas da Formação Adamantina, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo”, identifica uma das unidades de mapeamento propostas por Almeida *et al.* (1981), designada como Ka_V .

Nesta unidade, que foi anteriormente identificada no interflúvio entre os rios do Peixe e Santo Anastácio, em área de relevo ondulado a fortemente ondulado “... é observada a existência de uma gama ampla de estruturas sedimentares, assim como uma concentração maior de bancos de arenito compacto, ou seja, aquele onde o teor do cimento carbonático é relativamente elevado” (Godoy, 1999: 21).

Conforme levantamento feito por Soares *et al.* (1980, *In*: Relatório Zero da UGRHI do Pontal do Paranapanema, 1999: 38), as fácies deposicionais observadas na Formação Adamantina indicam uma deposição “...em um extenso sistema fluvial meandrante predominantemente pelítico a sul, gradando para psamítico a leste e norte e parcialmente nessas regiões com transição para anastomosado”.

Isso significa que os cursos d’água com configuração pelítica são extremamente sinuosos, desenvolvidos em planícies aluviais de agradação ou planícies deltáicas arenosas. Apresenta uma relação lama/areia de moderada a alta, em áreas de baixa declividade e descargas altas e uniformes (Suguio e Bigarella, 1990: 152).

Os cursos d’água de configuração psamítico são bem menos sinuosos, predominando em área de maior declividade, com descarga de sedimentos menos uniforme e predomínio de carga de fundo cujo material é mais heterogêneo (Suguio e Bigarella, 1990: 152).

O sistema fluvial anastomosado predomina em áreas sob condições de alto declive, cujos rios apresentam uma elevada quantidade de sedimentos de fundo, com descargas altas e periódicas. Neste tipo de sistema fluvial quase não ocorre a existência de sedimentos argilosos de fácies de transbordamento típico de sistema pelítico (Suguio e Bigarella, 1990: 154).

Sobre o ambiente de deposição da Formação Adamantina, Suguio e Bigarella, no mesmo relatório citado anteriormente:

“...admitem que inicialmente, para a parte inferior da Formação Adamantina, a drenagem era pouco organizada, e o ambiente deposicional de menor energia, formado por uma predominância de lagos rasos. Já para a parte superior da formação predominaria um sistema fluvial com rios de maior porte e maior energia, responsáveis pelas freqüentes estruturas hidrodinâmicas” (Relatório Zero da UGRHI do Pontal do Paranapanema, 1999: 38-9).

A Tabela 12, elaborada por Suguio e Bigarella (1990: 154), apresenta, de forma didática, uma comparação entre as características dos sistemas deposicionais fluviais mais representativos.

Tabela 12. Comparação das características dos sistemas deposicionais fluviais.

Modelo ⇒ Variáveis ⇓	Meandrante Pelítico	Meandrante Psamítico	Anastomosado	Distributário Deltáico
Relação Lama/Areia	Moderada a alta	Moderada a baixa	Baixa	Alta
Declive	Moderado a baixo	Moderado a alto	Alto	Baixo
Descarga	Moderada a uniforme	Moderada “relâmpago”	Baixa “relâmpago”	Alta uniforme
Fácies Predominante	Transbordamento	Canal	Canal	Transbordamento
Seqüência Vertical	Decréscimo ascendente	Homogênea	Homogênea	Incipiente decréscimo
Desenvolvi- mento	Multicíclico	Multilateral	Multilateral	Multicíclico
Posição dos Diques naturais	Superpostos	-	-	Lateral
Principal Fácies	Barras de meandro, diques naturais, rompimento de diques, depósitos de várzea e canais abandonados	Barra de meandro incompleta. Barra de corredeira e canais abandonados	Barras horizontais e transversais	Canais distributários, diques naturais, rompimento de diques, depósitos de várzea e matéria orgânica.

Fonte: Suguio e Bigarella (1990: 154).

Uma das características que se verifica na Formação Adamantina - período Cretáceo Superior (Foto 3), resultante do ambiente de sedimentação flúvio-lacustre, que provavelmente ocorreu em período quente e úmido, é a riqueza fossilífera encontrada, composta por algas, peixes, répteis, coníferas, etc. (Barrios,

1995: 28). Além destes elementos, foram encontrados invertebrados do tipo bivalves, gastrópodes, escavações e tubos de vermes.



Foto 3. Tubos de vermes observado nos arenitos da Formação Adamantina preenchido por sedimentos siltico-argilosos. Corte de estrada (rodovia Raposo Tavares - SP 270) no município de Álvares Machado. Nunes e Boin (2001).

É importante também destacarmos os trabalhos elaborados por Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (1998), que, em quadro-síntese das características litológicas e do contexto deposicional das unidades litoestratigráficas dos Grupos Bauru e Caiuá, citado no Relatório Zero da UGRHI do Pontal do Paranapanema (1999: 32). Os autores, pesquisando sobre a estratigrafia e a evolução geológica do Grupo Bauru, na sua porção oriental, passaram a denominá-lo Bacia Bauru, abrangendo dois grupos: Caiuá e Bauru.

No Grupo Bauru, os autores reuniram as Formações Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto, Araçatuba, Marília, Uberaba, os analcimitos Taiúva e Presidente Prudente.

Ainda segundo Fernandes e Coimbra (1998), no caso da Formação Presidente Prudente (Kppr-Cretácio superior) apresentam-se com arenitos muito finos a finos, de seleção moderada a má, matriz lamítica, de cores marrom-avermelhado claro a bege, e lamitos argilosos marrom-escuro (chocolate); feições de

preenchimento de canais rasos, com estratificação cruzada acanalada; corpos tabulares com estratificação sigmoidal interna, e com estratificação plano-paralela; e estruturas de fluxo aquoso, de regime inferior dominante e maciço. O ambiente de sedimentação deu-se sob um sistema fluvial meandrante arenoso fino de canais rasos.

Em trabalho elaborado por Suarez (1991) que não utiliza as classificações litoestratigráficas descritas anteriormente, as Formações Santo Anastácio e Adamantina seriam fácies da Formação Bauru. Conforme o Mapa Geológico das Formações Cenozóicas do Extremo Oeste do Estado de São Paulo (Suarez, 1991: 325), expresso no trabalho “A localização das cidades no Extremo Oeste do Estado de São Paulo (Brasil) e seus problemas”, apresenta as seguintes formações geológicas: Formação Caiuá (Cretáceo); Formação Piquerobi (Terciário); Formação Paranavaí (Quaternário); Depósitos Sedimentares (Quaternário).

A partir desta classificação estratigráfica, Suarez (1991:331) afirma que, devido à constituição mineralógica, a textura e a porosidade das Formações Paranavaí, Piquerobi e dos sedimentos intermediários (colúvios), associados às características climáticas da região oeste do Estado de São Paulo, com períodos de chuvas intensas; são nestas formações que surgem os maiores problemas erosivos (ravinas e voçorocas), produzidos pelo escoamento difuso e concentrado das águas.

Para o autor, os depósitos cenozóicos formam o manto de regolito/intemperismo existente nos topos planos a suavemente ondulados das colinas côncavo-convexas. Estas modelam a maior parte do relevo existente no município de Presidente Prudente, que foi delimitado e definido como Formação Piquerobi. O autor a caracteriza como “...*depósitos areno-argilosos vermelhos sobrejacentes em discordância erosiva à Formação Bauru...*”(Suárez, 1991: 327).

Segundo o autor, os depósitos arenosos se formaram em ambiente aquoso, devido à existência de pequenos nódulos arredondados de siltitos ou argilitos, e também pela presença de seixos quartzosos de tamanhos variados.

Através de duas seções geológicas, feitas em Presidente Prudente, Suarez (1991:333) definiu estratigraficamente a existência das seguintes formações e depósitos sedimentares (Figura 20):

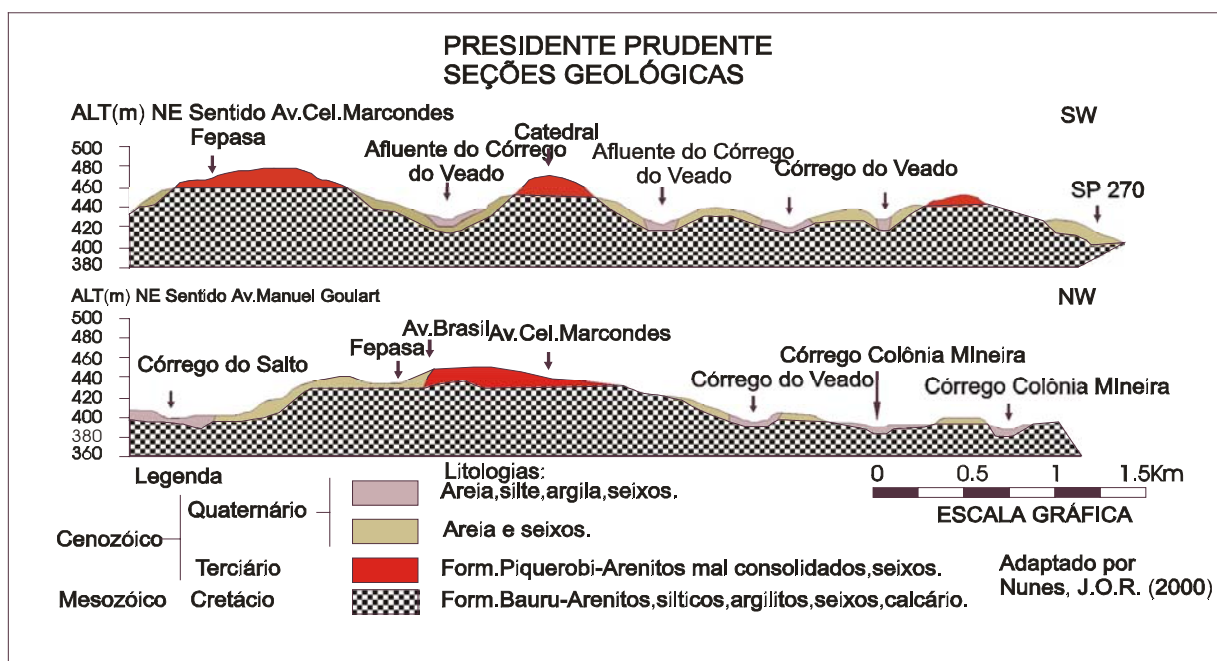


Figura 20. Seções geológicas do município de Presidente Prudente – SP (Suarez,1991).

- Formação Bauru (Mesozóico-Cretáceo): compreende arenitos, siltitos, argilitos, seixos, calcários. Situa-se na base da coluna estratigráfica;
- Formação Piqueroqui (Cenozóico-Terciário): arenitos mal consolidados com seixos. Localiza-se no topo das colinas côncavo-convexas;
- Depósitos de Colúvios: (Cenozóico-Quaternário): são de cor avermelhada, arenosos e areno-argilosos, sendo relativamente friáveis. Situam-se nas médias e baixas vertentes;
- Depósitos de Fundo de Vale e de Várzeas: (Cenozóico-Quaternário): formados por seixos, areias, siltes, argilas e limo. Como o próprio nome já diz, localizam-se nos fundos de vales, mais precisamente nos leitos dos córregos que banham o município.

Para esta pesquisa, litoestratigraficamente optou-se pela classificação proposta pelo IPT (1981 a), por-se entender que os principais trabalhos desenvolvidos na região do Extremo Oeste Paulista, e especialmente para o

município de Presidente Prudente, destacam os arenitos da Formação Adamantina como a litologia dominante.

Neste sentido, a área definida como objeto desta pesquisa, o Distrito Industrial de Presidente Prudente, onde está localizada a área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário é formada estratigraficamente pelos:

- Depósitos Tecnogênicos (resíduos sólidos urbanos);
- Manto de regolito;
- Formações Quaternárias Aluvionares;
- e Formação Adamantina Ka_{IV}.

A partir da caracterização das formações geológicas presentes no Oeste Paulista, mostrou-se que a Formação Adamantina é a de maior representatividade na região e no município de Presidente Prudente; na próxima etapa serão analisadas as características morfoestruturais.

4.3. As Morfoestruturas

O termo morfoestrutura introduzido por Gerasimov (1946) *apud* Lima (1995), foi proposto pelo autor como forma de análise geomorfológica, com a finalidade de dividir as formas de relevo em três categorias genéticas: geotextura, morfoestrutura e morfoescultura.

Segundo Gerasimov e Mescherikov (1968) *apud* Lima, *op cit*, as morfoestruturas são as formas da superfície terrestre produzidas pela interação das forças endógenas. Neste aspecto, o relevo reflete o resultado desta interação, retratando na superfície terrestre feições como: anticlinais, bacias, domos, arqueamentos, falhas e outros elementos topográficos formados por movimentos tectônicos, constituindo as morfoestruturas.

Para Soares *et al* (1981), o termo morfoestrutura está condicionado à definição de supostas estruturas, identificadas a partir da análise de formas de relevo e padrões de drenagem. Assim, para este mesmo autor a finalidade da análise morfoestrutural está em se obter informações a respeito das estruturas geológicas,

uma vez que se espera que, com esta técnica, a morfologia da superfície reflita, embora de modo atenuado, as condições estruturais do embasamento rochoso.

Desta forma, adotar-se-á o termo morfoestrutura para aquelas feições em que a forma do relevo e a drenagem estejam intrinsecamente relacionadas à estrutura geológica, seja ela em seus elementos de dobras, falhas, fraturas ou lineamentos.

No que se refere às estruturas em forma de dobras, domos, depressões, o arqueamento das camadas sofre compressão (sinformes) e descompressão (antiformes); no centro destas feições, proporcionando menor ou maior circulação de água, ocasiona mudanças pedogenéticas significativas na formação dos solos, dando origem à características distintas de adequabilidade de uso.

Portanto, a descompressão gerada nos antiformes propicia maior porosidade das rochas e do solo, facilitando maior fluxo de água e iluviação de argilas para níveis inferiores e distantes, originando solos laterizados ou Latossolos.

Nos sinformes, a compressão ocasiona menor porosidade, o que dificulta o fluxo d'água e concentra a argila no fundo de sua concavidade, originando solos mais argilosos do tipo Podzólicos.

A identificação e análise morfoestruturais têm servido de ferramenta imprescindível na solução de interpretações geológicas, estruturais, geomorfológicas e pedológicas. Sua aplicabilidade serve desde a prospecção de gás, petróleo, depósitos minerais, até a escolha de locais adequados à disposição de resíduos sólidos e líquidos.

Neste aspecto, diferentes autores procuram, através dos aspectos morfoestruturais, analisar o padrão de drenagem e relevo e identificar feições refletidas na paisagem, que possam servir de indicadores de estruturas geológicas que auxiliem na interpretação de seus estudos.

Conforme Jiménez-Rueda *et al* (1993: 483):

“As feições permitem, então, inferir a conformação estrutural da área (mesmo que virtual) pelo traçado de linhas de forma, as quais representam os contornos estruturais não cotados”.

O produto resultante dessa análise integrada é a caracterização morfoestrutural, ou seja, o estabelecimento de zonas estruturalmente anômalas, positivas ou altas (estruturas dômicas ou antiformas) e negativas ou baixas (depressões estruturais), ou ainda, descontinuidades estruturais (lineamentos e falhas)”.

A importância da compreensão do comportamento estrutural serve para, entre tantos aspectos, classificarmos possíveis zonas de acumulação e zonas de dispersão de água em subsolo.

Landim *et al* (1984: 77-89) no trabalho “O estudo morfoestrutural pela análise de superfície de tendência”, utilizando-se de imagens de satélite na escala 1:500.000, descrevem que Presidente Prudente está situado em um alto topográfico que corresponde a estruturas morfológicas radiais e circulares, ou seja, a anomalia constitui um alto estrutural (Figura 21).

Áreas com esta configuração são altamente dispersivas, cujas estruturas geralmente são dômicas ou antiiformes; e no caso da estrutura de Presidente Prudente, este antiforme é reflexo de um alto estrutural, originado dos basaltos da Formação Serra Geral, que se encontram sotopostos sobre a área de Presidente Prudente.

Utilizando a metodologia proposta por Jiménez-Rueda *et al* (1993), foi elaborado, em conjunto com o geólogo Dr. Marcos Norberto Boin, um mapa morfoestrutural de parte do Oeste Paulista (Figura 22), apresentando os baixos estruturais (siniformes) e os altos estruturais (antiiformes).

Neste mapa, o município de Presidente Prudente encontra-se localizado sobre um Alto Estrutural e um Alto Topográfico, identificados a partir da delimitação dos prováveis contornos morfoestruturais, baseados no padrão de drenagem. No caso do Alto Topográfico, isto se deve à posição topográfica em que o município se situa, ou seja, no topo do espigão divisor de águas.

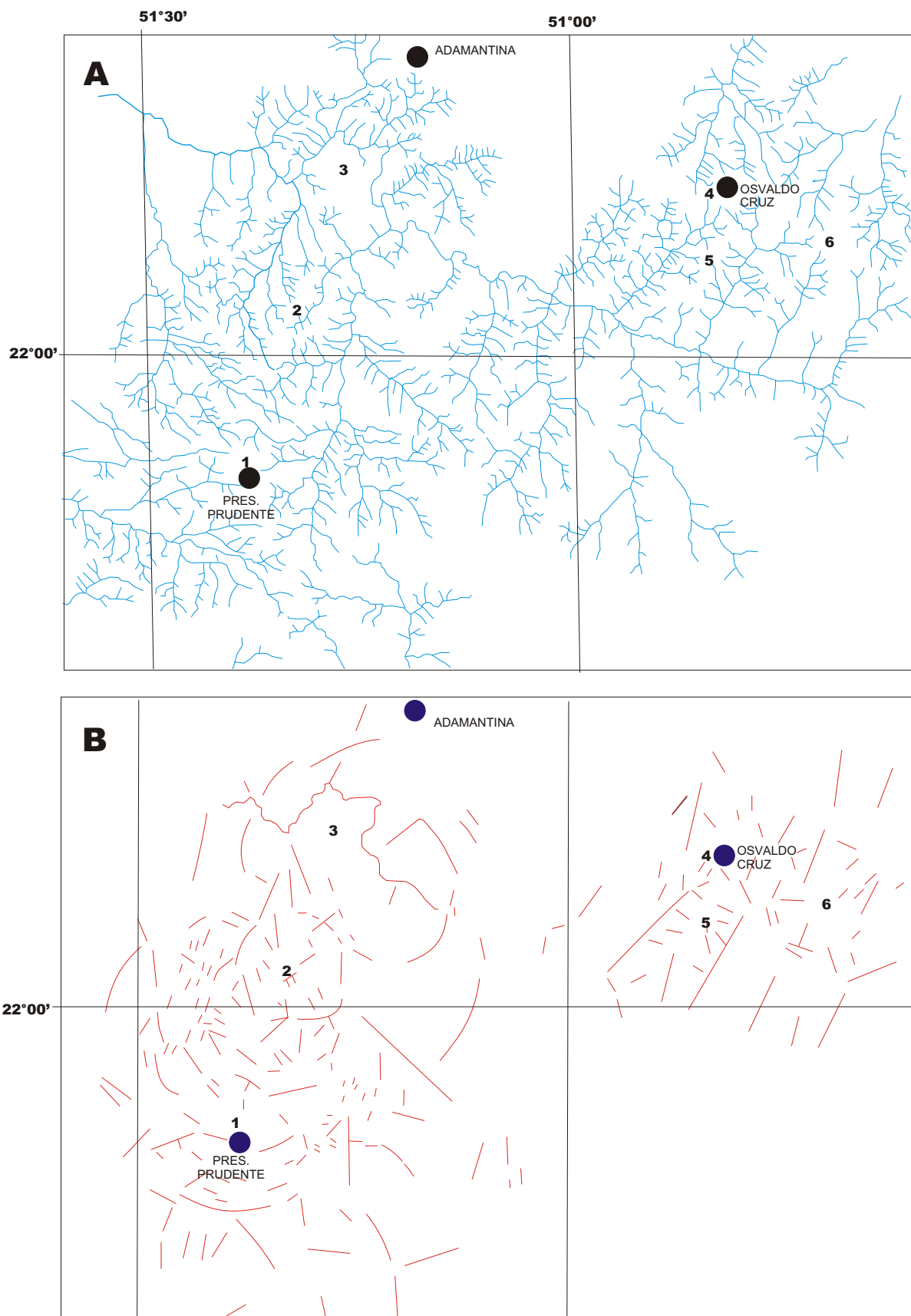


Figura 21. Mapa Estrutural de Presidente Prudente (Regional)

A - Mapa de Drenagem de Presidente Prudente.

B - Mapa de Morfo-estruturas de Presidente Prudente.

Adaptado de Landim, P.M.B. *et al.* (1984).

Assim, ao se observar o Quadro 3, também proposto por Jiménez-Rueda *et al* (1993), nota-se que ele apresenta as implicações pedológicas, pedogeoquímicas, fisiográficas e de engenharia em áreas com configurações morfoestruturais, principalmente do tipo Alto Estrutural e Alto Topográfico, como é o caso do município de Presidente Prudente. Nestas áreas, obras do tipo Aterros Sanitários, que envolvem emissão de efluentes líquidos e sólidos, devem ter uso restritivo.

Quadro 3. Morfoestrutura e suas implicações.

PEDOLÓGICAS				
Alto Topográfico/Alto Estrutural	Baixo Topográfico/Alto Estrutural	Baixo Topográfico/ Baixo Estrutural	AltoTopográfico/ Baixo Estrutural	
Intemperismo muito forte, Fertilidade atual e potencial muito baixo	Intemperismo forte, Fertilidade atual e potencial baixo/média	Intemperismo fraco, Fertilidade atual e potencial muito alto	Intemperismo moderado/forte, Fertilidade atual e potencial médio alta	
Pedogênese maior que morfogênese	Morfogênese maior que pedogênese	Morfogênese maior que pedogênese	Pedogênese maior que morfogênese	
Oxissolos e Ultissolos	Oxissolos, Ultissolos, Inceptissolos e Entissolos	Vertissolos, Entissolos, Inceptissolos, Aridissolos	Ultissolos, Alfissolos, Molissolos, Inceptissolos, Entissolos, Aridissolos	
Erosão quase nula	Erosão moderada/forte (exorréica)	Erosão muito forte (endorréica)	Erosão muito forte/moderada (exorréica)	
Mecanização intensa e Circulação de água intensa	Mecanização moderada restrita e Circulação de água média/alta	Mecanização restrita e Circulação de água alta direcionada	Mecanização moderada restrita e Circulação de água baixa direcionada	
PEDOGEOQUÍMICA				
Minerais de argila	Argila, Caulinita, Gipsita e Gipsita/Caulinita	Argila, Caulinita, Gipsita e Esmectita	Argila, Esmectita, Caulinita e Esmectita/ Caulinita	Caulinita, Esmectita e Caulinita/ Esmectita
Cobertura de alteração intempéricas	Alitização, Latossolização, Ferratização, Ferruginização e Laterização	Alitização, Latossolitização, Laterização, Podzolização, Melanização	Melanização, Gleização, Salinização, Solidificação e Carbonatação	Podzolização, Latossolização
FISIOGRÁFICAS				
Paisagens Geomorfológicas	Planaltos, Colinas e Dunas	Planaltos, Morros Testemunhos, Altiplanícies, Marres de Morros, Planícies de inundação fluvial-marinha, Falésias e Dunas	Várzeas, Diques, Lagoas/lagunas, Terraços, Planícies de inundação fluvial-marinha, Planície de deflação e Dunas	Colinas e Planaltos
ENGENHARIA				
Civil	Estradas boas e Edificações boas	Estradas boas/moderadas e Edificações moderadas	Estradas inadequadas e Edificações inadequadas	Estradas moderadas/inadequadas e Edificações boas/inadequadas
Sanitária	Aterros, Efluentes Líquidos/ Sólidos - Uso restritivo	Aterros, Efluentes Líquidos/ Sólidos - Uso restritivo/ inadequado	Aterros, Efluentes Líquidos/ Sólidos - Uso inadequado	Aterros, Efluentes Líquidos/ Sólidos - Uso adequado

Fonte: Jiménez-Rueda *et al* (1993: 484-85).

Este aspecto será mais detalhado no tópico que trata da morfodinâmica da paisagem em que se situa na área anteriormente escolhida para a construção do Aterro Sanitário de Presidente Prudente.

Associada às características morfoestruturais, a hidrogeologia é de fundamental importância para a temática em questão, pois, além de estar relacionada à compreensão da dinâmica do processo de circulação d'água nos meios porosos por granulação, fissuração ou dissolução, no caso de um aterro sanitário, ela fornece informações sobre o sistema de escoamento e de infiltração superficial e de subsuperfície do chorume. Isto será visto a seguir.

4.4. A Hidrogeologia

Nos tópicos anteriores foram analisadas as características morfológicas do relevo, as principais formações litoestratigráficas existentes no Oeste Paulista e em Presidente Prudente-SP e os aspectos morfoestruturais.

Estes aspectos são importantes para a escolha de áreas para a construção de aterros sanitários. O empreendimento será construído sobre um relevo que tem como substrato uma formação geológica que, conforme os aspectos de morfoestrutura (Alto e Baixo Estruturais e Topográficos) e de porosidade, permite que o líquido que se infiltrará em subsolo contamine os aquíferos subterrâneos.

Dessa forma, a compreensão das características hidrogeológicas (Tipo e Ocorrência, Permeabilidade Aparente e Transmissividade Aparente) presentes em formações geológicas é importante para se entender o processo de circulação da água nos meios porosos por granulação, fissuração ou dissolução.

Estas informações, associadas às características morfoestruturais e pedológicas são fundamentais para a individualização de unidades aquíferas. É nestas unidades que se encontram os reservatórios de água ou sistemas aquíferos.

No caso do Oeste Paulista, conforme se pode observar no Quadro 4, os principais sistemas aquíferos presentes são: Bauru/Caiuá, Serra Geral e Botucatu.

Destes, detalharemos somente os pertencentes ao sistema Bauru/Caiuá, por ser este o que ocupa aproximadamente 74% do Oeste Paulista, sendo que nele é que se encontra o município de Presidente Prudente.

Quadro 4. Síntese dos Sistemas e Unidades Aquíferas do Oeste Paulista.

Sistema	Unidade Aquífera	Unidade Geológica	Características Hidrogeológicas			Litologia
			Tipo e Ocorrência	Permeabilidade Aparente (m/dia)	Transmissividade Aparente (m ² /dia)	
Bauru/Caiuá	Bauru Médio/Superior	Kb ₃ –Fácies Marília Kb ₂ –Fácies Taciba ⁸	-Livre a localmente confinado, porosidade granular; -Contínuo e não uniforme.	0,1 a 0,4	10 a 50	Arenitos grosseiros imaturos; com abundantes nódulos e cimento calcíticos, bancos de arenitos finos intercalados com lamitos e siltitos.
	Bauru Inferior/Caiuá	Kb _{1B} –Fácies Ubirajara Fácies Sto.Anastácio Kb _{1A} –Formação Caiuá	-Livre a localmente semiconfinado; -granular; e -contínuo uniforme.	1 a 3	100 a 300	Arenitos finos, maciços, baixo teor de matriz; arenitos finos a médios, boa seleção
Serra Geral	Basalto	Ksg-Formação Serra Geral	-Livre, fortemente anisotrópico; -porosidade de fissuras; -descontínuo.	Muito variáveis; valores mais elevados estão associados as juntas, fraturas e arenitos interderrames; zonas aquíferas		Basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos
Botucatu	Botucatu	Jb-Formação Botucatu Jp-Formação Piramboia	-Confinado, contínuo e uniforme; -granular.	1 a 4	300 a 800	Arenitos eólicos, finos, bem selecionados; níveis de lamito na parte inferior

Fonte: DAEE (1979: 109)

⁸ A fácies Marília atualmente é classificada como formação Marília (Km). A fácies Taciba (Kb₂) atualmente é chamada de formação Adamantina (Ka) e a fácies Ubirajara e fácies Sto.Anastácio, passou a ser classificada como formação Santo Anastácio (Ksa). Fonte (IPT, 1981)

O sistema Bauru/Caiuá atualmente chamado de Grupo Bauru, subdivide-se em unidade aquífera Bauru Médio/Superior e Bauru Inferior/Caiuá. Na parte superior compreende as unidades geológicas da formação Marília e da formação Adamantina; e, na inferior, as formações Santo Anastácio e Caiuá.

Geralmente os limites entre as unidades aquíferas não coincidem com os contatos das formações geológicas, devido às diferenças entre as características hidráulicas dos terrenos. A estas associamos as feições de altos e baixos estruturais, que também são responsáveis por variações locais na espessura do aquífero sobrejacente. No caso das unidades superiores (formações Marília e Adamantina) e da inferior (Santo Anastácio e Caiuá) do Grupo Bauru, as diferenças de índices de Transmissividade Aparente e Permeabilidade Aparente são bem significativas.

Na unidade superior, os valores de Transmissividade Aparente variam de 10 a 50 m²/dia, apresentando, em algumas áreas, a faixa de 10 a 30 m²/dia. Os valores de 50 e até os maiores estão localizados em área de baixo estrutural, como é o caso de Presidente Bernardes – Pirapozinho. Quanto aos valores de Permeabilidade Aparente, este varia de 0,1 a 0,4, com uma Porosidade de 5%.

Já na unidade inferior, as transmissividades variam de 100 a 300 m²/dia. Os valores próximos a 300 m²/dia correspondem à área com espessuras saturadas entre 100 e 150 metros. Com referência a permeabilidade, os coeficientes variam de 1 a 3m/dia, com uma porosidade entre 10 a 15%. Os maiores valores estão relacionados à Formação Caiuá. É importante destacar-se que, localmente, ocorrem condições de formação de aquíferos semiconfinados. Todavia, regionalmente, tanto na unidade superior como na inferior, predominam as condições de aquífero livre.

A restituição de água para estes aquíferos está diretamente relacionada com aos valores estimados de porosidade eficaz, que correspondem à composição granulométrica associada ao grau de seleção dos sedimentos, e ao das condições morfoestruturais (altos e baixos estruturais) e estratigráficas dos sedimentos.

4.5. Os tipos de Solos

Outro aspecto importante a ser destacado no quadro regional é aquele que se refere aos tipos de solos existentes. O solo, em um aterro sanitário, tem a função de servir de material de impermeabilização e de cobertura para as células de lixo. De acordo com a constituição textural, a estrutural e a mineralógica, alguns solos são mais favoráveis à infiltração de água e de ar em subsolo, podendo tornar-se desfavorável a sua utilização. Outros, por serem menos porosos e impermeáveis à infiltração de água e de ar, auxiliam no processo de decomposição de lixo em ambientes anaeróbios.

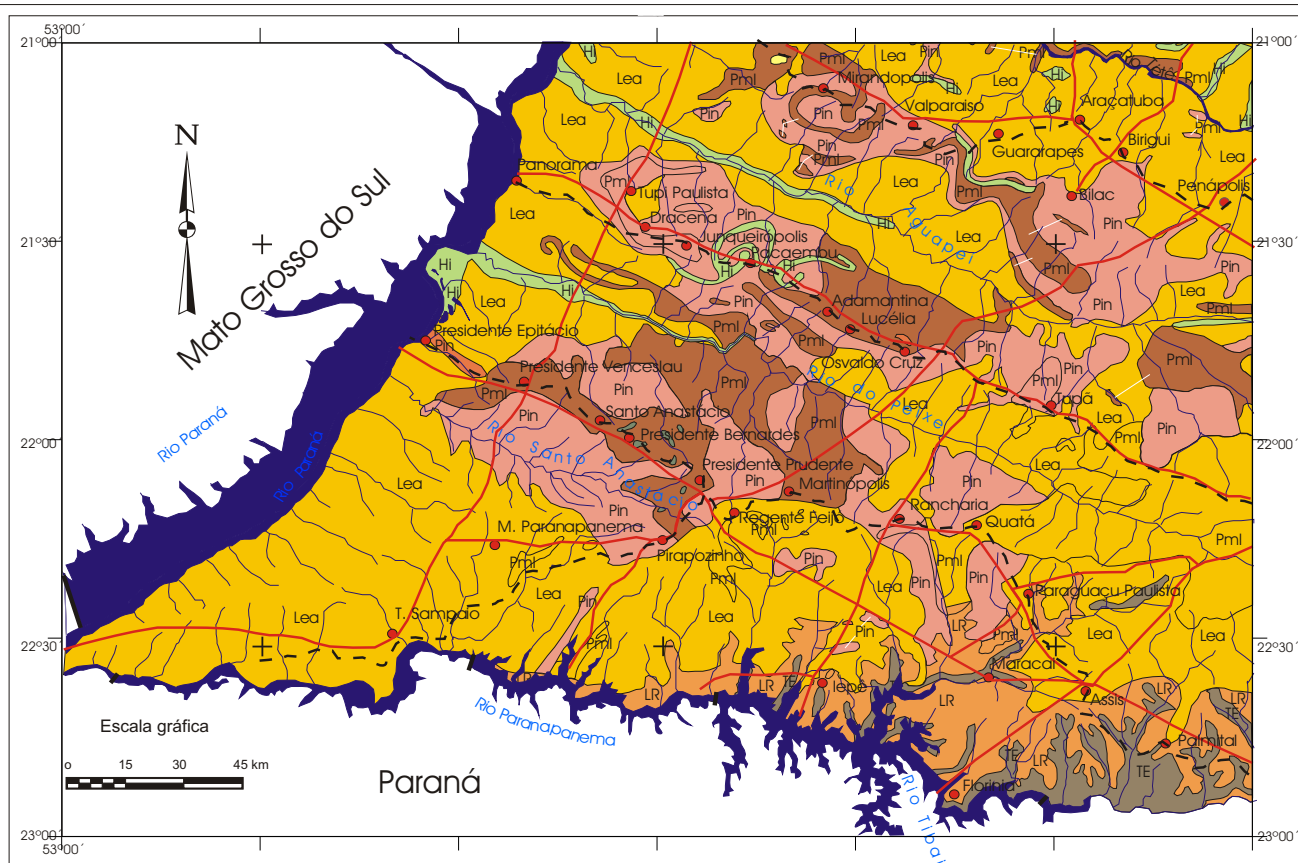
De acordo com o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, elaborado pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômica (1960), no Oeste Paulista foram identificados e mapeados quatro tipos de solos: Podzólicos – variação de Lins e Marília, Terra Roxa Estruturada, Latossolos Vermelho Escuro e Solos Hidromórficos (Figura 23).

Estes solos são o resultado de processos pedogenéticos ocorridos sob rochas areníticas do Grupo Bauru (Formação Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília) e basálticas do Grupo São Bento (Formação Serra Geral).

Os Podzólicos – variação Marília e Lins⁹, são solos originários de rochas areníticas, com cimentação calcária do Grupo Bauru.

No caso dos Podzólicos – variação Lins, estes solos estão associados a relevos suavemente ondulados a ondulados. Os suavemente ondulados, eles se apresentam em colinas com rampas de declives longos e topos levemente arredondados ou achatados, com a morfologia dos vales em V muito aberto. Nos relevos ondulados, apresentam-se em colinas menos declivosas de topos também levemente arredondados, com vales mais fechados em V. O perfil dos solos varia entre 2 a 3 metros de profundidade, sendo arenosos e bem moderadamente drenados, com transição clara entre os horizontes A e B.

⁹ De acordo com a classificação estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRA, 1999) os Solos Podzolizados de Lins e Marília correspondem aos Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelos.



LEGENDA

1. TIPOS DE SOLOS

Pin	Solos podolizados de Lins e Marília- var. Lins
Pml	Solos podolizados de Lins e Marília - var. Marília
TE	Terra roxa estruturada
SOLOS COM HORIZONTE B LATOSSÓLICO	
LR	Terra roxa legítima
Lea	Latosol verm. escuro - fase arenosa
SOLOS HIDROMÓFICOS	
HI	Solos hidromórficos

2. Convenções Cartográficas

	Rios		Rodovias
	Reservatórios existentes		Ferrovias
			Cidades

Adaptado da do Carta de Solos do Estado de São Paulo C.N.E.P.A. - 1960
Organizado e des. por: BOIN, M.N. , 2000

Figura 23 - MAPA DE SOLOS DO OESTE PAULISTA

Quanto aos Podzólicos – variação Marília, o solo apresenta-se em relevos ondulados a fortemente ondulados, localizando-se geralmente nos topos dos espigões. Em locais de baixas altitudes, apresenta-se em relevos suavemente ondulados, com topos ligeiramente arredondados de vertentes convexas e vales em V abertos. O perfil dos solos é um pouco mais raso que os da variação Lins. Todavia, apresentam a mesma seqüência de horizontes. A grande diferença está na transição entre o horizonte A para o B, onde é clara ou abrupta devido à maior iluviação de partículas finas do solo (argila), caracterizando o horizonte B textural. Geralmente o horizonte A, quando seco, é mais esbranquiçado, devido à grande quantidade de areia, que contrasta com a cor vermelha no horizonte B.

Com referência ao grau de erodibilidade dos Podzólicos ou Argissolos, no trabalho “Erodibilidade¹⁰ de alguns solos do Oeste do Estado de São Paulo”, elaborado por Freire, O. *et al* (1992: 77-87), os autores, utilizando-se do método indireto¹¹, relataram que os Podzólicos são solos muito sujeitos à erosão, apresentando valores de erodibilidade do horizonte superficial em torno de 0,051. É importante destacar-se que a erodibilidade dos Podzólicos ou Argissolos variará conforme o gradiente textural entre os horizontes A e B, além da sua posição em uma toposequência e drenagem interna dos perfís.

De modo geral, os solos Podzólicos ou Argissolos, quando encontrados em áreas com declividades superiores a 8% e espessuras inferiores a 3 - 4 metros, tornam-se impróprios para aterro sanitário (Oliveira *et al*, 1999: 11).

Referente à Terra Roxa Estruturada¹², este tipo de solo tem como rocha matriz as eruptivas básicas do Grupo São Bento (Formação Serra Geral). Apresenta-se em relevos ondulados a suavemente ondulados, com declives suaves de topos ligeiramente planos e vales abertos. Geralmente são solos férteis, argilosos

¹⁰ “A erodibilidade é a propriedade do solo que reflete a sua maior ou menor susceptibilidade à erosão, podendo-se defini-la como a quantidade de material que é removido por unidade de área, quando os demais fatores determinantes da erosão são mantidos sob condições-padrão” (Freire, O. *et al* (1992: 77).

¹¹ Conforme Freire, O. *et al* (1992: 78) o método indireto “...baseia-se na avaliação do fator erodibilidade por meio de equações que contém variáveis que representam parâmetros de solo ajustados, por meio de análise de regressão, com valores da erodibilidade determinados diretamente”.

¹² De acordo com a classificação estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRABA, 1999) as Terras Roxas Estruturadas correspondem aos Nitossolos Vermelhos.

e bem drenados, com uma espessura de aproximadamente 2,5 metros. O horizonte B apresenta estrutura em blocos subangulares devido à cerosidade forte.

Quanto ao coeficiente de erodibilidade (K) a Terra Roxa Estruturada ou Nitossolo Vermelho é considerado muito resistentes à erosão, geralmente com valores médios baixos.

A Terra Roxa Estruturada ou Nitossolos Vermelhos, quando apresentam espessa zona de aeração e declives inferiores a 10% são considerados como adequados para aterro sanitário e outras formas de deposição de resíduos (Oliveira *et al*, 1999: 83).

O Latossolo Vermelho Escuro¹³ – fase arenosa é desenvolvido a partir de rochas areníticas. Apresenta-se em relevos suavemente ondulados a ondulados. Nos suavemente ondulados, os topos são achatados com vertentes convexas pouco declivosas, variando entre 2 a 5%. Já nos relevos ondulados, os topos são arredondados com vertentes convexas, cujas declividades variam entre 5 a 15%. Os perfis destes solos são espessos, com mais de 3 metros, de coloração vermelho-escura, bem drenados, com horizonte B latossólico. A textura varia de argilosa a média. A pequena variação de características morfológicas entre os horizontes faz com que a transição seja gradual e difusa.

Com respeito à erodibilidade dos Latossolos, geralmente apresentam valores médios mais baixos (0,016). Estes valores variam conforme a textura, estrutura e porosidade.

Nos Latossolos, principalmente os de textura argilosa, a baixa atividade das argilas, com pouca expansividade e contratibilidade, tornam os solos bastante apropriados para o uso em aterro sanitário (Oliveira, 1999: 52), por serem profundos e porosos.

Os Hidromórficos¹⁴ são solos associados a relevos de várzea, nos quais ocorre constante encharcamento de água no solo. São mal drenados, ocasionando acúmulo de matéria orgânica e/ou processo de gleização, que consiste

¹³ De acordo com a classificação estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRABA, 1999) os Latossolos Vermelho Escuro correspondem aos Latossolos Vermelhos.

¹⁴ De acordo com a classificação estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRABA, 1999) os Hidromórficos correspondem aos Planossolos Hidromórficos, aos Gleissolos e aos Organossolos Tiomórficos.

na redução do óxido de ferro durante o seu desenvolvimento. Este tipo de solo é totalmente impróprio para aterro sanitário, pela inexpressiva zona de aeração e extremo favorecimento de contaminação do lençol freático (Oliveira, 1999: 43). Quanto ao grau de erodibilidade, apresenta valores médios, onde $K = 0,35-0,25$.

A partir da caracterização dos aspectos físicos, elaborou-se um quadro-síntese (Quadro 5) de integração entre os fatores geomorfológicos, geológicos, morfoestruturais, hidrogeológicos e pedológicos para a região do Oeste Paulista, objetivando-se apresentar as implicações destes fatores na escolha de áreas para a construção de aterro sanitário.

Definidas as principais características relativas aos aspectos geomorfológicos, geológicos, morfoestruturais, hidrogeológicos e pedológicos regionais, no qual se inclui o município de Presidente Prudente, onde foram apresentados quais os compartimentos de relevo mais favoráveis para construção de aterros sanitários, no próximo capítulo, será discutida a morfodinâmica da paisagem onde se encontra localizada a área objeto de análise desta pesquisa. É nesta área, que se situa a área escolhida pela administração pública biênio 1997-2000, para construção do Aterro Sanitário de Presidente Prudente.

Quadro 5 – Influência e relações entre os fatores geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, pedológicos e morfoestruturais do Oeste Paulista para escolha de áreas para a construção de aterro sanitário. Elaborado e organizado por Nunes e Boin (2001).

Geologia	Hidrogeologia	Geomorfologia	Pedologia	Condições para construção de aterro sanitário a partir das morfoestruturas.
Arenitos das Formações Marília e Adamantina ⇒ Arenito da Formação Santo Anastácio ⇒	Livre a localmente confinado; porosidade granular; contínuo e não uniforme. Permeabilidade Aparente 0,1 a 0,4 m/dia e Transmissividade Aparente 10 a 50 m²/dia. Livre a localmente semiconfinado; granular; contínuo e uniforme. Permeabilidade Aparente 1 a 3 m/dia e Transmissividade Aparente 100 a 300 m²/dia.	Morrotes alongados e espigões – predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados. Predominam declividades médias a altas – acima de 15% - amplitudes inferiores a 100 metros.	Predomínio de Solos Podzolizados de Lins e Marília. Predomínio da variedade Marília. Nos topos ocorrência de Latossolo Vermelho Escuro argiloarenoso	Restrições principalmente nas áreas dômicas ou antifomes situadas em morfoestruturas do tipo Alto Estrutural e Alto Topográfico, associado aos arenitos da Formação Santo Anastácio, com predomínio de solos podzólicos e de declividade acima de 15%.
Arenitos das Formações Marília e Adamantina ⇒ Arenito da Formação Santo Anastácio ⇒	Livre a localmente confinado; porosidade granular; contínuo e não uniforme. Permeabilidade Aparente 0,1 a 0,4 m/dia e Transmissividade Aparente 10 a 50 m²/dia. Livre a localmente semiconfinado; granular; contínuo e uniforme. Permeabilidade Aparente 1 a 3 m/dia e Transmissividade Aparente 100 a 300 m²/dia.	Colinas médias – predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão subretangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Predominam baixas declividades até 15% - amplitudes locais inferiores a 100 metros.	Predomínio de Solos Podzolizados de Lins e Marília. Predomínio da variedade Lins. Nos topos ocorrência de Latossolo Vermelho Escuro argiloarenoso.	Restrições nas áreas dômicas ou antifomes situadas em morfoestruturas do tipo Alto Estrutural e Alto Topográfico, associado aos arenitos da Formação Santo Anastácio com predomínio de Podzólicos Vermelho Amarelo e declividade acima de 15%. Favorável em áreas de baixo estrutural e Alto Topográfico com predomínio de Latossolo Vermelho Escuro e declividades inferiores a 15%.
Arenitos das Formações Marília e Adamantina ⇒ Arenitos das Formações Sto Anastácio e Caiuá ⇒ Rochas básicas da Formação Serra Geral ⇒	Livre a localmente confinado; porosidade granular; contínuo e não uniforme. Permeabilidade Aparente 0,1 a 0,4 m/dia e Transmissividade Aparente 10 a 50 m²/dia. Livre a localmente semiconfinado; granular; contínuo e uniforme. Permeabilidade Aparente 1 a 3 m/dia e Transmissividade Aparente 100 a 300 m²/dia. Livre fortemente anisotrópico; porosidade de fissuras; descontínuo. Permeabilidade e Transmissividade Aparente muito variáveis. Os valores mais elevados estão associados a juntas, fraturas e arenitos interderrames; zonas aquíferas.	Colinas amplas – predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Predominam baixas declividades até 15% - amplitudes locais inferiores a 100 metros.	Predomínio de Latossolo Vermelho Escuro – fase arenosa. Na porção sudeste ocorrência de Terra Roxa Estruturada	Restrições nas áreas dômicas ou antifomes situadas em morfoestruturas do tipo Alto Estrutural e Alto Topográfico, associado aos arenitos da Formação Santo Anastácio e Caiuá e Latossolos – fase arenosa. Favorável em áreas de baixo estrutural e Alto Topográfico com predomínio de Latossolo Vermelho Escuro e declividades inferiores a 15%.
Coberturas Cenozóicas		Planícies aluviais – Terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações.	Solos Hidromórficos	Desfavorável, pois são áreas sujeitas a freqüentes inundações.

5 A MORFODINÂMICA DA PAISAGEM DO DISTRITO INDUSTRIAL DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP.

A análise morfodinâmica da paisagem é baseada na compreensão dialética entre a dinâmica dos processos físicos (exógenos e endógenos) e dos processos socioespaciais, através dos diferentes agentes sociais, no tempo presente, que levam a um domínio maior ou menor de atuação dos processos morfogenéticos ou pedogenéticos sobre o relevo.

Para a elaboração da análise morfodinâmica, procurou-se descrever e inter-relacionar, através de cartas temáticas, os diversos aspectos físicos atuantes em superfície (Geomorfologia, Hipsometria, Declividade e Áreas de Surgência do Lençol Freático) e de subsuperfícies (Morfoestrutura e Pedologia), associados ao uso e à ocupação do solo.

Além das cartas, foi elaborado um perfil morfodinâmico da área de estudo (direção W-E), associado à carta morfodinâmica, onde se procurou demonstrar espacialmente as inter-relações existentes entre as variáveis físicas e sociais, atuantes no entorno da área escolhida para a construção do Aterro Sanitário do município de Presidente Prudente. Associados ao perfil morfodinâmico, foram incluídos alguns elementos climáticos (pluviosidade e temperatura), que influenciam também os processos morfodinâmicos, responsáveis pela modelagem do relevo.

Com referência aos processos endógenos que atuam na estruturação e na modelagem da paisagem, destacam-se as morfoestruturas (altos e baixos estruturais) associadas aos tipos de solos predominantes (latossolos e podzólicos-argissolos). Como visto anteriormente, estes aspectos são fundamentais para a análise de áreas para aterro sanitário. Neste sentido, as relações entre morfoestrutura e pedologia serão vistas na próxima etapa

5.1. Os aspectos Endógenos

Como observado no capítulo anterior, regionalmente o município de Presidente Prudente está situado sobre um Antiforme ou Alto Estrutural. Nesta escala, a identificação e a correlação com os aspectos morfoestruturais e pedológicos nem sempre são possíveis de serem visualizados. Já na escala local, podem-se observar em cortes de estrada de rodagem, pontos profundos de erosão linear (ravinas e voçorocas), etc; pequenas estruturas sinformes e antiformes e suas relações com a litologia, tipos de solos e dinâmica das águas de subsuperfície.

Neste sentido observando-se vários perfis estratigráficos (foto 4), em alguns cortes de estrada (rodovia Raposo Tavares SP-270), na periferia da cidade de Presidente Prudente constatou-se a existência de pequenas estruturas antiformes e sinformes.



Foto 4. Perfil Geológico em que se observam pequenas estruturas do tipo sinformes (côncava) e antiformes (convexa). Corte de estrada (rodovia Raposo Tavares - SP 270) no município de Presidente Prudente – SP. Nunes e Boin (2001)

Em algumas estruturas sinformes, verificou-se afloramento de água advinda de lençol freático pouco profundo. São áreas de formato côncavo, que servem de centro de captação de águas subsuperficiais, devido à concentração de sedimentos argilosos na base do arenito, que dificultam a infiltração da água. Assim,

formam lençóis freáticos de baixa profundidade. Alguns destes lençóis freáticos suspensos, estão situados em uma camada argilosa, de espessura entre 20 a 30 cm, característicos da Formação Adamantina membro Ka_{IV}, observados na área escolhida para a construção do aterro sanitário.

A partir destas observações, foi elaborado um mapa dos traços morfoestruturais da folha de Presidente Prudente na escala 1:100.000 (Figura 24), utilizando-se os mesmos princípios de classificação de áreas propostos por Landim *et al* (1984: 77-89).

Baseado nos princípios de classificação proposto por Jiménez-Rueda *et al* (1993: 484-85), apresentado no capítulo anterior, a área escolhida para o aterro sanitário esta situada sobre um Alto Estrutural e Alto Topográfico (AA).

Áreas com esta configuração (AA) apresentam alta lixiviação, alta percolação, alterações profundas, intensa circulação de água e baixa erosão. Isto significa que, em áreas com AA, obras do tipo aterros de efluentes líquidos e sólidos classificam-se como de uso restritivo.

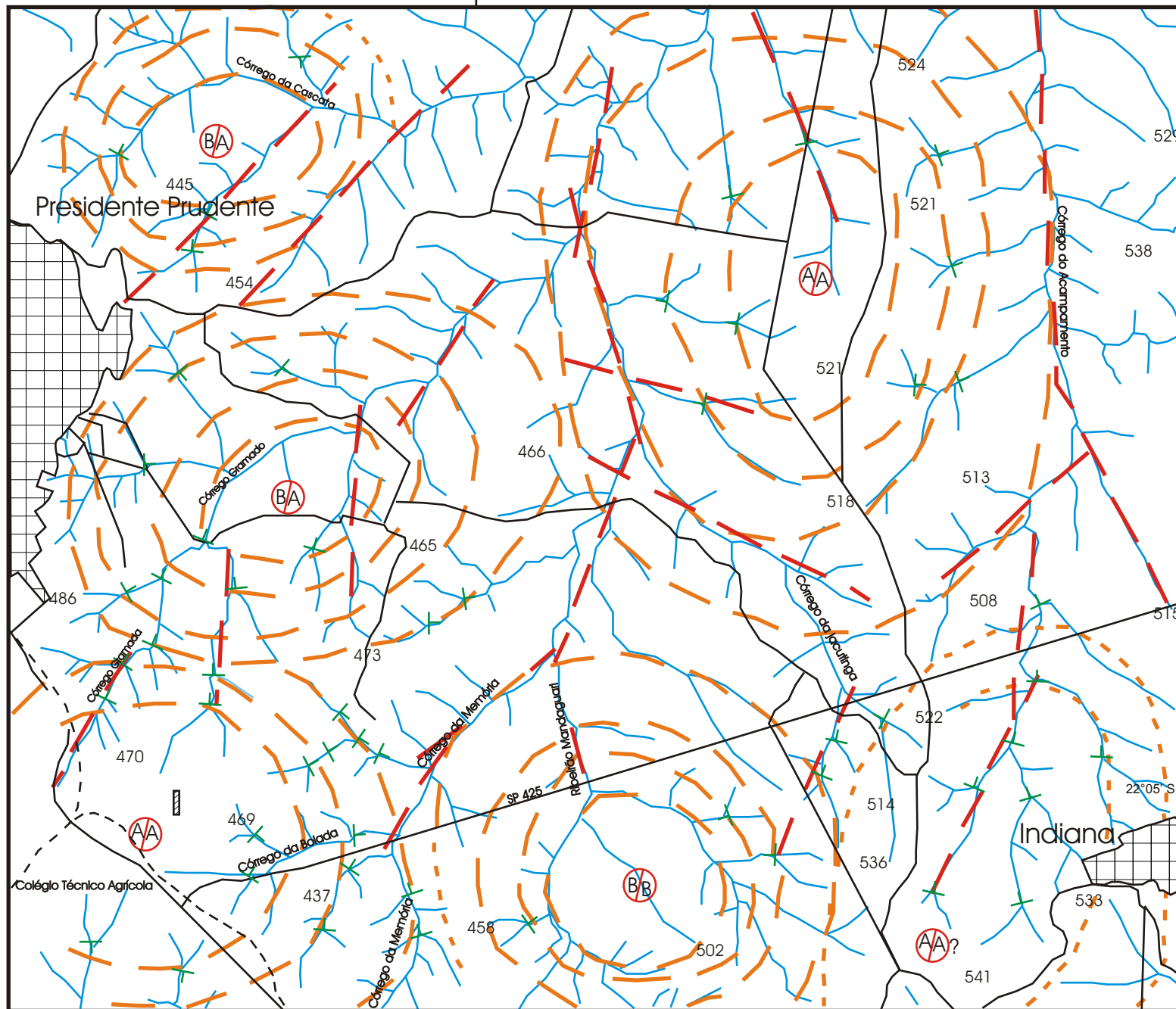
A restrição a esta área deve-se ao grau de fraturamento do substrato rochoso (Formação Adamantina), por situar-se em uma posição topográfica, indicada como sendo antifórmica e/ou dômica, associado as restrições anteriormente comentadas.

Associado ao aspecto morfoestrutural, segundo o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado por Oliveira, J.B. *et al* (1999), a área do aterro e imediações pertencem à unidade de mapeamento PVA5, que é uma associação de solos, discriminada como PVA5- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico textura arenosa/média relevo ondulado e suave ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico pouco profundo textura arenosa/argilosa relevo ondulado ambos abrupticos A moderado.

51°20' Wgr

51°15' WGr

22°05' S



CONVENÇÕES

- Drenagem
- Estrada secundária
- Prováveis fraturas
- Prováveis contornos das morfoestruturas
- Possíveis contornos das morfoestruturas
- Alto estrutural/Alto topográfico
- Alto estrutural/Baixo topográfico
- Baixo estrutural/Alto topográfico
- Baixo estrutural/Baixo topográfico
- Sentido da drenagem
- Área escolhida pela gestão 1997-2000 para a construção do aterro sanitário

Extraído da folha de Presidente Prudente
SF-22-Y-B-III-1-IBGE-1974

Elaborado e organizado por: Boin, M.N. E
Nunes, J.O.R. (2000)

0 2000 4000 6000 8000 m
Escala Gráfica aproximada

Figura 24-Mapa dos traços morfoestruturais
da folha de Presidente Prudente

Mais precisamente a 3km, a NE da área escolhida para o aterro sanitário, Carvalho e Achá (2001), no trabalho Levantamento Semidetalhado dos Solos do Município de Presidente Prudente, escala 1:50. 000 (em fase de conclusão), realizaram um perfil de solo cuja descrição, após coleta e análise em laboratório o classificaram como sendo PVAe- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico A moderado textura arenosa/argilosa fase Floresta Tropical Subcaducifólia relevo ondulado.

Solos deste tipo geralmente apresentam características texturais de horizonte A arenoso e B textural areno-argiloso. O horizonte B mais argiloso se deve à migração das argilas iluviadas dos horizontes sobrepostos. Dependendo da declividade do terreno pode ocorrer o processo de iluviação vertical ou deslocamento horizontal das argilas. Estas argilas, no horizonte B, ao se tornarem saturadas, impedem a infiltração de líquidos percolantes (água), podendo também formar pequenos lençóis d'água suspensos.

É importante destacar que os solos têm a finalidade, em uma obra do tipo aterro sanitário, de servir de material de empréstimo para a cobertura das células de lixo. Além disto, também é um indicativo do tipo de substrato litológico presente na região e local do empreendimento.

Estas informações são fundamentais, pois os resíduos sólidos destinados a um aterro sanitário geralmente são depositados sobre a rocha decomposta/alterada, ou seja, o horizonte C e não sobre o solo (horizonte A ou B). Além disso é no substrato rochoso que usualmente se depositam os resíduos líquidos, como no caso de lagoas de tratamento de esgoto ou de efluentes industriais.

Na área escolhida para o aterro sanitário, foi retirada expressiva quantidade de solo. Em observação feita em um corte que expõe todo o perfil de solo e parte dos sedimentos ocorrentes no local (Foto 5), cuja altitude é de aproximadamente 482 metros e declividade média entre 5 a 10%, é possível descrever e compreender as características paleoambientais (ambiente de sedimentação), litológicas, pedológicas e topográficas.



Foto 5. Perfil estratigráfico e pedológico de um corte localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário. No centro observa-se a divisão entre o maciço rochoso sedimentar (Formação Adamantina-Ka_{IV}) e o regolito ou perfil do Latossolo Vermelho Escuro. Nunes e Boin (2001)

Litológicamente, foram encontrados, na base do perfil, os arenitos da Formação Adamantina da unidade de mapeamento Ka_{IV}. Sobre os arenitos finos a muito finos, dispostos em bancos alternados, com predominância de estratificação plano-paralela e cruzada e depositados em ambiente de sedimentação fluvio-lacustre, apresenta-se uma camada de argilítos de espessura entre 20 a 30 cm, cuja declividade é de 5%. Provavelmente o paleo-ambiente de sedimentação deste material, ocorreu em ambiente fluvial pelítico de baixo regime de fluxo d'água, ou seja, de lagos rasos.

Observando-se a Foto 6, nota-se que sobreposta aos argilítos, encontra-se uma camada de arenitos finos, em adiantado estado de intemperismo. Na parte inferior, observam-se os arenitos finos com estratificação plano-paralela em espesso pacote de sedimentos (↓). No centro, aparecem os bancos de argilítos compactados, os quais servem de camada impermeabilizante à água que se infiltra em solo, podendo formar pequenos lençóis d'água. E na parte superior, surgem novamente os arenitos finos em adiantado estado de intemperismo (↑).

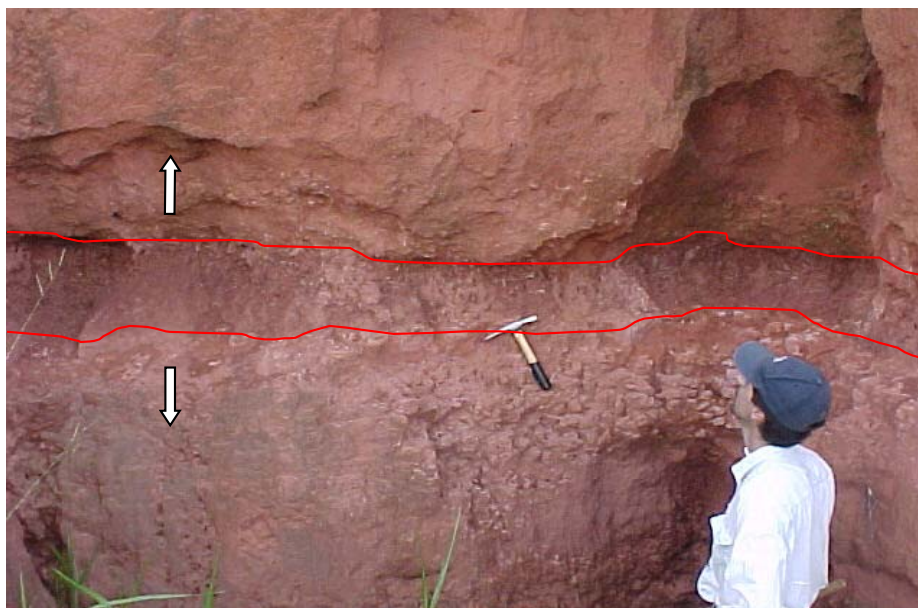


Foto 6. Perfil estratigráfico da Formação Adamantina – unidade de mapeamento Ka_{IV}, localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário. Nunes e Boin (2001).

Foram os arenitos da Formação Adamantina - Ka_{IV}, com seus bancos de sedimentos alternadamente areníticos e areno-silto-argilosos, que originaram os solos locais, através de processos pedogenéticos influenciados pela morfoestrutura, formando no topo os Latossolos e nas médias encostas os Argissolos ou Podzólicos Vermelho-Amarelo Eutróficos da área em questão.

As características pedológicas identificadas no corte localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário são corroboradas pelo trabalho “Solos do Colégio Técnico Agrícola Dr. Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente – SP”, elaborado por Freire, O. *et al.* (1991: 89), em área localizada à aproximadamente 2km de distância do local de pesquisa.

Neste trabalho foram caracterizadas cinco unidades de mapeamento, em que foram feitos oito perfis de solos em trincheiras e cortes de estrada, cuja classificação foi a seguinte:

- Unidade Administração: LATOSSOLO VERMELHO ESCURO ÁLICO A moderado textura média fase relevo ondulado. Perfis 1 e 2;

- Unidade Flamboyant: PODZÓLICO VERMELHO EUTRÓFICO A moderado textura arenosa/média fase relevo ondulado. Perfis 3 e 4;
- Unidade Biológica: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO EUTRÓFICO A moderado textura arenosa/média fase relevo ondulado. Perfis 5 e 6;
- Unidade Abatedouro: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A moderado textura arenosa fase relevo ondulado substrato arenito. Perfil 7;
- Unidade Represa: GLEI POUCO HÚMIDO DISTRÓFICO textura média fase relevo plano. Perfil 8.

Um detalhe importante é que ambas as áreas, devido a sua proximidade, apresentam as mesmas características morfológicas, litológicas e topográficas.

Conforme a orientação ministrada por um dos autores do trabalho descrito acima, o pedólogo professor da UNESP - Presidente Prudente-SP Dr. Otávio Freire, os solos existentes na área do Colégio Técnico Agrícola são os mesmos da área escolhida pela gestão 1997-2000 para o aterro sanitário, principalmente o Latossolo Vermelho Escuro, que se apresentam de modo contínuo, como um prolongamento entre as duas áreas.

Neste aspecto serão detalhadas somente as unidades de mapeamento dos Latossolos (Unidade Administrativa) e Podzólicos (Unidade Flamboyant), que estão aproximadamente nas mesmas cotas topográficas da área anteriormente escolhida para o aterro sanitário, servindo assim de parâmetro para os solos existentes na área de estudo da presente pesquisa, e também, por terem sido reconhecidas “*in loco*” as mesmas características apontadas por Freire (1991).

1. Latossolos Vermelho Escuro (Unidade Administrativa)

De modo geral, apresentam-se profundos e arenosos, com transição gradual ou difusa entre os horizontes A, B e C. No horizonte B, identifica-se característica de latossolização, sendo profunda e de difícil delimitação entre os sub-horizontes. A cor varia de parda avermelhada a vermelha. A textura é sempre arenosa em todos os horizontes, com uma porcentagem de argila de 13,0 a 19,0% e de silte não ultrapassando 3,0%.

Tanto no perfil 1 quanto no 2, os Latossolos foram identificados e delimitados em topos de elevações com declividades menores de 2% e altitudes entre 485 a 480m. Conforme se observa nos Quadros 6 e 7, dos respectivos perfis, a fração granulométrica mais representativa são as areias médias e finas, com pouca concentração de argilas no horizonte B, típico de Latossolo.

Quadro 6. Dados analíticos do perfil nº 1 – Unidade Administrativa.

horizontes	profundidade (cm)	Composição mecânica (%)							Densidade	
		Amg ¹⁵	Ag	Am	Af	Amf	Silte	Argila	Real	Aparente
Ap	0-15	2.2	7.5	32.3	34.1	7.5	2.9	13.5	2.55	1.51
A ₃	15-25	2.7	7.3	32.6	32.9	8.3	3.0	13.2	2.57	1.52
Bsq	25-55	3.0	6.6	25.5	36.5	9.0	2.2	17.2	2.72	1.55
Bir ₁	35-90	3.3	6.8	26.6	32.0	10.0	2.8	18.5	2.75	1.57
Bir ₂	90-180	3.0	6.2	25.5	33.8	10.2	2.5	18.8	2.74	1.56

Fonte: Freire, O. *et al.* (1991: 38).

Quadro 7. Dados analíticos do perfil nº 2 – Unidade Administrativa.

horizontes	profundidade (cm)	Composição mecânica (%)							Densidade	
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	Silte	Argila	Real	Aparente
Ap	0-15	2.5	6.2	32.5	35.0	7.0	2.6	14.2	2.69	1.54
A ₃	15-25	2.6	3.6	32.6	33.0	7.8	3.1	17.3	2.71	1.53
Bsq	25-50	3.1	3.2	26.6	37.2	8.5	2.7	18.7	2.70	1.59
Bir ₁	50-105	3.4	6.1	26.4	33.0	9.5	2.8	18.8	2.70	1.56
Bir ₂	105-200	3.2	6.5	26.5	32.8	9.7	2.8	18.5	2.70	1.56

Fonte: Freire, O. *et al.* (1991: 43).

¹⁵ As abreviaturas significam: Amg (areia muito grossa); Ag (areia grossa); Am (areia média); Af (areia fina) e Amf (areia muito fina).

2. Podzólicos (Unidade Flamboyant)

Apresentam-se profundos, bem drenados e com definição clara entre os horizontes A, B e C. Entre os sub-horizontes do horizonte A, a transição é clara e entre os do B é gradual. Entre a zona de transição, entre o A e B, é gradual e, às vezes, abrupta. No horizonte B encontra-se claro indício de argilas iluviadas, devido ao teor ser mais elevado. Além disto, também se observou cerosidade.

A textura do horizonte A é franco-arenosa e do B franco-argilo-arenosa. Assim, a relação entre o teor de argila do B para o A é de aproximadamente 2,5. A percentagem de areia varia de 80% nos horizontes A a 57% nos B, ocorrendo um predomínio da fração areia muito fina.

Geralmente estes solos ocorrem numa cota de 470 a 450m, cuja declividade é de 6 a 12%, localizando-se nas médias encostas. Conforme se observa nos Quadros 8 e 9, dos respectivos perfis, a fração granulométrica mais representativa são as areias muito finas, com expressiva concentração de argilas no horizonte B, típico de Podzólicos.

Quadro 8. Dados analíticos do perfil nº 3 – Unidade Flamboyant.

horizontes	profundidade (cm)	Composição mecânica (%)							Densidade	
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	Silte	Argila	Real	Aparente
Ap	0-15	-	-	17.7	23.4	50.1	-	8.8	2.64	1.2
E	15-40	-	-	15.8	22.5	51.7	1.9	8.1	2.68	1.4
Bsq	40-75	-	-	15.0	21.9	47.8	2.7	12.6	2.68	1.4
Bt ₁	75-102	-	-	12.7	18.6	41.6	2.6	24.5	2.68	1.5
Bt ₂	102-132	-	-	12.5	17.5	38.0	1.7	30.3	2.64	1.5
Bt ₃	132-162	-	-	14.0	20.0	44.0	1.0	21.0	2.64	1.5
Bt ₄	162-200	-	-	14.2	21.0	43.0	1.0	20.8	2.64	1.6

Fonte: Freire, O. *et al.* (1991: 49).

Quadro 9. Dados analíticos do perfil nº 4 – Unidade Flamboyant.

horizontes	profundidade (cm)	Composição mecânica (%)							Densidade	
		Amg	Ag	Am	Af	Amf	Silte	Argila	Real	Aparente
Ap	0-15	-	-	3.5	34.7	39.9	9.1	10.8	2.64	1.3
E	15-25	-	-	3.8	34.8	43.0	9.0	9.4	2.70	1.4
Bt ₁	25-45	-	-	2.9	28.9	35.6	8.4	24.2	2.70	1.6
Bt ₂	45-75	-	-	2.8	30.9	35.9	8.3	26.0	2.68	1.5
Bt ₃	75-110	-	-	2.5	29.8	35.8	9.0	22.9	2.64	1.4
C	110- -+	-	-	2.6	28.0	34.9	8.2	26.3	2.64	-

Fonte: Freire, O. *et al.* (1991: 54).

Como descrito anteriormente, na área escolhida para o aterro sanitário, em alguns setores pouco sobrou do pacote de sedimentos intemperizados (regolitos).

Com a retirada de camadas superiores dos solos, para serem utilizadas como material de empréstimo para obras, restaram em avançado estágio de alteração, os arenitos finos da Formação Adamantina – Ka_{IV}. Estes arenitos, em alguns locais, apresentam-se friáveis e, em outros, compactados.

A intercalação de camadas arenosas com camadas silto-argilosas proporciona diferenciações do fluxo de água entre as mesmas, facilitando a infiltração nos níveis arenosos e o retardamento nos níveis argilosos.

A retenção de água em alguns níveis (silto-argilosos) origina lençóis d'água (freático subterrâneo), que localmente são comumente suspensos e associados às áreas com predomínio de Argissolos. Estes são observados no terço inferior das baixas vertentes, onde o lençol freático aflora em extensas áreas de nascentes difusas, e logo após, sob a forma de pequenos filetes, originando os olhos d'água ou nascentes de cabeceira de drenagem.

Nestes locais, a maior resistência das camadas silto-argilosas se faz sentir na mudança de declividade das vertentes, que podem variar entre 10 a 20%.

Assim como a água, nos níveis de retardamento ou concentração do líquido pluvial, também se concentrará aí todo o líquido contaminante ativo (chorume) dissolvido ou não na água de percolação dos sedimentos locais.

Desta forma, caso fosse mantida a área escolhida e, conseqüentemente, não se impermeabilizasse a cava do aterro sanitário, a água aflorante (pontos de nascentes) poderia sofrer grande contaminação e ao aflorar transferiria para o corpo d'água superficial a carga contaminante produzida no aterro sanitário.

Neste aspecto, caracterizando o que foi dito anteriormente, pode-se observar no perfil geológico - pedológico (Figura 25) feito no corte do manto de regolito descrito nas fotos 5 e 6, a disposição estratigráfica em que se encontram os perfís de solo e as camadas geológicas da Formação Adamantina Ka_{IV}, bem como o local onde aflora o lençol freático suspenso.

Neste perfil, foram tomados em campo cinco pontos de medida, indo do topo (horizonte A) até o limite superior da camada silto-argilosa (Tabela 13).

Tabela 13. Medidas das distâncias e profundidades entre os cinco pontos e o tipo de solo baseado nas características texturais e estruturais do horizonte B.

Pontos de medida	Altitude média	Declividade (%)	Profundidade (m)	Distância entre os pontos (m)	Tipo de solo
Ponto 1	482	5 a 10	6,80	1 a 2 = 7,00	Latossolo Vermelho Escuro
Ponto 2	481	5 a 10	5,00	2 a 3 = 4,50	
Ponto 3	481	5 a 10	5,00	3 a 4 = 26,00	
Ponto 4	479	5 a 10	3,00	4 a 5 = 30,00	Argissolo Vermelho Amarelo (Podzólico)
Ponto 5	479	5 a 15	1,00	5 ao final do corte = 40,00	

Organizado e elaborado por: Nunes (2001)

Além das medidas de espessura do manto de regolito feitas no corte descrito anteriormente, foram coletadas cinco amostras de solos, a fim de se analisar, através da composição granulométrica (areia, silte e argila), e das densidades real e aparente, a porosidade ou porosidade de areação dos horizontes B e C (Tabela 14).

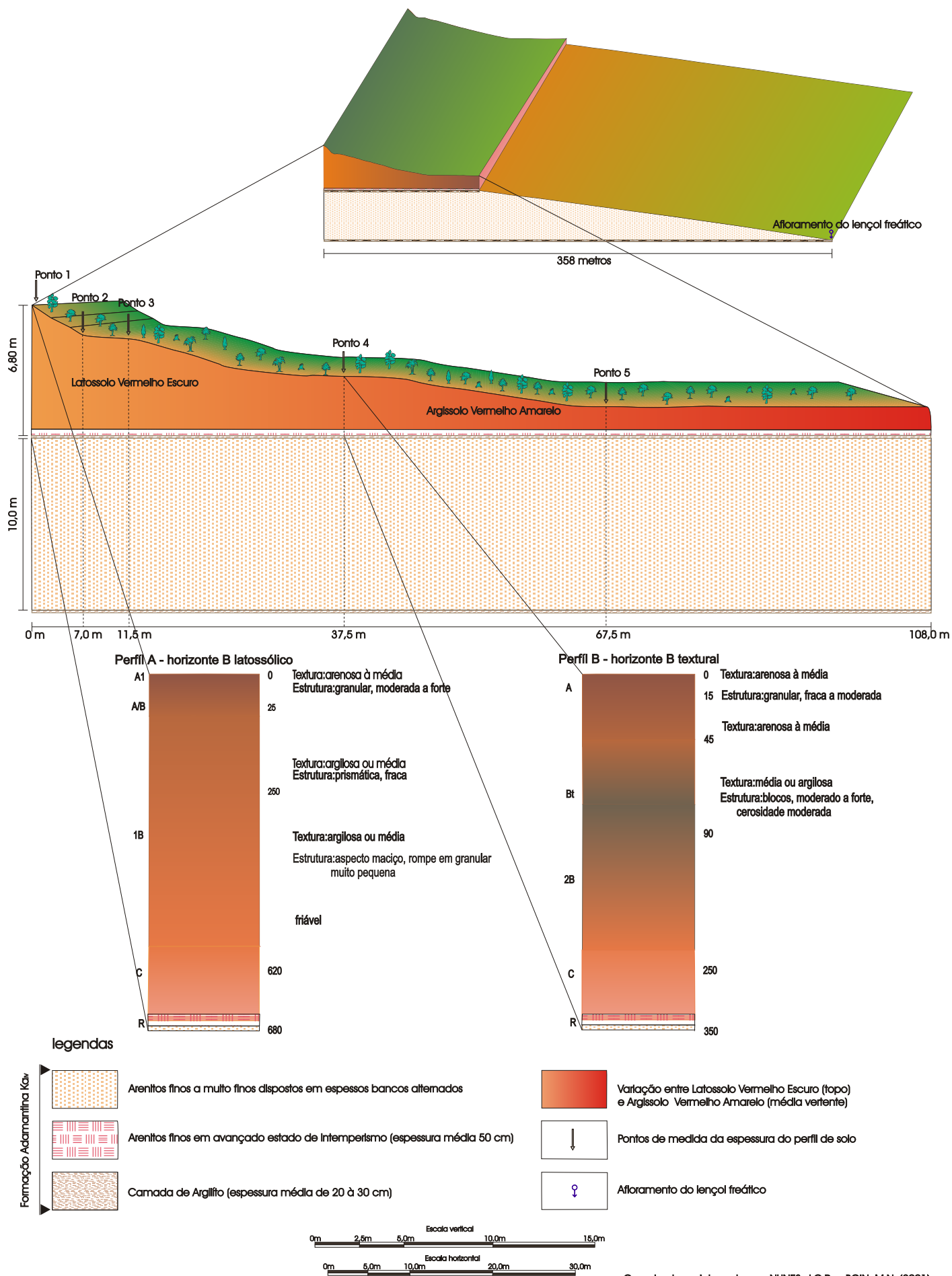


Figura 25 - Perfil geológico-pedológico de um corte localizado ao lado da área escolhida pela gestão 1997-2000, para o Aterro Sanitário de Presidente Prudente - SP.

Tabela 14. Dados analíticos dos horizontes B e C dos solos Latossolo Vermelho Escuro e Argissolo Vermelho Amarelo do corte localizado ao lado da área escolhida para o aterro sanitário.

Solo	Horizonte	Profundidade (cm)	Composição Granulométrica %						Densidade		Porosidade		
			Areia				Silte	Argila	Real	Aparente	$\frac{100.(Dr - Da)}{Dr}$		VPT %
			Am	Af	Amf	Total							
Latosolo Vermelho Escuro	1B	25-620	3,68	45,23	51,09	69,98	6,42	23,80	2,67	1,21	2,67	1,21	54,68
	1C	620-680	0,76	13,08	86,16	57,76	17,44	24,47	2,58	1,08	2,58	1,08	58,14
Argissolo Vermelho Amarelo	Bt	45-90	2,94	40,35	56,71	58,53	6,27	32,80	2,42	1,13	2,42	1,13	53,31
	2B	90-250	2,40	36,21	61,39	64,91	12,69	24,13	2,42	1,20	2,42	1,20	50,41
	2C	250-350	0,77	16,56	82,67	44,07	27,93	27,00	2,50	1,03	2,50	1,03	58,80

Obs: Am (areia média), Af (areia fina), Amf (areia muito fina), Dr (densidade real), Da (densidade aparente) e VTP (volume total de poros).

Organizado e elaborado por: Nunes (2001)

Duas amostras foram retiradas do Latossolo Vermelho Escuro (horizontes 1B e 1C) e três amostras do Argissolo Vermelho Amarelo (horizontes Bt, 2B e 2C).

Estes dados são importantes para relacionar qual o tipo de solo associado à porcentagem de argila mais adequada para ser utilizada como material de impermeabilização de base, bem como no uso para cobertura das células de lixo, em ambiente de decomposição anaeróbio.

A descrição das características texturais e estruturais do horizonte B Latossólico e B textural (Argissolo), foi elaborada conforme descrito no “Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo” (Lemos, R. C. de e Santos, R. D. dos; 1996: 83).

Conforme se nota no perfil, associado às tabelas 13 e 14, do ponto 1 ao 3, distanciando-se aproximadamente 11,5 metros, a espessura média do perfil é de 5,6 metros, estando a uma altitude média de 482m, cuja declividade média é de 5 a 10%.

Observou-se que o perfil do solo apresenta, um espesso horizonte 1B de profundidade entre 25 à 620cm, cujos percentuais texturais foram de 69,98 de areia, 6,42 de silte e 23,80 de argila. A fração areia muito fina é a predominante com 51,09%. A estrutura é prismática, com aspecto maciço, que se rompe facilmente ao bater com o martelo geológico, em granular muito pequeno.

No mesmo perfil, o horizonte 1C, pouco profundo, de 620 a 680 cm, também apresentou o predomínio da fração areia com 57,76%. Desta a maior porcentagem também foi de areia muito fina, 86,16. O restante das frações granulométricas ou texturais apresentaram 17,44 % de silte e 24,47% de argila.

De acordo com as características texturais, classificou-se o perfil como franco-arenoso, devido à alta porcentagem de areia total (69,98%), onde ocorre o predomínio maior da fração areia muito fina nos dois horizontes, e uma dispersão uniforme das argilas, ao longo do espesso e profundo perfil do horizonte 1B. Solos com estas características são típicos de Latossolo.

Além dos dados da composição granulométrica, foram calculados os dados da densidade real e da aparente para a obtenção da porosidade.

No horizonte 1B, a densidade real foi de 2,67 e a aparente de 1,21, apresentando uma porosidade total de 54,68%. E, no horizonte 1C, a densidade real foi de 2,58, a aparente de 1,08 e a porosidade total de 58,14%.

No outro perfil de solo analisado, que se situa em um ponto entre a metade do ponto 3 até o corte final do barranco, cuja distância é de aproximadamente 83m, a espessura média do regolito é de 2,6 metros, estando a uma altitude média de 479m, e com declividades que variam entre 5 a 15%.

Neste perfil, identificou-se texturalmente, no horizonte Bt (profundidade entre 45 a 90 cm), uma porcentagem de 32,80 de argila, 6,27 de silte e 58,53 de areia, sendo que 56,71% foi de areia muito fina. A textura é de média à argilosa e a estrutura apresenta blocos subangulares, com cerosidade moderada.

No horizonte 2B, com profundidade entre 90 a 250 cm, a composição granulométrica predominante foi areia, com 64,91%, posteriormente argila, com 24,13% e silte com 12,69%. E, no horizonte 2C, de profundidade entre 250 a 350 cm, também a fração predominante foi de areia, com 44,07%, tendo 82,67% de areia muito fina, de silte 27,93% e argila 27,00%. Como se pode observar, das amostras analisadas em laboratório, a única que apresentou a fração silte maior ou igual à fração argila, foi a do horizonte 2C.

A partir das características texturais, classificou-se o perfil como franco argiloarenoso, devido à concentração de argila iluviada, com cerosidade média, no horizonte Bt (32,80%). Solos com estas características são típicos de Argissolo ou Podzólico.

Quanto aos dados sobre as densidades real e aparente para a obtenção da porosidade total, observando-se a Tabela 14 constatou-se que a maior porosidade ocorreu no horizonte 2C (58,80%), posteriormente no Bt (53,31%) e, em menor porcentagem, no 2B (50,41%).

Associando os dados de composição granulométrica com os de porosidade dos solos acima descritos, constatou-se que os percentuais de porosidade total apresentaram, entre os horizontes dos solos Latossolo Vermelho Escuro e Argissolo Vermelho Amarelo, uma variação entre 50,41 (2B) a 58,80 (2C).

Geralmente, em média, solos com estes percentuais são classificados como argilosos.

No caso do Latossolo Vermelho Escuro, este apresentou, ao longo do horizonte 1B, percentuais médios uniformes de porosidade e distribuição de argilas. Isto significa que, a partir da textura fina à arenosa, ele apresenta boa drenagem de percolados líquidos e aeração de oxigênio entre os espaços porosos. Ou seja, ocorre maior percolação de água gravitacional, fazendo com que o ar passe a ocupar os poros não capilares.

Referente ao Argissolo Vermelho Amarelo, além do perfil ser menos espesso e profundo, ocorreu maior concentração de argila iluviada verticalmente, ou por deslocamento horizontal, no horizonte Bt.

A textura fina à argilosa deste horizonte dificulta a drenagem de percolados líquidos e aeração de oxigênio nos horizontes inferiores. Por outro lado, no estado de saturação, ele pode conter mais água que no perfil do Latossolo Vermelho Escuro.

Como pôde ser observado, a relação entre a drenagem de percolados líquidos e a aeração de oxigênio em subsolo, está diretamente associada à porosidade, que se refletirá no grau de arejamento e de drenagem dos solos.

Conforme o Quadro 10, proposto por Resende (1986: 55-6) o Latossolo Vermelho Escuro de textura média à arenosa apresenta um grau de arejamento e drenagem forte, com uma renovação rápida em perfis permeáveis com pequenas diferenciações.

Já no Argissolo Vermelho Amarelo de textura argilosa, principalmente no horizonte Bt, o grau de arejamento e drenagem é moderados. A renovação é lenta, pois o perfil permanece molhado por pequena parte do tempo. No horizonte Bt, a camada de permeabilidade é lenta e ocorre a existência de lençol freático suspenso.

Quadro 10. Descrição das classes de drenagem e exemplos.

Renovação	Classes de drenagem	Exemplos
Muito rápida, por excessiva permeabilidade, declives muito íngremes ou ambos.	Excessivamente drenado	Solos muito arenosos.
Rápida, em perfis permeáveis com pequena diferenciação.	Fortemente drenado	Latossolos de textura média.
Rápida, em perfis permeáveis com pequena diferenciação.	Acentuadamente drenado	Latossolos de textura argilosa à média.
Fácil, mas não rapidamente, sem mosqueado de redução, exceto a grandes profundidades.	Bem drenado	Terra Roxa Estruturada, Podzólicos e Latossolos argilosos, com baixos teores de ferro e caolínticos.
Lenta, perfil permanece molhado por pequena parte do tempo, camada de permeabilidade lenta e lençol freático no horizonte B, ou logo abaixo, alto, e ou remoção lateral interna.	Moderadamente drenado	Podzólicos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas.
Lenta, perfil molhado por muito tempo, indício de gleisação nas partes baixas.	Imperfeitamente drenado	Vertissolos, Hidromórficos Cinzento Planossolos.
Lençol freático à superfície ou próximo a ela uma boa parte do ano.	Mal drenado	Gley pouco Húmico.
Lençol freático à superfície ou próximo a ela na maior parte do ano; estagnação de água.	Muito mal drenado	Orgânicos e Gley Húmico (alg), Tiomórficos.

Fonte: Resende (1986: 56)

É importante destacar que, até o presente momento, todas as análises elaboradas nos solos Latossolo Vermelho Escuro e Argissolo Vermelho Amarelo foram feitas em perfis não alterados. Isso significa que, ao ser definida a área para a construção do aterro sanitário, o solo que servirá principalmente como material de cobertura, quando remexido estruturalmente, não apresentará as mesmas características que outrora. As porcentagens das frações granulométricas (areia, silte

e argila) não se alteram, mas a estrutura¹⁶ (granular, angular e prismática) se modifica profundamente. Assim, na definição de qual o melhor tipo de solo para ser utilizado como material de cobertura, o principal aspecto a ser observado quanto às porcentagens de argilas que se apresentam não somente em um único horizonte, como nos Argissolos com horizonte B textural, mas no perfil como um todo.

Assim, a água, ao percolar nos horizontes dos solos Latossolo Vermelho Escuro (topo da colina à média alta vertente), penetra de modo mais rápido, e nos horizontes do Argissolo Vermelho Amarelo (média à baixa vertente), de modo mais lento, ao atingir o substrato rochoso (Formação Adamantina Ka_{IV}). No local onde serão depositados os resíduos sólidos e líquidos do aterro sanitário, de acordo com as características morfoestruturais da área de pesquisa, o líquido infiltrante circulará em um misto de meio poroso por granulação e poroso por fissuração.

O meio poroso por granulação constitui-se em uma rocha de origem sedimentar, que apresenta diversos depósitos estratigráficos. Estes depósitos, por serem constituídos granulométricamente de sedimentos heterogêneos, podem dificultar a permeabilidade vertical do fluxo de água entre as camadas geológicas.

No caso da área de pesquisa, como visto anteriormente, estratigraficamente na Formação Adamantina - Ka_{IV}, ocorrem intercalações entre bancos de arenitos finos à muito finos com camadas de lamitos e argilítos. As camadas de arenitos finos a muito finos apresentam-se mais friáveis e permeáveis à infiltração de percolados. Já as camadas de argilítos, por serem camadas granulométricamente compostas predominantemente por argilas, ao se tornarem saturadas apresentam-se pouco friáveis e permeáveis ao fluxo vertical de água.

Associado a um meio poroso por granulação (rocha sedimentar), o líquido percolante também circula por um meio poroso por fissuração. Esta associação é feita devido às características morfoestruturais presentes na área, ou seja, por estar situada em um alto topográfico e alto estrutural, apresenta alta lixiviação, alta percolação, alterações profundas, intensa circulação de água e baixa

¹⁶ A estrutura de um solo pode ser definida como sendo o resultado da agregação das suas partículas primárias, originando formas definidas (Kiehl, 1979: 145).

erosão. Estes processos são ocasionados devido ao grau de fraturamento do substrato rochoso (Formação Adamantina), decorrentes de fatores tectônicos estruturais anteriormente comentados. Assim, a água também circula pelas fraturas existentes entre as camadas. Todavia, conforme o grau de meteorização das rochas, as argilas resultantes deste processo, podem se depositar em áreas comprimidas tectonicamente (sinformes), onde ocasionam o impedimento de infiltração de líquidos pelas fraturas.

Com base nas características texturais ou granulométricas, na porosidade dos solos e na circulação da água nos meios porosos, descritos na área do aterro sanitário, foi feita uma adaptação a partir da tabela proposta por Miotto (1990: 107), que trata da relação entre a constituição textural dos solos e o grau de permeabilidade e infiltração de água, favorável à saponificação¹⁷ de cadáveres em ambiente anaeróbio. Na Tabela 15 (adaptada), procurou-se associar os mesmos parâmetros utilizados por Miotto *op cit*, agora para a decomposição da matéria orgânica em ambiente anaeróbio, contida nos resíduos sólidos domésticos, que são depositados em cavas sobre a rocha decomposta/alterada em aterro sanitário.

Tabela 15. Favorabilidade à decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos em ambiente anaeróbico.

Constituição dos solos	Potencial Hidrogeológico (vazão específica)	Condutividade Hidráulica ou permeabilidade (cm/s)	Coefficiente de Transmissividade (cm/s)	Favorabilidade à decomposição da matéria orgânica
Solos Argilosos (superficiais)	Fraco	0,010 à 0,200	0,040 à 0,800	Muito Favorável
Solos Argilosos (profundos)	Muito Fraco	10^{-8} à 10^{-2}	4×10^{-8} à 4×10^{-2}	Favorável
Areias Finas	Elevado	1,00 à 5,00	4,00 à 20,00	Desfavorável
Areias Médias	Elevado	5,00 à 20,00	20,00 à 80,00	Desfavorável
Mistura de Areia Grossa e Cascalho	Ótimo	100 à 1.000,00	400 à 4.000,00	Muito Desfavorável
Mistura de Argila, Areia e Cascalho.	Razoável	5 à 100,00	20,00 à 400,00	Desfavorável

Fonte: Adaptado de Miotto (1990: 107).

¹⁷ Processo que transforma o cadáver em matéria de consistência untuosa, mole e quebradiça, de tonalidade amarelo-escura, com aspecto de cêra ou sabão. Este processo ocorre em solos constantemente encharcados de difícil aeração.

De acordo com a Tabela 15, pode-se analisar e inferir que o horizonte 1B do Latossolo Vermelho Escuro (profundidade de 25 a 620 cm), por ser constituído texturalmente na sua maioria de areia muito fina e uma boa dispersão de argilas ao longo do seu perfil (23,80%), mesmo apresentando um potencial hidrogeológico (vazão específica) elevado, uma condutividade hidráulica de 1,00 a 5,00 cm/s de permeabilidade e um coeficiente de transmissividade médio de 4,00 a 20,00 cm/s, pode ser considerado como favorável para ser utilizado como material de cobertura das células dos resíduos sólidos em ambiente anaeróbio.

Quanto ao Argissolo Vermelho Amarelo, por apresentar um horizonte Bt superficial (profundidade de 45 a 90 cm), texturalmente identificado como franco argiloarenoso, mesmo apresentando um potencial hidrogeológico fraco, com uma condutividade hidráulica de 0,010 a 0,200 cm/s e um coeficiente de transmissividade baixo de 0,040 a 0,800 cm/s, é considerado como desfavorável para ser utilizado como material de cobertura das células dos resíduos sólidos em ambiente anaeróbico, pois a concentração maior de argilas encontra-se, basicamente, no horizonte Bt textural.

Após a análise da dinâmica dos fatores físicos que atuam em subsuperfície (endógenos), no caso os aspectos morfoestruturais e pedológicos, serão analisados, na sequência, os aspectos físicos exógenos, objetivando-se compreender a morfodinâmica da paisagem na sua totalidade.

5.2. Os aspectos Exógenos

Como já foi visto no capítulo anterior, identificou-se que no município de Presidente Prudente, predominam geomorfológicamente, relevos de colinas côncavo-convexas de topos suavemente convexizados. Além desta forma de relevo, existem também os Morrotes Alongados e Espigões, nos quais situa-se o núcleo urbano da cidade de Presidente Prudente, onde predominam declividades médias a altas, acima de 15%, com amplitudes locais inferiores a 100 metros.

Com referência à área em que foi feita a análise morfodinâmica, de acordo com a Carta Geomorfológica do Distrito Industrial de Presidente Prudente

(Figura 26), foram identificados três compartimentos de relevo, que aproximadamente se associam, topograficamente, com as seguintes formações geológicas e pedológicas:

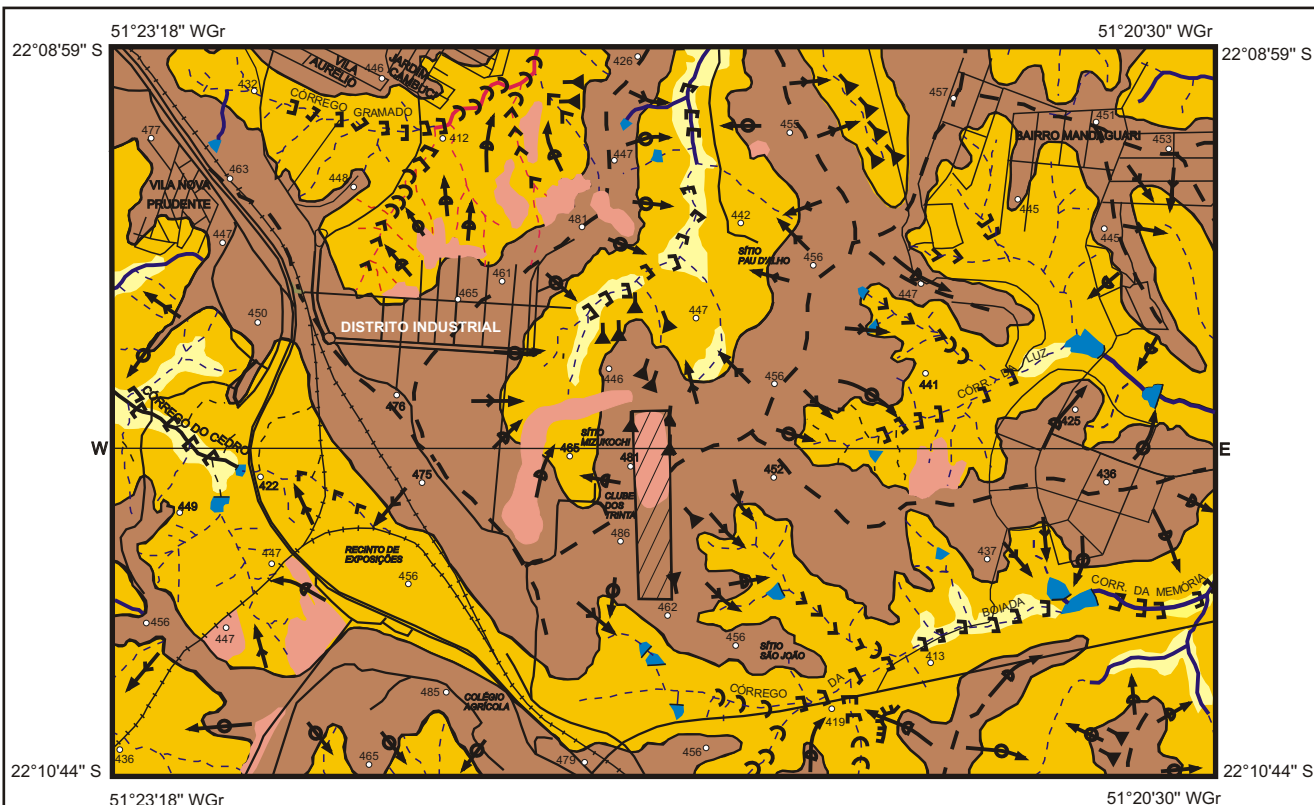
1. Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas (450 a 486 metros), com predomínio de formações de alteração do tipo manto de intemperismo ou regolito. Em alguns setores, afloram os arenitos da Formação Adamantina, com ocorrência dos topos para as médias altas vertentes de Latossolo Vermelho Escuro e, em alguns setores, Argissolo Vermelho Amarelo (Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico);

2. Domínio das vertentes convexo-côncavas e mistas (420 a 450 metros), com predomínio da Formação Adamantina e Argissolo Vermelho Amarelo (Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico);

3. Fundos de vales e várzeas (380 a 420 metros), com predomínio de Formações Aluviais Quaternárias e Neossolo Flúvico + Gleissolo Háplico.

Observando a Carta Geomorfológica, a linha divisória dos compartimentos corresponde a um patamar de vertente estrutural, cujo substrato geológico de sustentação são os arenitos cimentados por carbonato de cálcio da Formação Adamantina. Além disso, a linha divisória delimita os compartimentos do Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas com o do Domínio das vertentes convexo-concavas e mistas.

De modo geral, apresentam-se como a principal forma de relevo dominante as colinas convexizadas de topos suavemente ondulados, cujas declividades (Figura 27) variam em média de 2 a 10%. No compartimento do Domínio das vertentes côncavo-convexas e mistas, apresentam-se declividades que variam de 10 à maior que 20%. E, nos Fundos de Vale e Várzea, os valores apresentam-se entre 0 a 5%.



LEGENDAS

COMPARTIMENTO DE RELEVOS

- Topo suavemente ondulado das Colinas Convexizadas
- Domínio das vertentes Côncavo-Convexas
- Fundos de Vales e Várzea

FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

- Linha de divisor d'águas
- Linha divisória de compartimentos
- Vertente Côncava
- Vertente Convexa
- Vertente Côncavo-Convexa
- Vale de Fundo Chato
- Vale em U
- Vale em V
- Terraço

FEIÇÕES HÍDRICAS

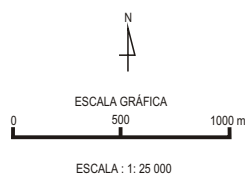
- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Açúde/Barragem
- Curso d'água poluído

DINÂMICA AMBIENTAL

- Área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário
- Área de retirada de solo para empréstimo
- Ravinas

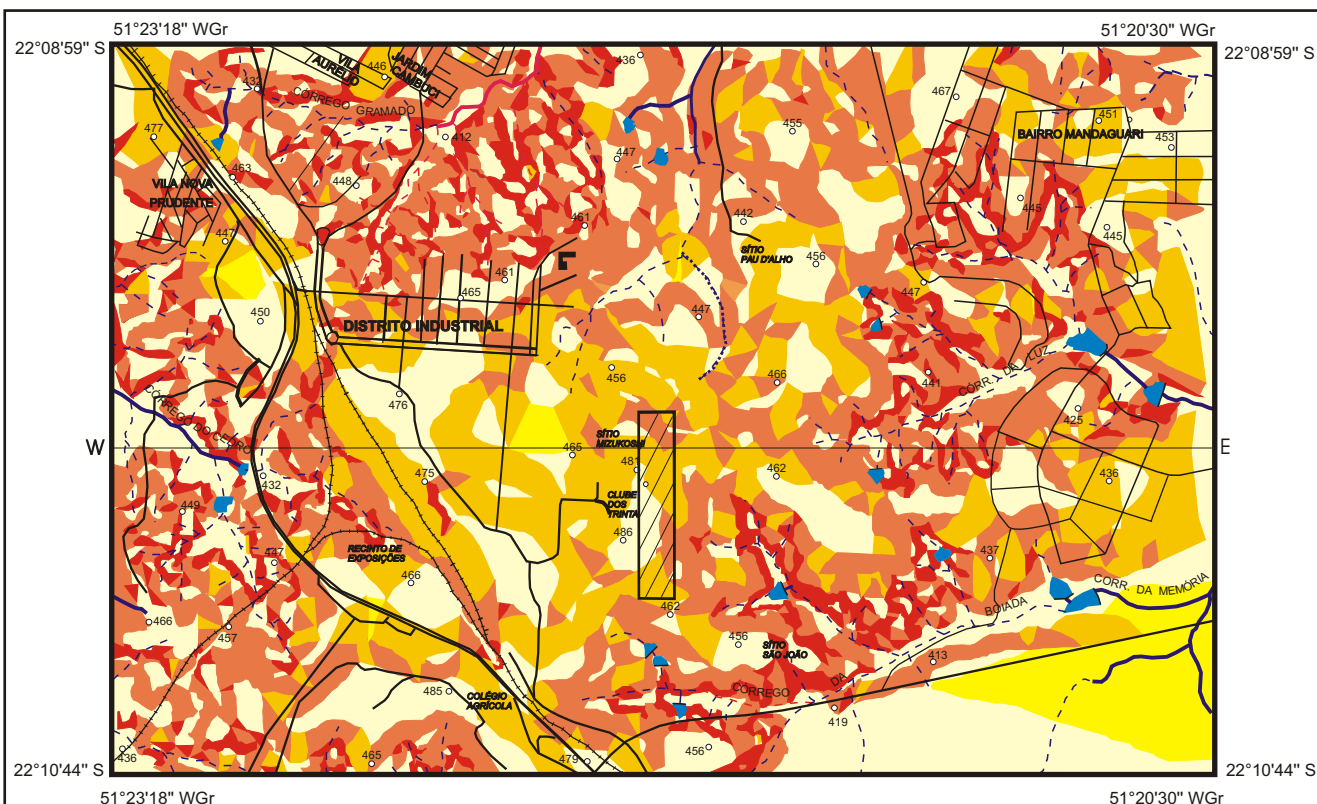
ESPAÇOS URBANIZADOS

- Área Industrial
- Área Residencial
- Rodovias
- Ferrovias
- Estradas Vicinais



Elaborado e organizado por: NUNES, J.O.R. (2000)
Editoração: FLORA H. SATO

Figura 26 - Carta Geomorfológica do Distrito Industrial de Presidente Prudente - SP



LEGENDAS

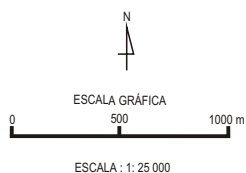
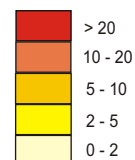
- Área Industrial
- Área Residencial
- Rodovias
- Ferrovias
- Estradas Vicinais



Área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário

- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Açúde/Barragem
- Curso d'água poluído

CLASSES DE DECLIVIDADE (%)



Elaborado e organizado por: NUNES, J.O.R. (2000)
 Edição: FLORA H. SATO

Figura 27. Carta de Declividades do Distrito Industrial de Presidente Prudente-SP.

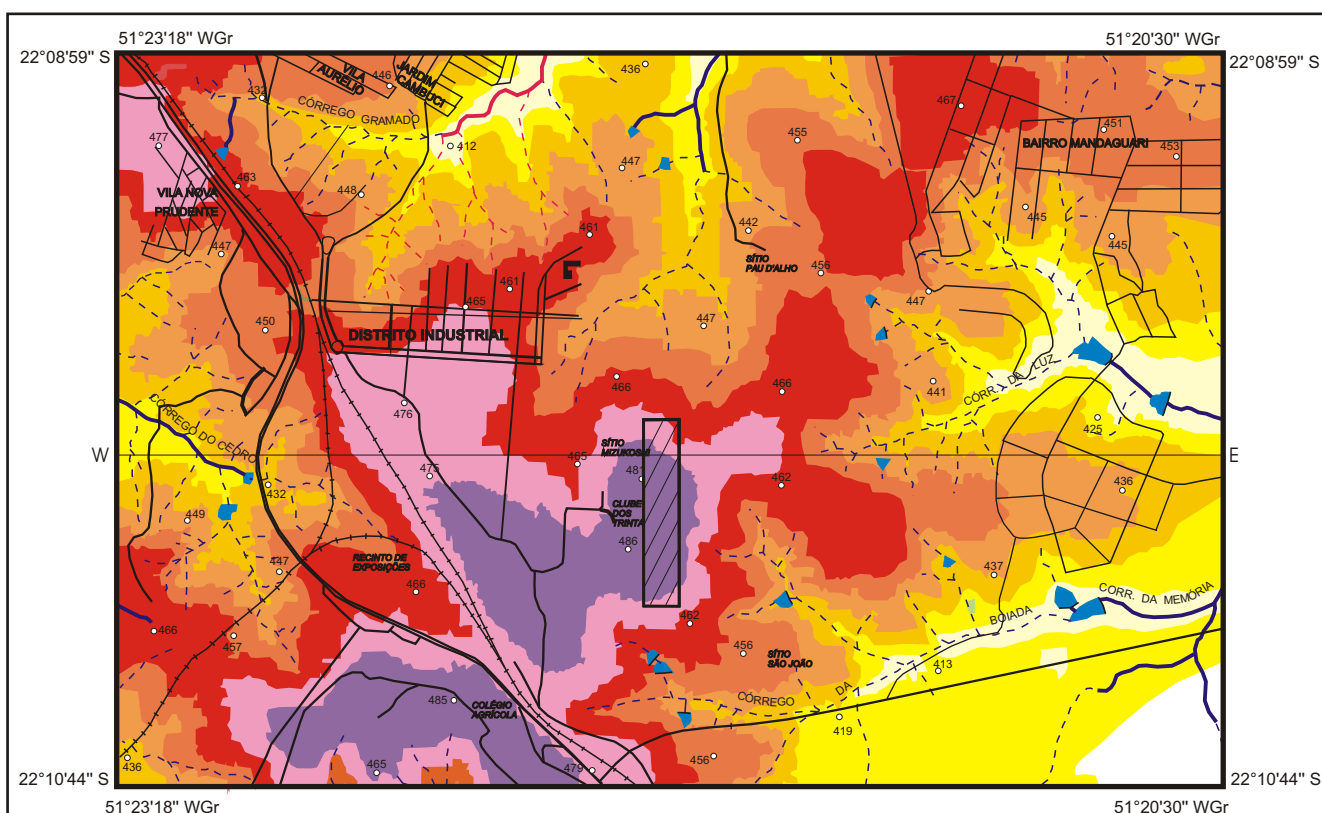
A morfologia formada pela seqüência de relevos de colinas côncavo-convexas possui de médios a amplos interflúvios, que se interligam com outras colinas através de colos rasos e pouco alongados, formando pequenos espigões desgastados pela pediplanação neogênica (Ab' Saber, 1969:4), cujas altitudes variam para a área de 486 metros (setor central) a 425 metros (setor leste).

Neste contexto, a área escolhida pela gestão 1997-2000, para o aterro sanitário (Foto 7), encontra-se localizada na média alta vertente de uma colina, entre 486 a 479 metros. O local apresenta declividades pouco acentuadas, variando de 0 a 10% na sua maior parte. Somente os setores à jusante (baixa vertente) é que apresentam declividades de 10 a 15%.



Foto 7. No primeiro plano, observa-se a área escolhida para o aterro sanitário, onde foi retirado solo (material de empréstimo). Ao fundo, visualiza-se o predomínio dos relevos de colinas convexo-côncavas de topos suavemente ondulado. Nunes (2000)

Os espigões desgastados, no quais se encontra a área escolhida para o aterro sanitário, servem como divisores de águas entre as bacias hidrográficas dos afluentes dos rios Santo Anastácio, a oeste, e do Peixe, a nordeste. Isso pode ser observado na Carta Hipsométrica (Figura 28), em que os topos apresentam altitudes que variam de 450 a 486 metros, e cuja linha de cumeada, por onde passa a estrada de Ferro Sorocabana está no sentido NW-SE.



LEGENDAS

- Área Industrial
- Área Residencial
- Rodovias
- Ferrovias
- Estradas Vicinais

- Área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário
- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Curso d'água poluído
- Açúde/Barragem

CLASSES HIPSEMÉTRICAS (metros)

- 480 - 490
- 470 - 480
- 460 - 470
- 450 - 460
- 440 - 450
- 430 - 440
- 420 - 430
- 410 - 420



Elaborado e organizado por: NUNES, J.O.R. (2000)
 Editoração: FLORA H. SATO

Figura 28 - Carta Hipsométrica do Distrito Industrial de Presidente Prudente-SP.

É importante destacar que, foi justamente sobre este espigão divisor de água, que se construiu primeiramente a estrada de Ferro Sorocabana, cujos trilhos chegaram à região de Presidente Prudente em 1917. A estrada de Ferro Sorocabana serviu como um dos marcos históricos impulsionadores do crescimento demográfico, urbano e econômico para a cidade de Presidente Prudente. Posteriormente, foi construída sobre o mesmo espigão a rodovia Raposo Tavares (SP-270).

Paralelamente à expansão da malha ferroviária, a ocupação histórica do relevo onde se encontra localizado o sítio urbano da cidade de Presidente Prudente, inclusive da área de pesquisa (Distrito Industrial), deu-se, inicialmente, dos topos das colinas e espigões rasos, direcionando-se, posteriormente, para as áreas mais baixas, os fundos de vales e várzeas.

Esta forma de ocupação do relevo ocorreu de modo semelhante em todo o extremo Oeste Paulista, em que Barrios (1995:89), ao estudar “O Agrossistema do Oeste Paulista”, descreve que:

“A ocupação do território representativo do agrossistema se fez, primeiramente nos espigões seguindo a estrada de ferro, para depois se espalhar em direção aos vales dos rios do Peixe e Paranapanema”.

Associada à morfologia do relevo, a litologia dominante nos Topos das colinas e espigões é, na maioria, formada por um manto de regolito/intemperismo de espessura variada. Já no Domínio das vertentes convexo-côncavas e mistas, onde predominam os arenitos da Formação Adamantina, nas médias vertentes, o regolito se apresenta mais espesso. Em alguns setores, onde ocorreram retiradas de material de empréstimo (materiais espólicos), ou nos pontos de predominância de erosão linear (ravinamento), afloram os arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina. Nas várzeas, predominam os sedimentos aluvionares e os coluvionares.

Nos compartimentos de onde se retirou solo (materiais espólicos) para a construção das obras dos trevos de entrada para a cidade de Presidente Prudente,

na rodovia Raposo Tavares SP-270; e nos pontos de onde ainda se retira solo para ser utilizado na cobertura do aterro controlado, local onde se depositam os resíduos domésticos sem nenhum tratamento dos lixiviados orgânicos e inorgânicos, o pacote de regolito apresenta-se, em alguns pontos, raso e, em outros pouco espessos. Nos locais rasos, além de aflorarem os arenitos da Formação Adamantina, o solo fica totalmente exposto, criando ambientes resistásicos favoráveis a diversos processos erosivos (Foto 8).



Figura 8. No centro, observa-se o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina. Este local se situa próximo do incinerador de lixo hospitalar no Distrito Industrial. Nunes (2000).

As áreas de declividade acentuada (de 10 a 20%) apresentam vários sistemas de embaciamento de águas, com morfologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatros, cujo sistema de drenagem, nas áreas em que afloram os arenitos da Formação Adamantina, é dendrítico.

Em alguns setores, observaram-se erosões em forma de sulcos e erosões remontantes, com o sucessivo alargamento dos leitos fluviais através do debarrancamento das margens desvegetadas de alguns córregos. Alguns sulcos encontram-se em processo de ravinamento (Foto 9), principalmente nas proximidades da atual área de despejo dos resíduos sólidos domésticos (materiais gárbicos) e, com menos intensidade, próximo da área escolhida para o aterro sanitário.



Foto 9. Na parte inferior, observam-se os depósitos de resíduos sólidos domésticos do aterro controlado, em uma vertente com declividade média de 20%. Na outra encosta da colina, constataam-se processos erosivos lineares, com início de ravinamentos. Nunes (2000).

Outro aspecto importante refere-se à relação entre a declividade e o comprimento de rampa das vertentes, que expressam entre tantos aspectos a sua morfologia. Esta se apresenta de forma heterogênea, ou seja, em algumas vertentes tem-se morfologia côncava, convexa ou mista convexo-côncava. A formação deste modelado está associada a processos morfogenéticos oriundos de clima úmido, que ocasionaram a formação de relevos mais arredondados (colinosos) ou semi-mamelonizados sob as antigas superfícies de cimeira, os chapadões do Oeste Paulista (Ab'Saber, 1969) e ou atuais espigões (Sudo, 1980) desgastados pela erosão neogênica. Assim, os relevos colinosos dominantes na área de pesquisa e suas feições geomorfológicas de encosta foram descritos baseados no exposto por Moura e Silva (1998: 143-80), no trabalho sobre “Complexos de Rampas de Colúvios”, desenvolvido nas encostas dos relevos colinosos do Planalto Sudeste do Brasil e adaptado à realidade observada na área de pesquisa.

Em áreas de cabeceiras de drenagem em anfiteatro, de declividades acentuadas de 10 a 20% sem cobertura vegetal, o manto de regolito sofre processos

de erosão e deposição de material constituinte ao longo das vertentes, com intensidade e direção que convergem para o eixo principal da bacia.

Neste caso, a partir da relação erosão - sedimentação, as vertentes com morfologia convexa recuam menos, sendo consideradas as áreas como fonte dos depósitos coluviais encosta abaixo (Moura e Silva, 1998: 150). Já as vertentes côncavas recuam mais rapidamente e as mistas sofrem um duplo processo ao longo do seu perfil. Neste aspecto, a morfologia das vertentes (côncavas, convexas e mistas) está intimamente associada às modificações climáticas, à litoestratigrafia dominante e ao uso do solo.

Conforme pôde ser observado na Carta Geomorfológica, de modo geral, as vertentes côncavas apresentam declividades menos acentuadas, com rampas mais longas e manto de intemperismo mais profundo. As vertentes convexas estão geralmente associadas às vertentes mais declivosas, rampas pouco alongadas e regolitos menos espessos. Em algumas colinas com predomínio de vertentes côncavas, observações feitas à jusante da área escolhida para o aterro sanitário, identificaram-se da média para a baixa vertente próximo ao contato com a várzea, pontos de surgência do lençol freático, com o surgimento de cobertura vegetal típica de área de banhado (Foto 10).

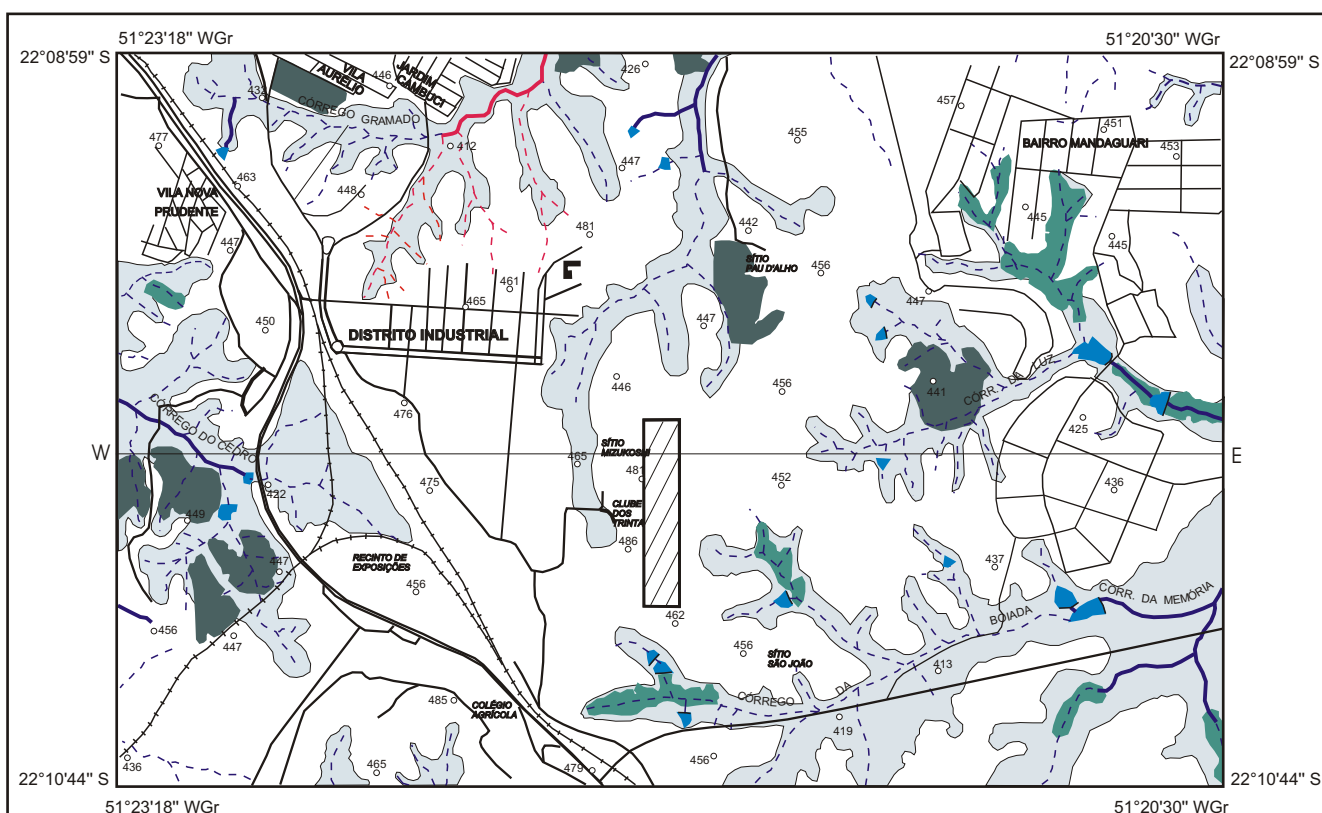


Foto 10. Baixa vertente à jusante da área escolhida pela gestão 1997-2000, para o aterro sanitário. Neste local, observa-se a formação de vegetação típica de banhado (Taboa), com afloramento do lençol freático. Nunes (2000)

Isso vem ao encontro do proposto por Moura e Silva (1998: 153-4), em que as áreas côncavas concentram fluxos d'água subsuperficiais através do aumento do poro-pressão, gerando também fluxos superficiais saturados que, em períodos de maior pluviosidade, podem provocar rupturas/erosões por diferentes processos. Este fato pode ser melhor compreendido quando se observa a Figura 29, que apresenta uma delimitação das áreas de surgências do lençol freático. Estas áreas representam os locais onde o lençol freático encontra-se quase aflorante. É comum, nos períodos de maior pluviosidade, surgirem as chamadas minas d'água ou nascentes. É a água destas nascentes que abastece os diversos córregos temporários e permanentes da área.

No caso da área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário, constatou-se a existência de vários pontos de surgência do lençol freático a menos de 200 metros, como visto na Foto 10. Geralmente, estes lençóis freáticos são chamados de suspensos, devido à sua pouca profundidade. Este processo ocorre porque a água, ao se infiltrar no subsolo, quando encontra camadas impermeáveis de sedimentos siltico-argilosos da Formação Adamantina – unidade Ka_{IV}, acaba sendo confinada.

Alguns setores das áreas de surgência do lençol freático, conforme o processo de ruptura ocasionado pela dinâmica hídrico-geomorfológica, quando associadas à história de ocupação da paisagem, geraram, na área de pesquisa, sérios problemas ambientais, configurados na forma de sulcos erosivos laminares e lineares. É importante destacar que, à jusante do local da área escolhida para o aterro sanitário, mais precisamente na baixa vertente próxima do contato com a várzea, onde ocorre o afloramento de vários pontos do lençol freático, observaram-se processos erosivos do tipo ravinamento, que não tendem a voçorocamento. Isto se deve ao controle estrutural exercido pelo afloramento (em alguns pontos) do maciço rochoso (Formação Adamantina - Ka_{IV}), já em adiantado estado intempérico. Ou seja, neste ponto da vertente, onde os depósitos coluviais são constituídos por uma pequena camada de material pedogeneizado, ao serem erodidos, logo provocam o afloramento dos arenitos intemperizados da Formação Adamantina.



LEGENDAS

- Área Industrial
- Área Residencial
- Rodovias
- Ferrovias
- Estradas Vicinais



Área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário

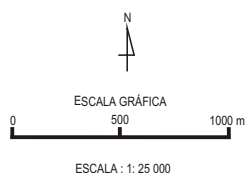
HIDROGRAFIA

- Curso d'água permanente
- Curso d'água temporário
- Curso d'água poluído
- Açude/Barragem

Áreas de Surgência do Lençol Freático

COBERTURA VEGETAL

- Mata Remanecente
- Mata Galeria



Elaborado e organizado por: NUNES, J.O.R. (2000)
 Editoração: FLORA H. SATO

Figura 29 - Carta de Áreas de Surgência do Lençol Freático do Distrito Industrial de Presidente Prudente-SP.

Ainda no mesmo setor, à jusante, devido as várias transformações ambientais que a área sofreu (desmatamentos, ravinamentos, terraceamentos, etc.), o material sedimentar originário de montante ao ser transportado, depositou-se em forma de cone de dejeção, em locais deprimidos e sustentados estruturalmente pelos arenitos da Formação Adamantina. Nestes locais, formou-se uma pequena planície entulhada (várzea), em forma de alvéolos, que atualmente encontram-se estabilizados pela vegetação típica de banhado (ex: Taboa).

Em outro extremo da área cartografada, no setor à montante da bacia de drenagem do córrego Gramado, o relevo é mais dissecado. Predominam declividades mais acentuadas (maior que 20%), com morfologia de fundo de vales em V. Isto se deve à pouca erodibilidade dos arenitos cimentados por carbonato de cálcio da Formação Adamantina. De modo geral, em quase toda a área cartografada, ocorre o predomínio de vales de fundo chato ou em U, com áreas de várzeas em setores, onde os materiais de natureza aluvio-colúvio são ora mais rasos, ora mais espessos.

Um outro detalhe da influência litoestrutural dos arenitos da Formação Adamantina sobre o relevo foi a identificação de feições geomorfológicas de terraços fluviais (421 metros), na porção sul da área cartografada. Provavelmente, constituía antigo leito fluvial do córrego da Boiada (410 metros).

Com referência à cobertura vegetal, na área dominam as gramíneas. Em alguns pontos, ocorre a existência de resquícios de matas residuais nas encostas, em forma de cabeceiras de drenagem, e matas galerias ao longo de alguns córregos. É nestes capões de matas que se encontram algumas das nascentes d'água, que alimentam os vários córregos temporários e permanentes.

Com a retirada da vegetação de porte, associada as várias atividades sócio-econômicas desenvolvidas ao longo do processo histórico de ocupação da paisagem, algumas áreas apresentam-se totalmente degradadas, com solo exposto, como pode ser notado na Carta de Uso e Cobertura Vegetal (Figura 30).

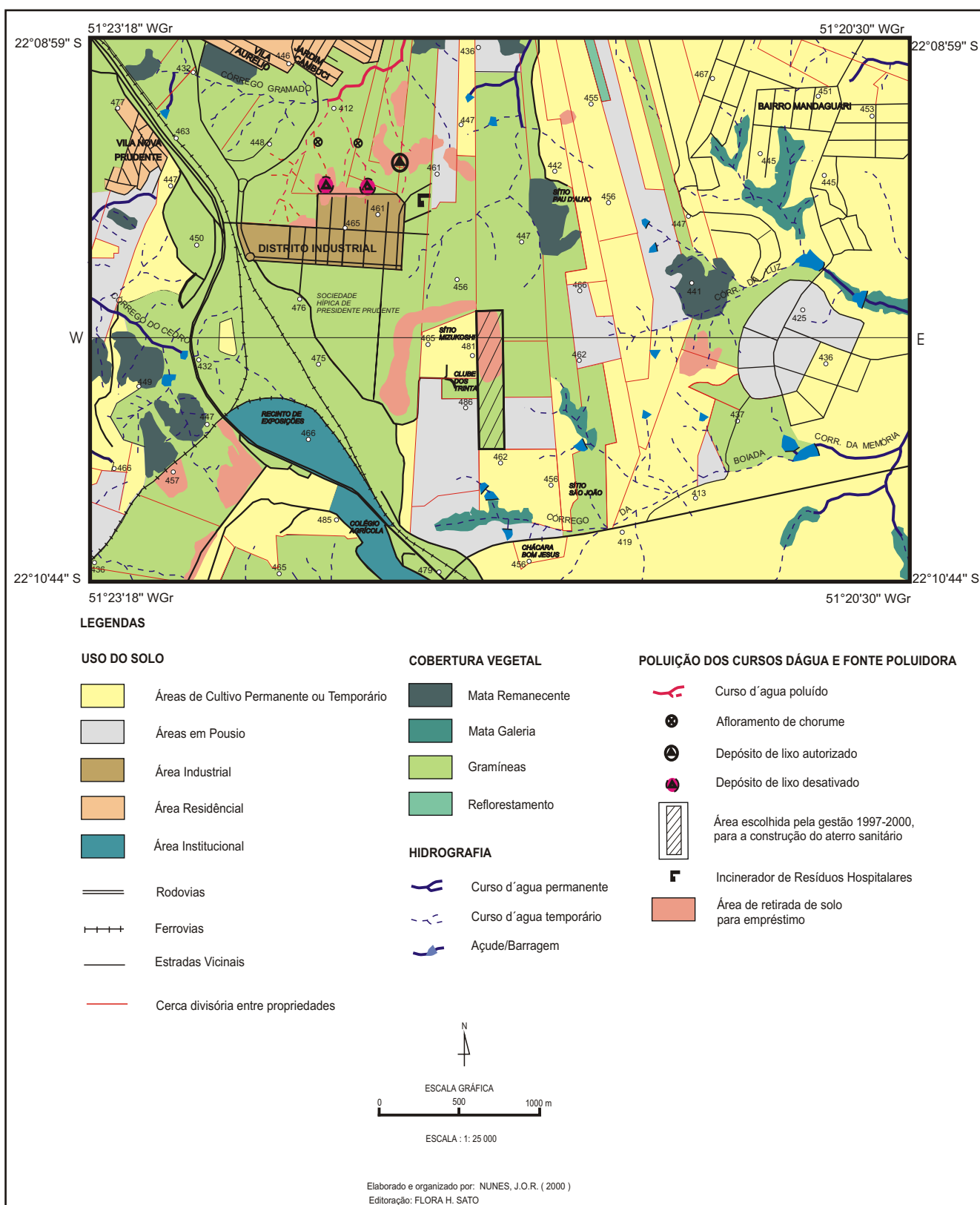


Figura 30 - Carta de Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Distrito Industrial de Presidente Prudente-SP.

As áreas com solo exposto, sem cobertura vegetal, foram caracterizadas como áreas de retirada de solo para empréstimo. De forma geral, as áreas de empréstimo estão situadas em locais topograficamente mais elevados, cujo solo predominantemente mais utilizado é o Latossolo Vermelho Escuro, muito propício para construção civil e aterro sanitário.

Quanto ao Uso do Solo, observou-se que o setor leste apresenta um predomínio de áreas de cultivos permanentes ou temporários, associados à pequena e à média propriedade, cujo relevo geralmente é mais dissecado, com declividades que variam de 10 a maior que 20%.

Na sua quase totalidade, a área também apresenta o predomínio das pequenas e das médias propriedades. Em algumas delas, observou-se que o solo encontra-se em estado de pousio, ou seja, não vem sendo utilizado para fins agrícolas.

No caso da área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário, após a retirada de material de empréstimo (materiais espólicos), foram construídos terraços, acompanhando as curvas de nível. Esta obra vem propiciando o crescimento espontâneo da vegetação do local, através do surgimento de gramíneas (Foto 11).



Foto 11. Crescimento espontâneo da cobertura vegetal da área escolhida para o aterro sanitário, através do surgimento de espécies vegetais do tipo gramíneas. Nunes (2000).

Quanto às áreas mais degradadas, observando-se as Carta de Uso do Solo e Cobertura Vegetal e a Carta Geomorfológica, o setor onde se localiza o Distrito Industrial é o mais afetado, principalmente após ter sido escolhida uma área em forma de cabeceira de drenagem, às margens dos afluentes do córrego Gramado, como o atual local de depósito de resíduos sólidos domésticos do município (Foto 12).

Além do local de despejo dos resíduos municipais, outros locais são caracterizados como superfícies degradadas, pois, nos períodos de intensidade pluviométrica, são extremamente susceptíveis à formação de sulcos erosivos.



Foto 12. Atual local de despejo dos resíduos sólidos domésticos do município de Presidente Prudente-SP. Pela sua configuração morfológica, a área é totalmente inadequada para o despejo de resíduos. Nunes (2000)

É nestes locais, caracterizados como superfícies degradadas, que, ao sofrerem a ação de processos morfodinâmicos erosivos, ocorre um carreamento dos sedimentos, através do escoamento superficial, para dentro dos diversos córregos existentes, principalmente os afluentes do Córrego Gramado.

Além do aumento do nível de assoreamento, alguns afluentes do Córrego Gramado recebem o chorume que aflora das encostas, onde se encontram os antigos depósitos tecnogênicos de materiais gárbicos (resíduos sólidos domésticos).

Além disso, são despejados na área materiais úrbicos como entulhos de construção, pneus, metais diversos e até podas de árvores e galhos, conforme pode ser observado na Foto 13.



Foto 13. No centro, observa-se a deposição dos materiais úrbicos (podas de galhos, entulhos de construção, pneus, metais diversos, etc.). Ao fundo, notam-se os prédios das empresas instaladas no Distrito Industrial. Nunes e Boin (2001).

Nesta mesma área, é freqüentes, observarem-se vários pontos de queimadas nas vertentes com feições em forma de cabeceira de drenagem em anfiteatro (Foto 14), o que potencializa a erosão laminar e linear.

Este tipo de degradação ocorre em Argissolo (Podzólico Vermelho-Amarelo eutróficos), naturalmente susceptível e frágil a processos erosivos do tipo ravinamento.

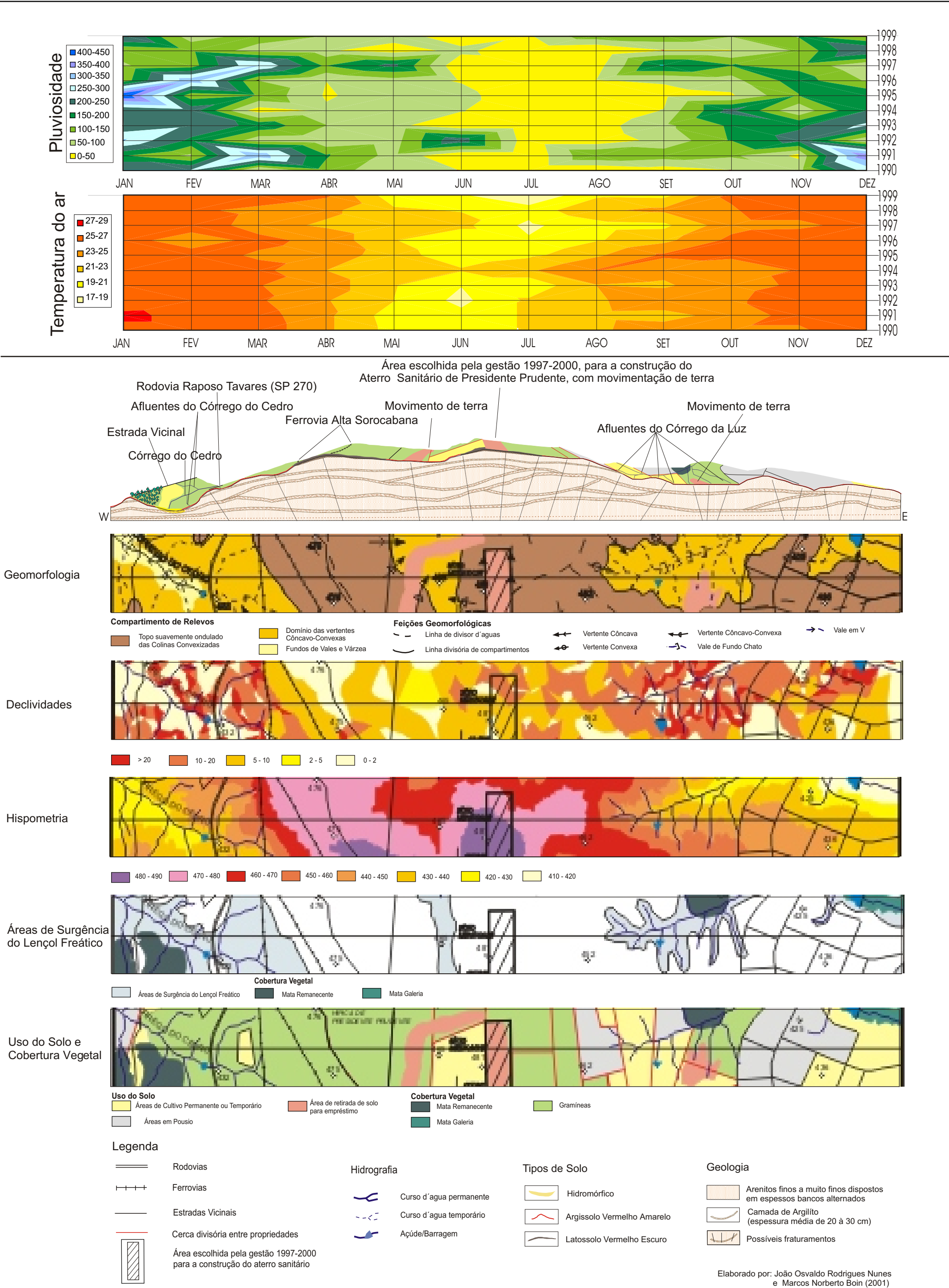
Estes solos têm a tendência, devido à textura arenosa predominante no horizonte A e argilosa no horizonte B, de sofrer com mais intensidade processos morfodinâmicos, que podem ocasionar atividades erosivas do tipo voçorocamento.

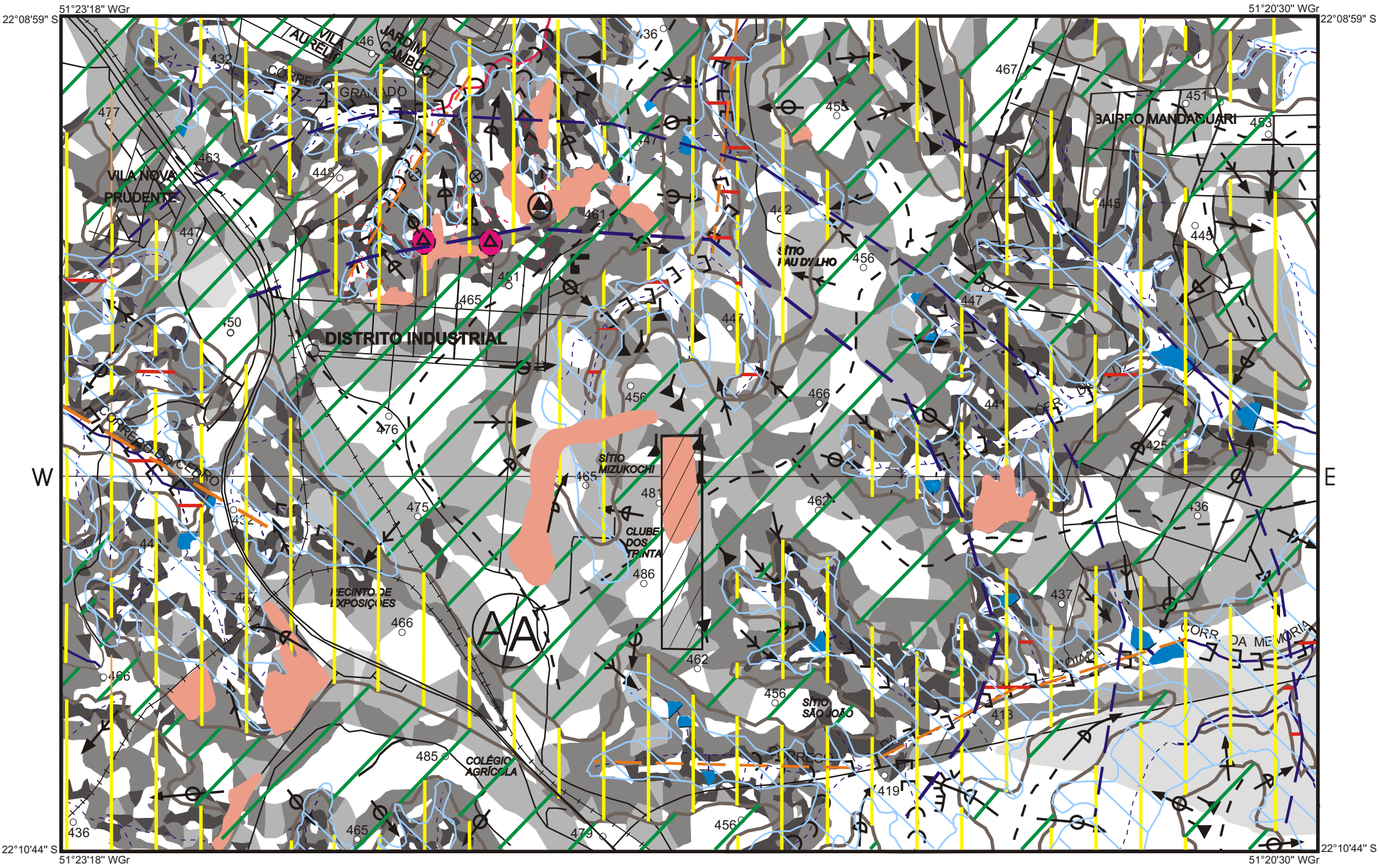


Foto 14. Forma de relevo em cabeceira de drenagem em anfiteatro, próxima da antiga área de depósito de resíduos sólidos urbanos, cujas vertentes estão totalmente desvegetadas ocasionando sérios problemas de erosão remontante. Os locais escuros significam os pontos onde ocorreram queimadas. Nunes (2000)

A partir da caracterização dos processos morfodinâmicos atuantes na paisagem do Distrito Industrial, elaborou-se um perfil no sentido W – E (Figura 31), de modo a apresentar como, morfodinamicamente, os aspectos anteriormente descritos, atuam no modelado do relevo e as suas implicações na área escolhida, pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário.

Como complemento ao perfil, elaborou-se uma carta morfodinâmica associada a um quadro de síntese integrada dos compartimentos de relevo (Figura 32), objetivando-se integrar as informações contidas nas cartas temáticas, apontando-se a morfodinâmica predominante e sua relação com o uso para a construção de aterro sanitário. O quadro foi construído a partir do trabalho elaborado por Ross (1996: 331-32), com as adaptações necessárias, considerando-se as características da área de estudo.





LEGENDAS

FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

- Linha divisória entre compartimentos de relevo
- Linha de divisor d'aguas
- Vertente Côncava
- Vertente Convexa
- Vertente Côncavo-Convexa
- Vale de Fundo Chato
- Vale em U
- Vale em V
- Terraço

RECURSOS HÍDRICOS

Regime Superficial

- Curso d'agua permanente
- Curso d'agua temporário
- Açúde/Barragem
- Curso d'agua poluído

Regime subsuperficial

- Áreas de surgência do lençol freático

FEIÇÕES MORFOESTRUTURAIS

- Alto Estrutural e Alto Topográfico
- Prováveis fraturas
- Provável contorno da morfoestrutura

DECLIVIDADES (%)

- > 20
- 10 - 20
- 5 - 10
- 2 - 5
- 0 - 2

ESPAÇOS URBANIZADOS

- Área Industrial
- Área Residencial
- Rodovias
- Ferrovias
- Estradas Vicinais

DINÂMICA AMBIENTAL

- Afloramento de chorume
- Depósito de lixo autorizado
- Depósito de lixo desativado
- Área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário
- Incinerador de Resíduos Hospitalares
- Área de retirada de solo para empréstimo
- Ravinas



Editoração: FLORA H. SATO
Elaborado e Organizado: NUNES, J.O.R. (2002)

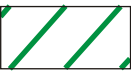
MORFOESTRUTURA – BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ							
MORFOESCULTURA - Planalto Ocidental Paulista							
PADRÃO DE FORMA DE RELEVO							
Espigões rebaixados, constituídos por relevos de colinas côncavo-convexas, com predomínio de vales do tipo U, com declividade entre 0 à 20 %							
COMPARTIMENTOS DE RELEVO	TIPOLOGIA DA FORMAÇÃO DO RELEVO	LITOLOGIA E HIDROGEOLOGIA	SOLOS	ATIVIDADE ANTRÓPICA – USO E OCUPAÇÃO	COBERTURA VEGETAL	MORFODINÂMICA PREDOMINANTE	CLASSIFICAÇÃO
 Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas	Topos convexos com declividade médias de 0 a 10%	Manto de Intemperismo ou regolito e lençol freático não aflorante.	Latossolo Vermelho Escuro e Argissolo Vermelho Amarelo (Podzólico-Vermelho Amarelo Eutrófico)	-Distrito Industrial; -Antiga área do Aterro Sanitário; -Área de retirada de solo para empréstimo; -Áreas de Cultivo Permanente ou Temporário; -Áreas em Pousio; -Reflorestamento; -Incinerador; -Conjuntos residenciais; -Estradas Vicinais; -Rodovia SP 270; -Ferrovia Sorocabana.	Campos de gramíneas.	Ravinamentos nas médias altas vertentes em Argissolo Vermelho Amarelo, cujo predomínio é de cobertura vegetal de Gramíneas.	Uso restrito para construção de aterro sanitário, principalmente em áreas associadas a morfoestruturas do tipo Alto Estrutural e Alto Topográfico.
 Domínio das vertentes côncavo-convexas e mistas	-Vertente côncava com declividade a proximada de 5 a 20%. -Vertente convexa com declividade aproximada de 10 a 20%. -Vertente mista com declividade de 5 a 20%.	Afloramento da Formação Adamantina e Manto de Intemperismo, com áreas de surgência do lençol freático.	Argissolo Vermelho Amarelo (Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico)	-Antigo depósito de lixo; -Atual depósito de lixo; -Superfície degradada; -Afloramento de chorume; -Áreas de Cultivo Permanente ou Temporário; -Áreas em Pousio; -Estradas Vicinais; -Área de retirada de solo para empréstimo; -Açúde/Barragem.	Campos de gramíneas e pequenos capões de matas residuais e Galerias.	Ravinamentos em diversos setores das médias e baixas vertentes em Argissolo Vermelho Amarelo, cujo predomínio é de cobertura vegetal de gramíneas.	Uso inadequado para construção de aterro sanitário.
 Fundos de Vales e Várzeas	Fundos de Vales com declividade entre 0 a 5%	Afloramento da Formação Adamantina e Formações Aluviais Quaternárias, com afloramento do lençol freático.	Hidromórficos aluviais (Neossolo Flúvico + Gleissolo Háptico).	-Assoreamento dos cursos d'água; -Lançamento de entulho e resíduos sólidos urbanos nas várzeas dos córregos; -Limpeza de caminhões que transportam concreto; -Afloramento de chorume.	Mata galeria remanescente com vegetação de banhado (Taboa).	Com a retirada das matas Galerias, a maioria dos córregos e alguns Açúdes/barragens apresentam-se assoreados.	Uso totalmente inadequado para construção de aterro sanitário.

Figura 32 - Carta Morfodinâmica e síntese integrada dos compatimentos de relevo do Distrito Industrial de Presidente Prudente - SP.

Após, a análise e a interação entre os aspectos exógenos (morfoestruturais e pedológicos), e endógenos (geomorfológicos, declividade, hipsometria, áreas de surgência do lençol freático e uso do solo e cobertura vegetal), que expressam a morfodinâmica presente na área do Distrito Industrial, no qual esta incluída a área escolhida pela gestão 1997-2000, para a construção do Aterro Sanitário de Presidente Prudente, indicou-se o compartimento de relevo **Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas**, como o mais adequado (com restrições) para a construção de um aterro sanitário. Já, referente à área pesquisada (local escolhido para o aterro sanitário) chegou-se ao resultado de que, a área é inadequada.

No próximo capítulo, serão caracterizados os aspectos referentes às condições climáticas. Estas, estão relacionadas com a precipitação, a temperatura, o balanço hídrico e a direção predominante dos ventos. Estes aspectos, são importantes para se compreender, entre tantos fatores, como se processa a produção/geração de chorume e de odores, a partir da decomposição dos resíduos sólidos domésticos e suas consequências para o ambiente.

6 O CLIMA E SUA RELAÇÃO COM OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No capítulo anterior, foram analisados os aspectos físicos (geomorfologia, geologia, morfoestrutura e pedologia) ligados à morfodinâmica da paisagem regional (Oeste Paulista) e, principalmente, local (Distrito Industrial de Presidente Prudente), indicando-se a partir da síntese integrada, qual o compartimento de relevo mais adequado para a construção de aterro sanitário.

Neste capítulo, primeiramente foi caracterizado o aspecto climático regional (Oeste Paulista). Posteriormente, baseado numa série histórica de 10 anos (1990 a 1999), calcularam-se as médias mensais e anuais dos elementos climáticos relacionados às características termopluviométricas, incluindo-se a umidade relativa do ar, o balanço hídrico e o regime dos ventos para o município de Presidente Prudente. Em seguida, com base nos dados das médias diárias dos meses de janeiro (período chuvoso) e julho (período menos chuvoso) do ano de 1999, realizou-se um prognóstico de produção de chorume e odores (gases) em um ambiente de decomposição anaeróbia do lixo, a partir das condições climáticas e meteorológicas dominantes.

6.1. As características do clima regional do Oeste Paulista

Conforme especificado anteriormente, o município de Presidente Prudente encontra-se localizado no oeste do Estado de São Paulo.

Climatologicamente, o Oeste Paulista está localizado em uma faixa de transição climática, entre as zonas de domínio das massas tropicais e polares, além das perturbações frontais.

Neste aspecto, uma das principais características é a variabilidade climática existente na região. Alguns estudiosos como Serra (1938), Monteiro (1969 e 1973) e Nimer (1989), foram os responsáveis por estabelecerem o padrão da dinâmica atmosférica para o sudeste brasileiro (Sant'Anna Neto e Barrios, 1992:65).

Assim, os sistemas tropicais “...se individualizam na Massa Tropical Atlântica (Ta), com origem no Anticiclone Atlântico; na Massa Tropical Continental

(Tc), que se forma na Depressão do Chaco; e na Massa Equatorial Continental(Ec), que se origina na Planície Amazônica” (Sant’Anna Neto e Barrios, 1992:65-6).

Já os sistemas polares “...se individualizam na Massa Polar Atlântica (Pa), originada no Anticiclone Polar, em seu ramo Atlântico, e nos sistemas frontológicos, tendo como descontinuidade, provocada pelo entrechoque dos sistemas tropicais e polares, a Frente Polar” (Sant’Anna Neto e Barrios, 1992:66).

No inverno, ocorre um aumento da participação dos sistemas polares, mas o predomínio das massas tropicais ainda prevalece. É no verão, devido ao processo de aquecimento, que ocorre uma maior atuação das massas tropicais, associadas aos sistemas frontais.

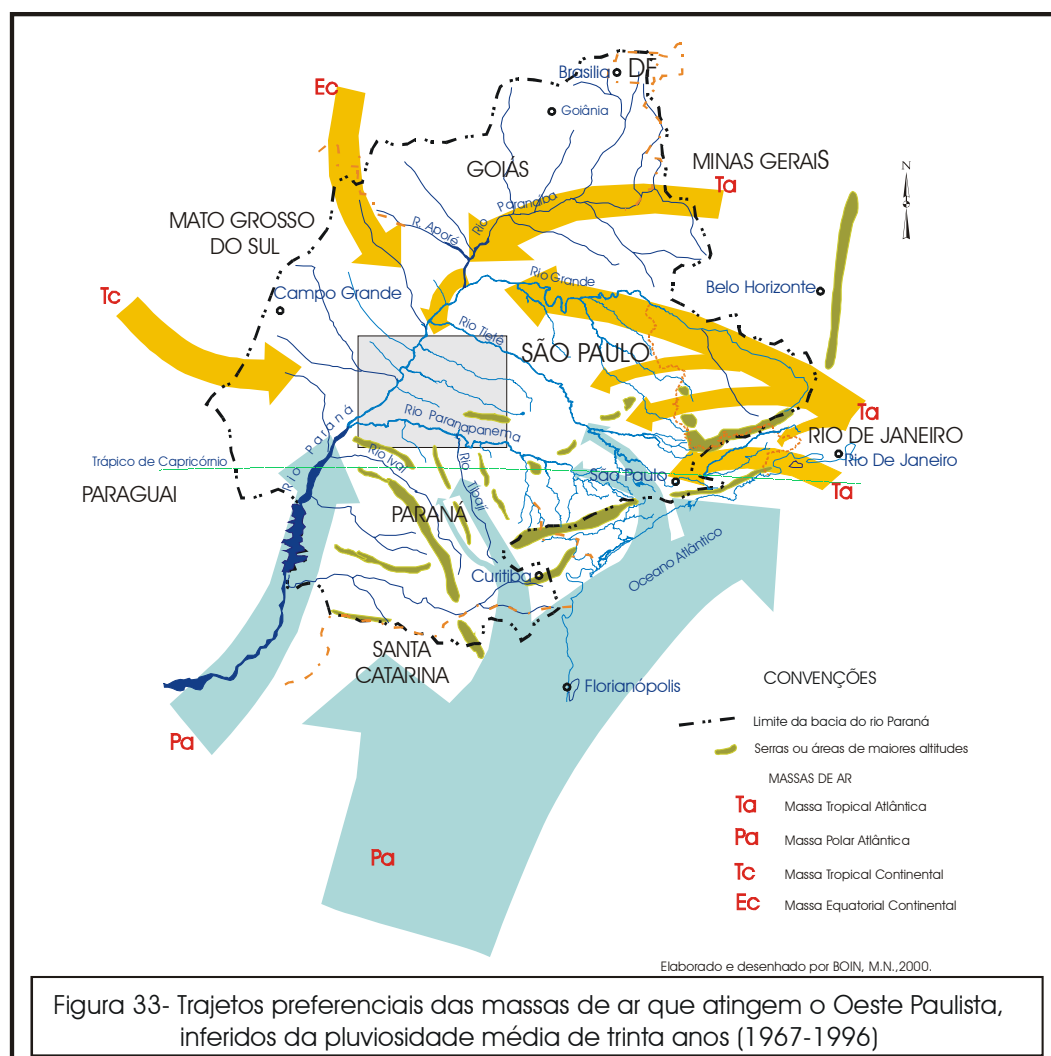
Em estudo feito por Sant’Anna Neto e Barrios (1992:63-76), sobre a “Variabilidade e tendência das chuvas na região de Presidente Prudente”, foi verificado que a distribuição das chuvas no Oeste Paulista não apresenta uma uniformidade temporo-espacial, sobre uma topografia composta por relevos de espigões desgastados e suaves.

Os autores verificaram que os vales dos rios Santo Anastácio, do Peixe e Laranja Doce apresentaram os menores totais pluviométricos (1.200 e 1.300 mm anuais). Já nos topos dos espigões entre os rios Paranapanema, Paraná, Santo Anastácio e do Peixe, por sinal, onde está localizado o município de Presidente Prudente, a precipitação se situa entre 1.300 e 1.400 mm anuais. E, na porção sul do vale e no Pontal do Paranapanema, as precipitações situam-se entre 1.400 e 1.500 mm anuais. Isto ocorre em função tanto da configuração do relevo (altimetria e orientação das vertentes), quanto da direção de entrada dos sistemas atmosféricos produtores das chuvas: a Frente Polar Atlântica.

Trabalhando com o intervalo de tempo entre 1951 e 1990 (40 anos), os autores identificaram, conforme as estações do ano, uma tendência das chuvas para a região do Oeste Paulista, ou seja: na primavera e no inverno ocorreu uma tendência crescente da pluviosidade; no outono, ela manteve-se estável; e, no verão, mesmo sendo esta a estação mais chuvosa, com 40% das chuvas anuais, ela apresentou uma tendência decrescente.

Estes dados tendem a indicar que não existe uma regularidade pluviométrica, ou seja, o que se verifica para a região oeste do Estado de São Paulo é uma variabilidade das chuvas que, dependendo do encadeamento dos sistemas atmosféricos atuantes ao longo do ano, pode ocasionar períodos de maior ou menor quantidade de chuvas.

Segundo Boin (2000), analisando a pluviosidade média de trinta anos (1967–1996), a partir da Análise Rítmica Climática proposta por Monteiro (1971), apresentou os seguintes trajetos preferências das massas de ar que atingem o Oeste Paulista (Figura 33).



Ao determinar o deslocamento das massas de ar, o autor demonstra que as trajetórias, principalmente a da Massa Polar Atlântica, conforme seu percurso, pode

gerar anos chuvosos, habituais e secos para o Oeste Paulista. Assim, ao fazer a análise climática num período de 30 anos (1967 – 1996), o autor mostrou, a partir da determinação dos anos-padrão de 1983, 1984 e 1985, qual o efeito causado pela trajetória da Massa Polar Atlântica.

No caso do ano de 1983, considerado como chuvoso, ocorreu maior atuação da Massa Tropical Atlântica e da Massa Polar Atlântica que teve uma direção predominante de SE, ou seja, uma trajetória oceânica. Isto gerou uma tropicalização da massa, ocasionando um aumento de temperatura e de umidade.

Para o ano de 1984, caracterizado como habitual, o trajeto da Massa Polar Atlântica se continentalizou a partir do Uruguai e do Rio Grande do Sul, ocasionando perda de umidade e, conseqüentemente quantidade menor de chuva. E, para o ano de 1985, classificado como seco e frio, o fato deveu-se pela trajetória quase predominantemente continental da Massa Polar Atlântica.

Portanto, a região do Oeste Paulista, que inclui Presidente Prudente, devido a sua posição geográfica, apresenta uma peculiaridade comum ao regime pluviométrico dos trópicos úmidos, ou seja, registra uma estação chuvosa e quente (outubro a março) e outra menos chuvosa, de temperaturas amenas (abril a setembro), muito influenciadas pela trajetória das massas de ar, principalmente a Massa Polar Atlântica. Feita a caracterização dos aspectos climáticos regionais, serão analisadaa a seguir, as características termopluviométricas para Presidente Prudente, no período compreendido entre 1990 –1999.

6.2. A termopluviometria e o regime dos ventos

Para melhor compreensão da descrição e análise das características termopluviométricas, foi elaborado um quadro climático (Quadro 11), que contempla os gráficos de temperaturas médias, mínimas e máximas mensais, de precipitações mensais, das precipitações máximas em 24 horas, do número de dias de chuvas, da umidade relativa do ar, do balanço hídrico e do diagrama de velocidade e direção dos ventos.

Conforme se observa no Quadro 11, a temperatura média anual, em Presidente Prudente, durante o período de 1990-1999, foi de 23.6°C . Maio, junho e julho apresentam as médias mais baixas, entre 19° e 20°C (mínima de 17.1°C em julho de 1990). De outubro a março, as médias térmicas mensais oscilam entre 24° e 26°C (máxima de 27.7°C em janeiro de 1998). As menores médias mensais foram registradas nos meses de maio (19.9°C), junho (19.1°C) e julho (17.1°C); e, as maiores médias ficaram entre os meses de novembro (26.6°C), dezembro (26.7°C) e janeiro (27.7°C) (Figura 34).

A circulação atmosférica regional, que se caracteriza pelo domínio das massas tropicais (Continental e Atlântica) e das massas polares, precedidas das Frentes Frias, determinam o regime térmico, que se distingue em dois períodos bem definidos: um quente e chuvoso de outubro a março e outro ligeiramente menos quente e menos chuvoso de abril a setembro.

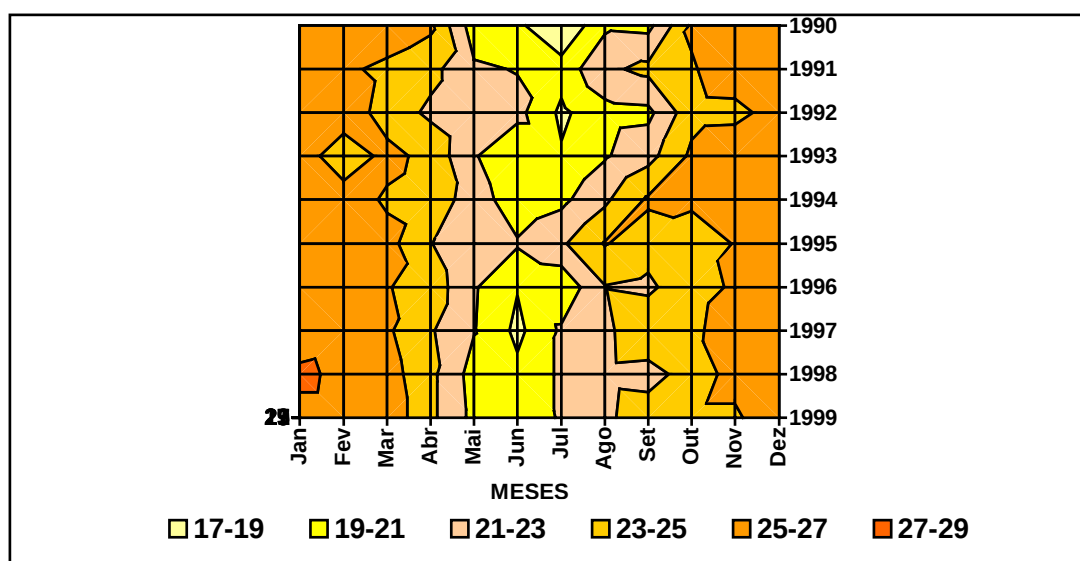


Figura 34. Variabilidade da temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$) de Presidente Prudente (1990-1999).

Com referência à temperatura mínima absoluta, o valor extremo foi registrado em junho de 1994 (1.8°C) e a mínima mais elevada foi observada em janeiro de 1995 (21.3°C). A média das menores temperaturas mínimas foi de 5.0°C .

C. Ao longo dos 10 anos, as médias absolutas anuais oscilaram entre 1.8°C (1994) e 10.8°C (1995) (Figura 35).

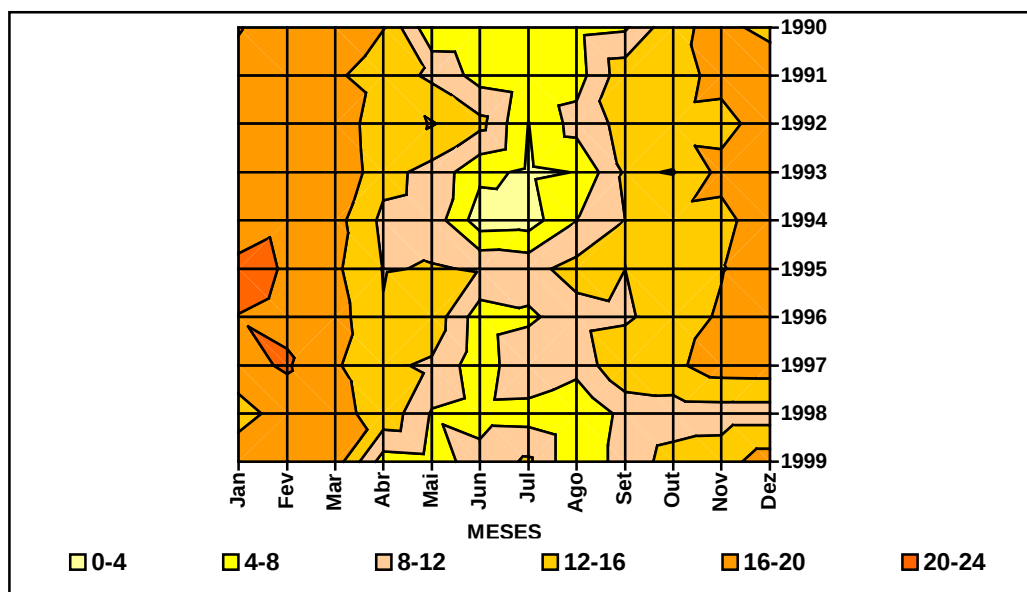


Figura 35. Variabilidade mensal das temperaturas mínimas absolutas ($^{\circ}\text{C}$) de Presidente Prudente (1990-1999).

Neste aspecto, os meses com a menor temperatura mínima registrada foram junho (1.8°C), julho (2.1°C) e agosto (4.1°C), e os de maior temperatura mínima foram dezembro (19.6°C), janeiro (21.3°C) e fevereiro (20.4°C).

No que tange às temperaturas máximas absolutas, a maior foi registrada em outubro de 1994 (38.4°C) e a menor foi em junho de 1998 (29.2°C), com uma média anual, ao longo dos 10 anos, de 36.7°C .

Os meses que registraram as maiores temperaturas máximas absolutas foram setembro (37.7°C), outubro (38.4°C) e novembro (37.5°C). E os com as menores temperaturas foram maio (29.5°C), junho (29.2°C) e julho (30.0°C). No geral, as temperaturas máximas oscilaram entre 34.8°C e 38.4°C (Figura 36).

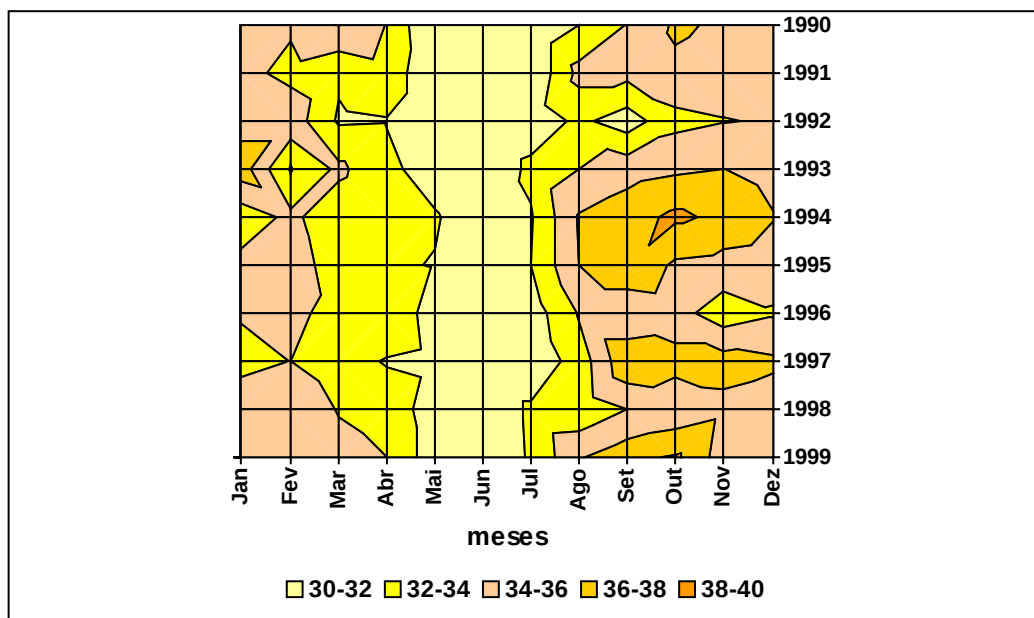


Figura 36. Variabilidade mensal das temperaturas máximas absolutas ($^{\circ}$ C) de Presidente Prudente (1990-1999).

Analisando-se o gráfico da precipitação média, a média no período de 10 anos foi de 1.331,1mm, oscilando entre a mínima de 938,1mm (1991) e a máxima de 1649,0 mm (1998). Neste período a maior precipitação mensal se deu em janeiro de 1994 (443,8 mm) e a menor precipitação mensal ocorreu no mês de agosto dos anos de 1991, 1995 e 1999 (0,0 mm).

O trimestre mais chuvoso coincide com a estação chuvosa (outubro a março), o qual constatou as seguintes médias: dezembro (186,4 mm), janeiro (215,6 mm) e fevereiro (177,8 mm). Já no trimestre mais seco, a média foi de (54,5 mm) em junho, de (16,3 mm) em julho e de (39,6 mm) em agosto, que se situa no período da estação menos chuvosa (abril a setembro) (Figura 37).

É interessante observar-se que, o mês de agosto apresentou, em alguns anos, um total pluvial mensal baixo. Em alguns anos não foram registradas chuvas (1991, 1995 e 1999), enquanto, em outros, houve elevada pluviosidade, de 134,1 mm (1990) e 147,5 mm (1998).

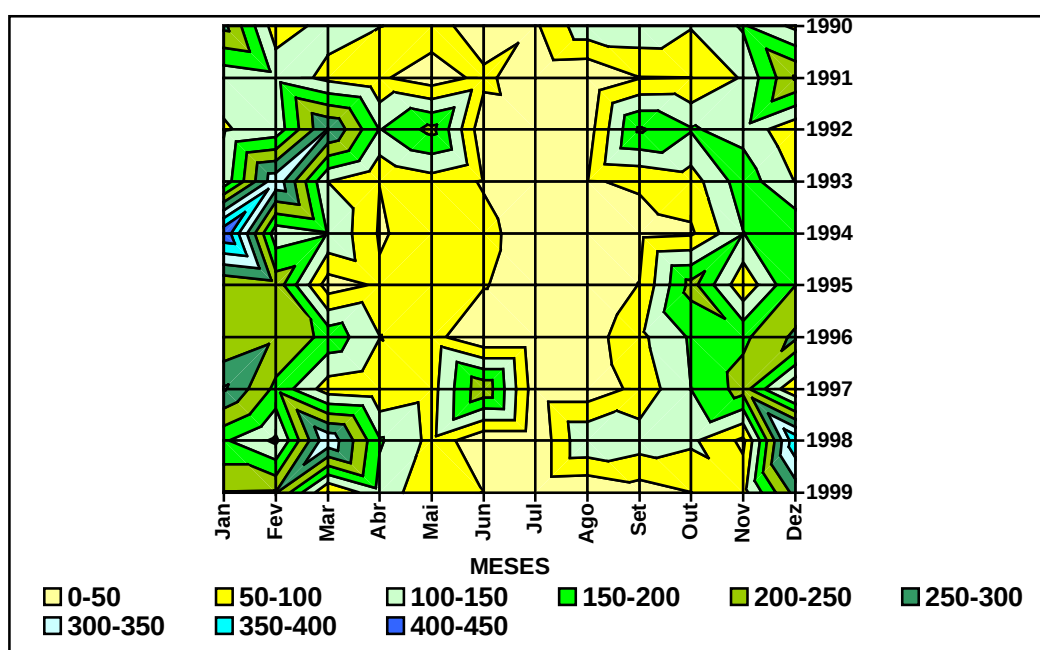


Figura 37. Variabilidade mensal de precipitações (mm) de Presidente Prudente (1990-1999).

Quando se analisa a precipitação máxima em 24 horas, pode-se observar que a média dos 10 anos foi de 89,0 mm de chuva, variando de 61,0 mm a 124,1 mm (valor máximo registrado no período).

A maior intensidade de chuva ocorreu no mês de janeiro de 1994 (124,1 mm). Já as menores incidências ocorreram no mês de agosto dos anos de 1995, 1998 e 1999 (0,0 mm) (Figura 38).

Outros meses apresentaram incidência de chuva maior que 100 mm. Foram os casos de fevereiro de 1993 (110,6 mm), março de 1998 (100,8 mm), abril de 1999 (100,6 mm) e novembro de 1996 (101,0 mm).

Este tipo de intensidade de chuva (> 100 mm) é extremamente prejudicial, principalmente em áreas degradadas.

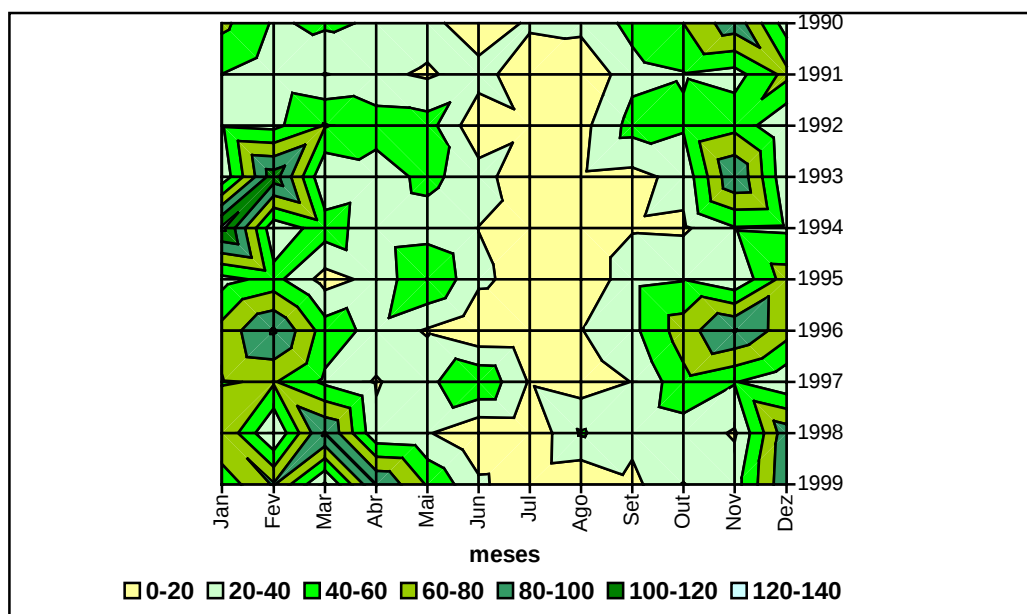


Figura 38. Variabilidade das máximas de chuvas em 24 horas (mm) de Presidente Prudente (1990-1999).

Os meses que apresentaram maiores valores médios de precipitações intensas foram novembro (53,1 mm), dezembro (52,8 mm), janeiro (57,6 mm) e fevereiro (54,9 mm). Já os meses de junho (19,7 mm), julho (9,6 mm), agosto (12,8 mm) e setembro (28,9 mm) apresentaram as menores médias de precipitações intensas.

Assim, o mês com a maior média de chuvas em 24 horas foi janeiro (57,6 mm), caracterizando-se como extremamente chuvoso. E, o mês de menor média foi julho, com 9,6 mm de chuva, sendo considerado seco.

Com relação ao número de dias com chuva, observados entre 1990-1999, constatou-se que a média anual de dias chuvosos foi de 114 dias, dando uma média mensal de 9,5 dias. O ano de maior incidência foi o de 1998 com 125 dias, cuja média foi de 10,4 dias por mês. Posteriormente, 1990 com 124 dias (10,3 dias por mês) e 1996 com 122 dias (10,2 dias por mês) (Figura 39).

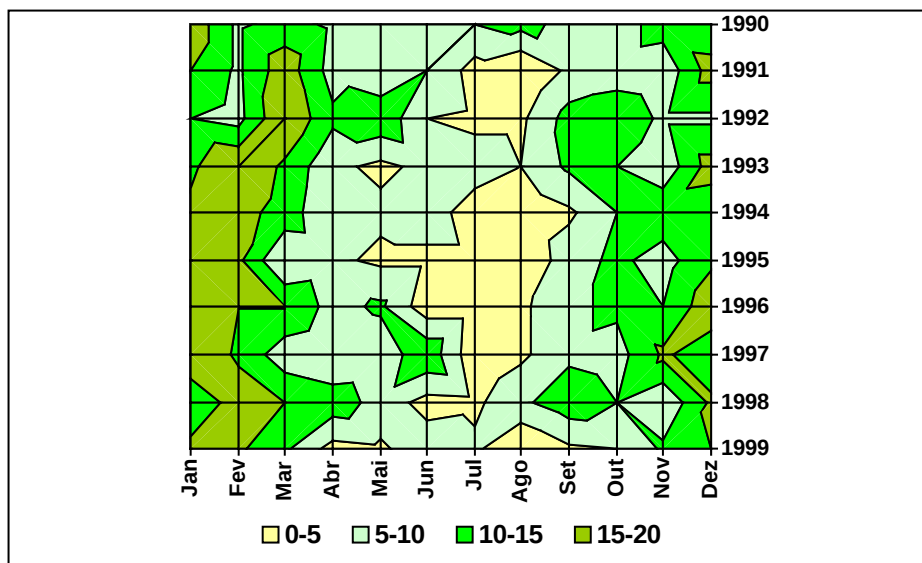


Figura 39. Variabilidade mensal do número de dias com chuvas (mm) de Presidente Prudente (1990-1999).

O ano de menor número de dias com chuva foi 1999, com 100 dias, tendo a média de 8,3 dias por mês. Neste ano, registrou-se a média de chuvas de 1.225,8 mm. Todavia, os anos de menor precipitação foram 1991 (938,1 mm), 1993 (1.196,4 mm) e 1995 (1.185,8 mm). No mês de agosto dos anos de 1991, 1995 e 1999 não foi registrado nenhum dia com chuva. Por sinal, agosto apresentou ao longo dos 10 anos a menor média (3,9 dias de chuva), onde se destacou o ano de 1990 (12 dias) e 1998 (9 dias). Os meses com a maior média de dias chuvosos foram dezembro (14,1 dias), janeiro (15,8 dias) e fevereiro (14,2 dias). E, os de menor número de dias foram junho (6,5 dias), julho (4,4 dias) e agosto (3,9 dias).

Associando-se os dados referentes ao número de dias com chuva com os de precipitação anteriormente comentados, em média o período de abril a setembro apresenta os menores valores pluviométricos, e, de outubro a março, ocorrem as maiores quantidades de precipitação.

É justamente no período de maior precipitação que temos as temperaturas médias mais elevadas, mesmo compreendendo que, temperaturas elevadas, podem ocorrer ao longo de todo ano, e conseqüentemente nos períodos de menor pluviosidade as menores temperaturas médias. Ou seja, os meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro), representam os meses em média com as

maiores precipitações em 24 horas (mm). E, nos períodos secos (abril a setembro), as temperaturas médias são mais baixas, principalmente durante os meses de junho, julho e agosto.

Associada aos períodos chuvosos e de baixas precipitações, observa-se uma expressiva variação nas porcentagens de umidade relativa do ar Figura 40).

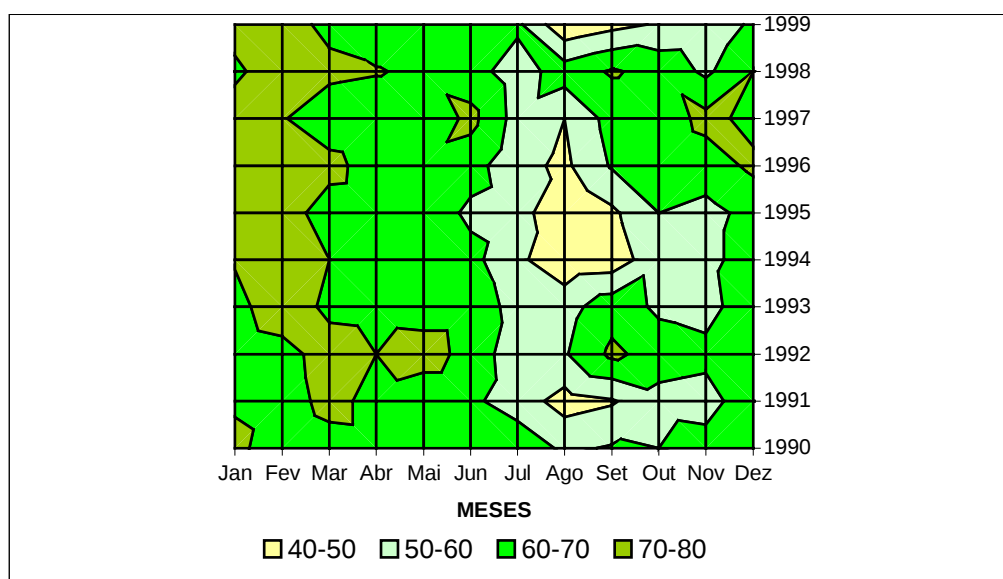


Figura 40. Variabilidade mensal da umidade relativa do ar (%) de Presidente Prudente (1990-1999).

O mês com as menores médias foi agosto, com um índice de 50.7% de umidade relativa. O valor mais baixo foi registrado em agosto de 1995 (40%), totalizando o ano com 60.3% de umidade. Todavia, o ano com a menor média foi 1999, com 60.1%.

Os maiores valores médios foram registrados nos meses de janeiro (70.4%) e fevereiro (71%); o mês com o maior percentual foi fevereiro (78%) de 1993, e o ano com a maior média foi 1998 (67.1%).

Isso significa que o período compreendido entre os meses de dezembro (66.2%) a junho (64.8%) é o que apresenta os maiores índices de umidade relativa. Este período está associado às temperaturas mais elevadas e, conseqüentemente, aos maiores valores de precipitação. Já os meses de julho (56.6%), agosto (50.7%) e setembro (58.3%) apresentaram os menores índices.

São meses que, com exceção de setembro, geralmente registram os menores valores de temperatura e pluviosidade.

Em relação ao balanço hídrico do período de 1990-1999, observa-se que os índices de deficiência e excedente de água no solo, variaram em média de 21,65mm de excedente a 13,86mm de deficiência. Estes dados são importantes para relacionarmos os períodos de excedentes hídricos com maior produção de chorume e períodos de déficit com os de menor produção.

Os anos em que ocorreram as maiores deficiências hídricas foram 1991 (354,5mm), 1995 (261,8mm) e 1999 (264,6mm). Foi justamente no ano de 1995 no mês de agosto, que se registrou o maior índice negativo (97,1mm). Além disto, no ano de 1991, não houve excedente.

Quanto aos índices de excedente hídrico, o maior foi registrado em janeiro de 1994 (223,9mm), totalizando o ano com 244,2mm.

Os anos que apresentaram maiores excedentes hídricos foram 1990 (203mm), 1992 (453,7mm), 1993 (160,7mm), 1996 (370,3mm), 1997 (357,6mm) e 1998 (468,1mm).

O período de maior evapotranspiração real compreende o período das chuvas (verão) de outubro a março, quando geralmente ocorre excedente hídrico. Ou seja, é o período de maior infiltração e reposição de água nos mananciais de superfície e de subsuperfície.

O período de menor evapotranspiração real e, conseqüentemente, de maior deficiência hídrica, coincide com o período seco e menos quente (abril a setembro). Raros são os meses, neste período, que apresentam balanço hídrico positivo. Isto foi observado no mês de maio de 1992 (143mm), e no ano de 1998, com 61,7mm (abril) e 26,8mm (maio).

Outro aspecto importante é o relacionado ao regime dos ventos predominantes (frequência e duração), associado à velocidade (km/h).

Um aterro sanitário, por melhor operacionalizado que seja, dificilmente não gerará odores, até porque o odor (gases) é produzido mesmo a temperatura ambiente. Dependendo da situação e da localização em que se encontra, isto pode se tornar um problema para os moradores que habitam nas proximidades da

área do aterro sanitário. Na área em estudo, os ventos predominantes são do quadrante leste (E, SE, NE), representando cerca de 60% do tempo médio de atuação e de frequência (Figuras 41).

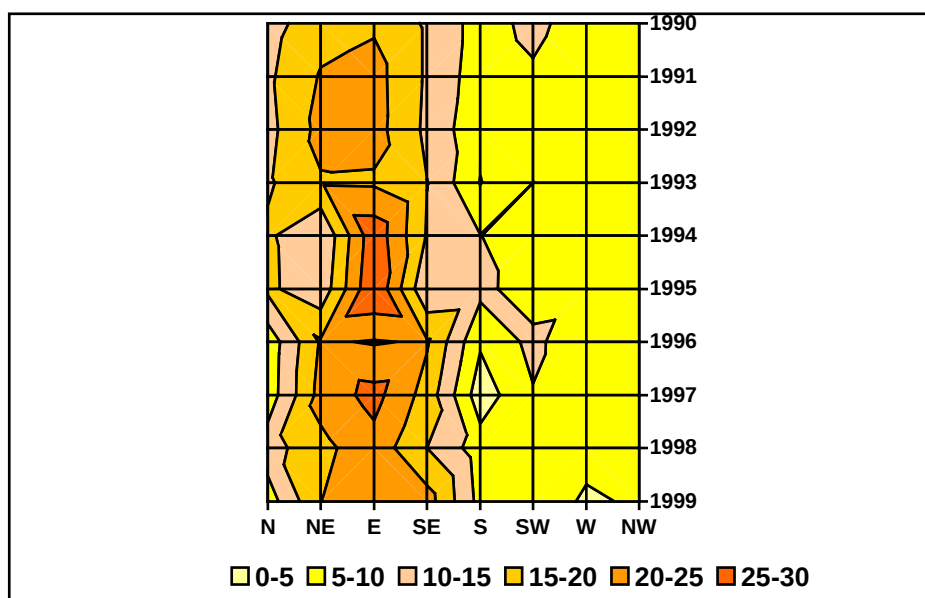


Figura 41. Variabilidade anual da frequência dos ventos (%), por direção de Presidente Prudente (1990-1999).

No período analisado (1990 a 1999), a direção E é a predominante, com uma duração média de 28.5 % e frequência de 23.4%. Posteriormente, os de NE, com 16.1 % (duração) e 18.2% (frequência) e os de SE com 15.3 % (duração) e 15.8 % (frequência).

Os ventos predominantes do quadrante E (NE e SE) estão associados ao Anticiclone Tropical Atlântico (TA), cujas temperaturas são elevadas, com baixa umidade e velocidades médias. Estes ventos proporcionam uma razoável dispersão dos poluentes, fumaças e odores, pois são ventos constantes ao longo do ano (60%).

Já os ventos de W e NW são os que apresentam as menores frequências (6.6% e 7.6%) e durações (4.4% e 4.6%) (Figura 42). Estes ventos estão associados à Massa Tropical Continental de baixa pressão atmosférica (TC), originária da região da depressão do Chaco (baixa do Chaco). As temperaturas são muito elevadas, com umidade relativa do ar muito baixa, causando, nos períodos de calmaria, enorme desconforto humano. Ventos com estas características são pouco

dispersores de poluentes e odores. Além disto, os períodos de calmaria apresentaram uma média de 9.3%, cujo valor maior ocorreu em 1997 (18.8%) e o menor em 1994 e 1995 (0.9%).

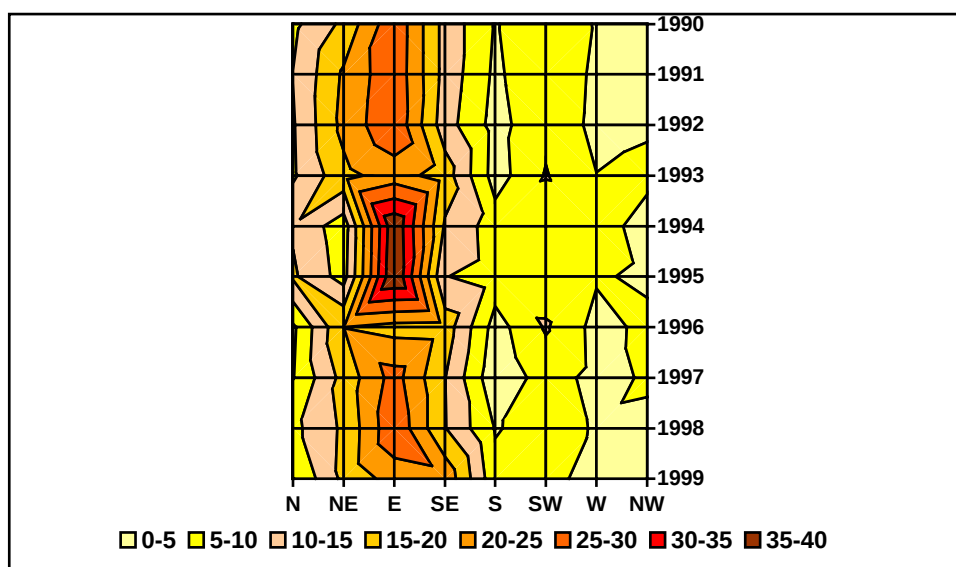


Figura 42. Variabilidade anual da duração dos ventos (%), por direção de Presidente Prudente (1990-1999).

Quanto à velocidade máxima anual, a média entre 1990-1999, foi de 63.1 km/h (máxima de 68.0 km/h e a mínima de 57.3 km/h). Os meses que apresentaram as maiores médias de velocidade foram setembro (71.1 km/h) e outubro (72.6 km/h).

Durante este período, os ventos de maior intensidade ocorreram no mês de fevereiro de 1994 (128.2 km/h) e de março de 1991 (108.0 km/h). Outros períodos apresentaram ventos acima de 80 km/h, como foi o caso de outubro (93.6 km/h) de 1991; novembro (94.3 km/h) de 1993; março (86.4 km/h) de 1996; e janeiro (84.6 km/h) e abril (97.2 km/h) de 1998 (Figura 43).

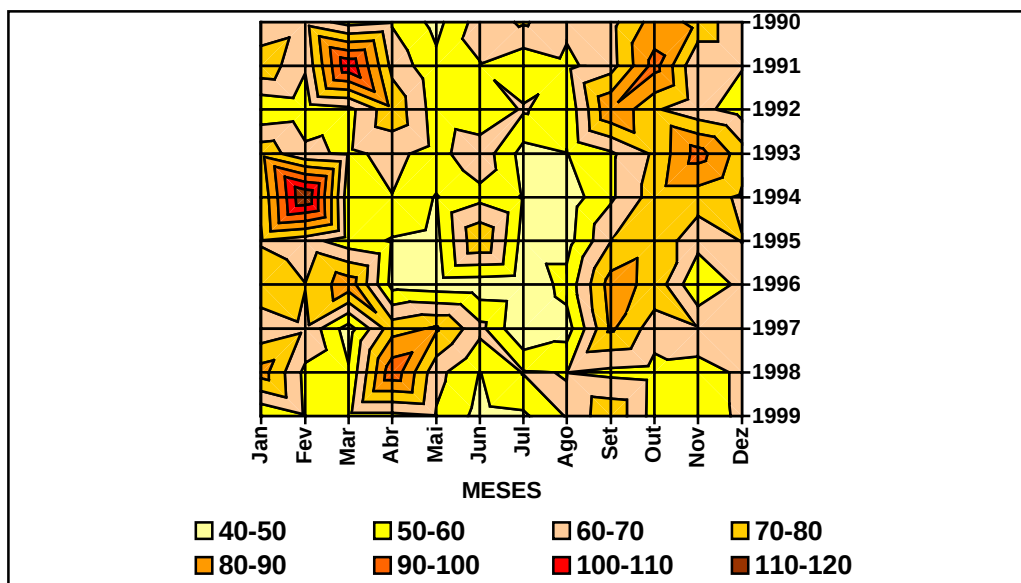


Figura 43. Variabilidade mensal da velocidade máxima do vento (km/h) de Presidente Prudente (1990-1999).

A partir da análise dos aspectos que influenciam no regime dos ventos (direção, frequência e a velocidade dominante), elaborou-se a Figura 44, objetivando-se apresentar quais os quadrantes mais favoráveis ou desfavoráveis para a construção de empreendimentos do tipo do aterro sanitário, na cidade de Presidente Prudente.

Neste caso, para o município de Presidente Prudente, a área mais adequada para a construção de um aterro sanitário é o setor SW – S - SE.

Os ventos do quadrante sul apresentaram, no período de 10 anos, uma média de 7,1% de frequência e 4,5% de duração, estando associados ao Anticiclone Migratório Polar Atlântico (PA), cujas temperaturas e umidade são baixas, mas de velocidades elevadas.

Estes ventos são extremamente favoráveis à dispersão dos poluentes e odores, pois geralmente apresentam as características de velocidade elevada associadas à precedência de chuvas.

O que mais se verifica neste aspecto é a qualidade dos ventos e não tanto a sua quantidade. No caso dos ventos de leste, que são os de maior predomínio (60%), estes nem sempre são precedidos de chuvas que ajudam a dispersar e diluir as partículas de poluentes, poeira e odores presentes na atmosfera.

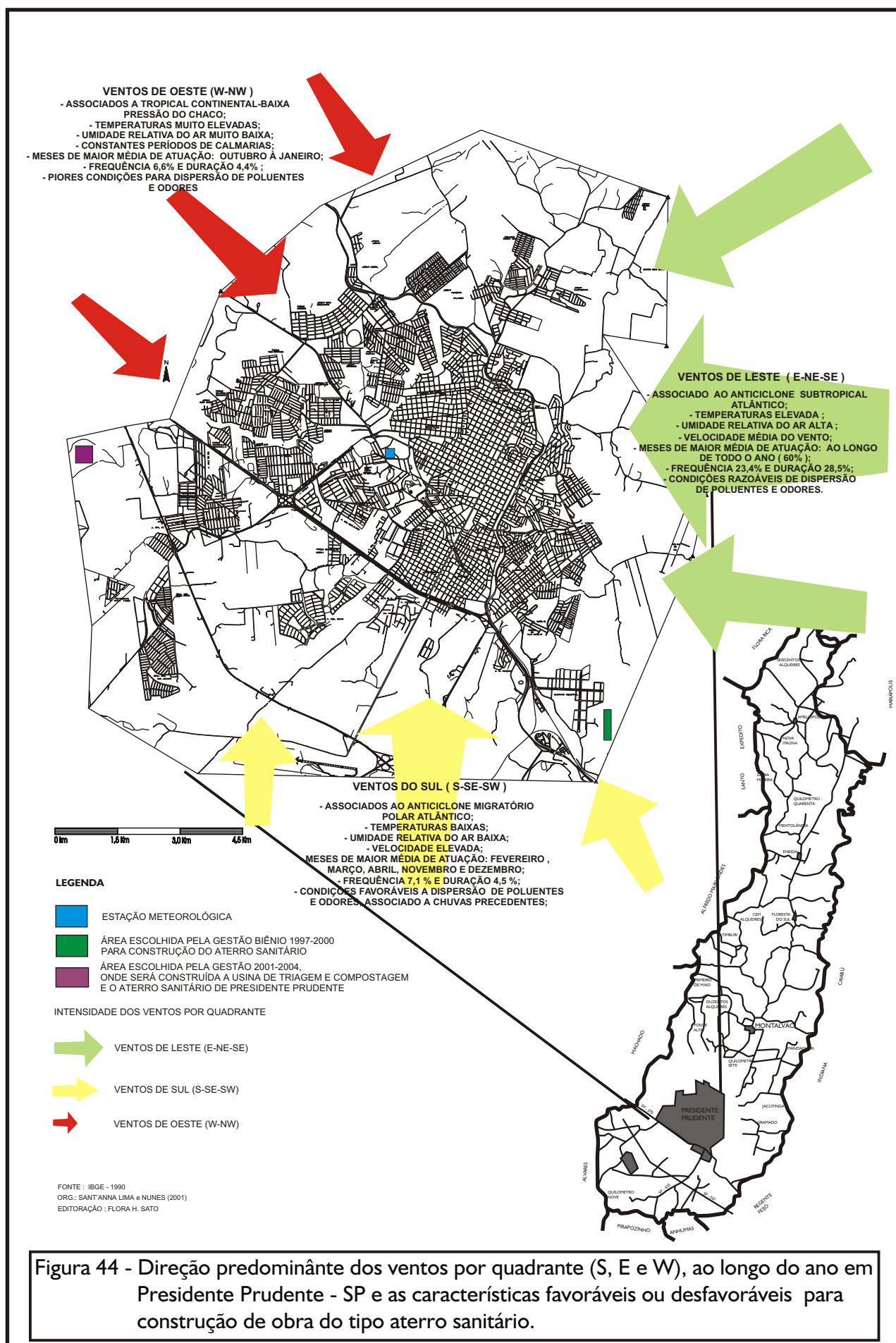


Figura 44 - Direção predominante dos ventos por quadrante (S, E e W), ao longo do ano em Presidente Prudente - SP e as características favoráveis ou desfavoráveis para construção de obra do tipo aterro sanitário.

Feitas as caracterizações anual e mensal dos aspectos térmicos, pluviométricos, hídricos e do regime dos ventos, compreendidas entre 1990 – 1999, passamos a analisar, comparativamente, entre os meses de janeiro e julho de 1999, a influência e a relação dos aspectos climáticos na produção de chorume e odor. Todavia, antes da análise comparativa entre os dois períodos, fez-se necessário descrever como ocorre o processo de decomposição dos resíduos sólidos, principalmente os domésticos, em ambiente de decomposição anaeróbio, predominante em aterros sanitários e a conseqüente produção de chorume e odor. Isto será visto a seguir.

6.3. Fatores climáticos que influenciam, em ambiente anaeróbio, para a produção de chorume e de gases.

Como visto no capítulo anterior, que analisou as características morfodinâmicas presentes na paisagem que se encontra localizada a área escolhida, pela gestão 1997-2000, para a construção do aterro sanitário, observou-se que, caso o empreendimento não viesse a ser bem operacionalizado, através de um sistema adequado e compatível de drenagens pluviais superficiais e de subsuperfície, nos períodos de chuvas intensas e concentradas (aguaceiros), corria-se o risco de que ocorressem sérios danos estruturais nas bordas das células de lixo, com o conseqüente aparecimento de fissuras/ranhuras e o posterior afloramento dos resíduos sólidos domésticos cobertos com solo.

Além disso é nos períodos em que ocorrem chuvas finas e persistentes, que provocam maior infiltração de água em subsolo, associadas às temperaturas médias elevadas, que ocorrerá maior decomposição da matéria orgânica do lixo (em ambiente anaeróbio), com conseqüente uma produção maior de chorume e odores (gases). Isso poderá, conforme a forma de deposição dos resíduos sólidos e as condições de tratamento, ocasionar risco de contaminação das águas superficiais e de subsuperfícies.

Com referência ao tratamento do lixo em aterro sanitário é importante citar que, de acordo com Jardim *et al* (1995: 111-12), existem quatro formas de tratamento dos resíduos sólidos domésticos, possíveis de serem feitas em um aterro sanitário, quais sejam: tratamento por digestão anaeróbia, por digestão aeróbia, por digestão semi-aeróbia e biológica. Destes, o mais utilizado no Brasil e nos Estados Unidos é o tratamento por digestão anaeróbia, por ser considerado menos oneroso, em comparação com os outros tratamentos. Todavia o que traz as maiores vantagens para a decomposição do lixo é o tratamento por digestão aeróbia, no qual os resíduos sólidos domésticos são decompostos em ambiente com presença constante de oxigênio, como pode ser observado no Quadro 12.

Quadro 12. Vantagens do processo de tratamento aeróbio em relação ao tratamento anaeróbio.

FATORES	DIGESTÃO VANTAGENS DO PROCESSO AERÓBIO X ANAERÓBIO
Percolado (chorume)	Menores níveis de DBO ¹⁸ e DQO ¹⁹ Facilitando tratamentos finais de líquidos
Formação de gases	Não-formação de gases perigosos (como metano)
Decomposição do lixo	Mais rápido
Drenagem de líquidos e gases	Maior, com benefícios para a estabilidade mecânica.

Fonte: Jardim *et al* (1995: 112)

No caso do aterro sanitário que deverá ser construído em Presidente Prudente, o processo de decomposição dos resíduos sólidos domésticos ocorrerá a partir da decomposição anaeróbia ou digestão anaeróbia, que é compreendida como a decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio molecular, com conversão deste material em metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂).

¹⁸ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): medida da quantidade de oxigênio consumida pelos microorganismos na oxidação da matéria orgânica presente na água ou na água residuária. Quanto maior o grau de poluição, maior a DBO.

¹⁹ Demanda Química de Oxigênio (DQO): medida da quantidade de oxigênio consumida na oxidação química da matéria orgânica presente na água ou na água residuária. Em geral, a DQO é maior que a DBO e nem sempre é possível correlacioná-las.

Conforme a Figura 45, elaborada por Pohland & Harper (1985, *apud* Gomes, 1989), os autores propõem o modelo atualmente mais aceito para descrever a decomposição anaeróbia, em um aterro sanitário, apresentando as seguintes fases:

- a) 1ª Fase: ajuste inicial
 - Disposição e acúmulo preliminar dos resíduos;
 - Sedimentação inicial e fechamento da célula;
 - Início do processo de estabilização;
- b) 2ª Fase: transição
 - Superada a capacidade de campo do lixo, inicia-se a migração do chorume e do percolado;
 - Passagem de meio aeróbio (oxidante) para anaeróbio (reductor);
 - Nitrato e sulfato substituem o oxigênio como receptor primário de elétrons;
 - Surgem CO₂ (no biogás formado) e ácidos orgânicos voláteis (no percolado);
- c) 3ª Fase: formação de ácidos
 - Persistem a hidrólise e a fermentação dos resíduos e do percolado;
 - Predominância de ácidos voláteis;
 - Os nutrientes liberados (nitrogênio e fósforo) são utilizados como substrato para o aumento da biomassa;
 - Detectada a presença de hidrogênio, afetando a natureza e o tipo de produtos intermediários em formação;
- d) 4ª Fase: fermentação do metano
 - Conversão dos produtos intermediários em CH₄ e CO₂;
 - Potencial de oxi-redução atinge os menores valores (ambiente reductor) e os nutrientes continuam sendo consumidos;
 - Diminuição da carga orgânica do percolado;
 - Aumento da produção de biogás;
- e) 5ª Fase: maturação final
 - Estabilização da atividade biológica;
 - Nutrientes diminuem e passam a limitar o processo;

- Restabelecimento das condições ambientais naturais;
- Quase término da produção de biogás;
- Aumento do potencial redox;
- Eventual reaparecimento do oxigênio e das espécies oxidadas.

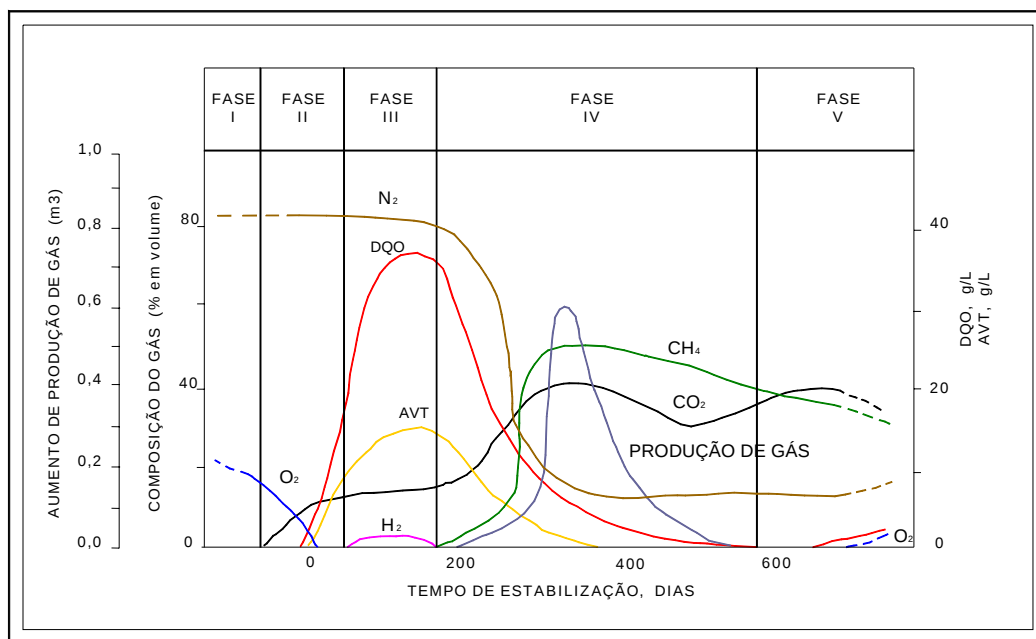


Figura 45. Modelo de decomposição anaeróbia de Pohland e Harper.

Fonte: SCHALCH, 1997.

Segundo Rees (1980) *apud* Gomes (1989: 18), de acordo com o diagrama de influências, vários são os fatores que influenciam no processo de digestão anaeróbia, tais como: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxi-redução (Eh), umidade, nutrientes (Carbono, Nitrogênio, etc.), microorganismos (metano-bactérias), composição do lixo, compactação dos resíduos e inoculação do meio (percolados) (Figura 46).

Dos fatores citados acima, para este trabalho foi analisada, com mais ênfase, a influência da temperatura e da umidade do ar, associadas aos índices de evaporação, de pluviosidade e de insolação.

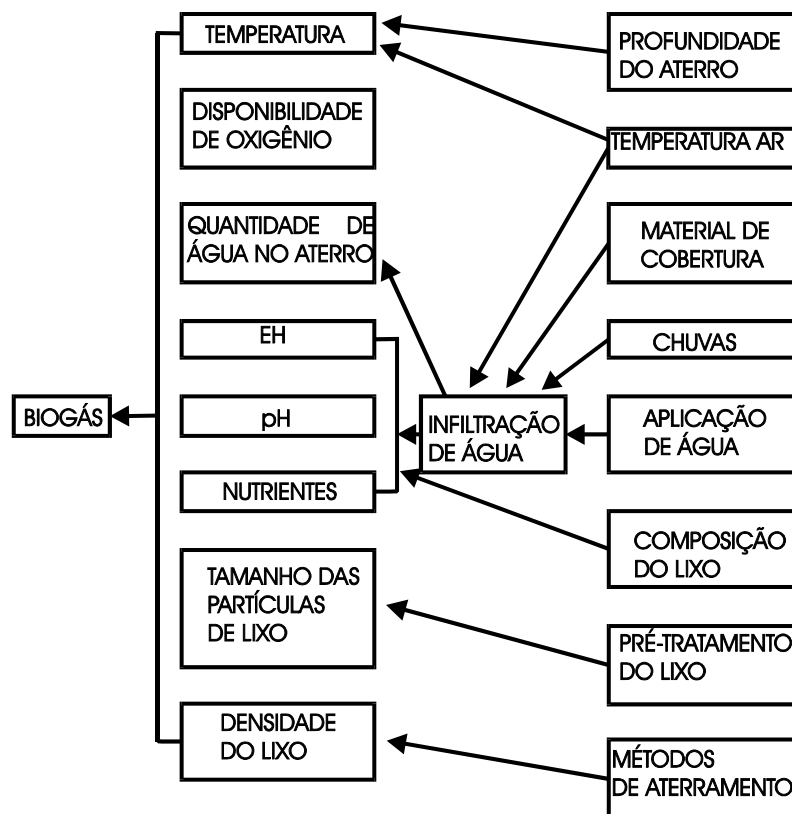


Figura 46. Diagrama de Influência.
 Fonte: Rees (1980) *apud* Gomes (1989: 18)

Em relação a temperatura medida no interior da massa de lixo, a Figura 47, apresenta-se o efeito do processo de fermentação da matéria orgânica presente em um aterro sanitário, onde ocasiona maior ou menor produção de gás e chorume. As bactérias metanogênicas são algumas das responsáveis pela decomposição da matéria orgânica em ambiente anaeróbio. De acordo com a faixa de temperatura no interior da massa de lixo, as bactérias metanogênicas são divididas em mesofílicas e termofílicas. As mesofílicas atuam com mais intensidade em uma temperatura que varia entre 29 a 45 °C. Já as termofílicas são mais atuantes na faixa de 45 a 70 °C, chegando a produzir duas vezes mais metano que na faixa mesofílica.

Estas variações de temperatura, com diferentes atuações das bactérias metanogênicas, ocorrem em ambiente anaeróbico com baixo índice de oxigênio nos interstícios da massa de lixo. Assim, quando ocorre aumento da temperatura, conseqüentemente ocorrerá maior produção de gás e de aceleração na decomposição dos resíduos orgânicos.

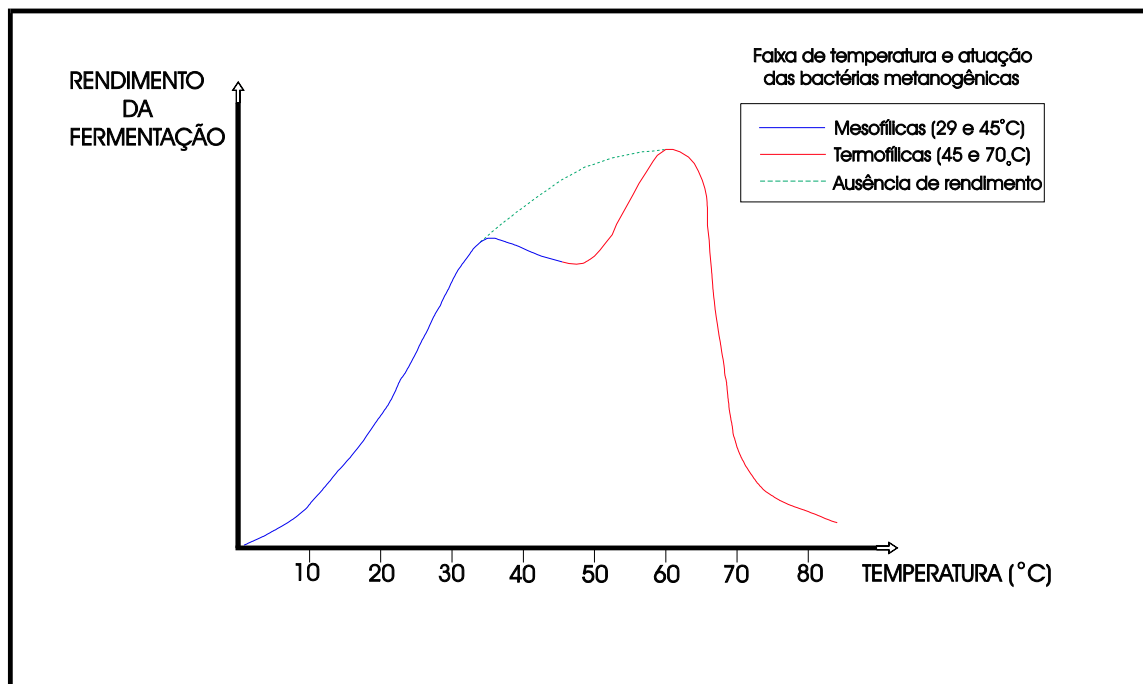


Figura 47. Efeito da temperatura no processo.

Fonte: Deschamps *in* Lima (1986) *apud* Gomes (1989: 21)

Outro fator importante no processo de digestão anaeróbica é o teor de umidade presente na massa do lixo. O teor de umidade é influenciado, principalmente, pela composição do lixo, pelas condições climáticas e pelas técnicas de coleta.

De acordo com Gomes (1989: 24), quanto maior a concentração de umidade, maior decomposição da massa orgânica do lixo e, conseqüentemente, maior será a produção de metano, isto porque os microorganismos existentes no local se proliferam com mais intensidade em meio aquoso. Todavia, o excesso de percolados na massa de lixo pode ocasionar problemas no grau de compactação das camadas de lixo.

Neste aspecto, dependendo da estrutura e da textura do solo que servirá de material impermeabilizante de base, bem como do material de cobertura das células de lixo, tanto a temperatura como a umidade da massa de lixo sofrerão variações que se refletirão no processo de atuação das bactérias metanogênicas, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica do lixo.

Além do tipo de solo, deve também ser levada em conta a espessura do solo que cobrirá as células de lixo do aterro sanitário. A média de espessura de solo utilizada para recobrimento das células de lixo varia entre 30 a 50 cm. Esta variação é em função das porcentagens de areia e de argila presente no solo. Ou seja, quanto mais argiloso o solo, menor será a espessura, e, quanto mais arenoso o solo, maior a sua espessura.

Para melhor compreensão das relações entre espessura do solo e temperatura do solo, pode-se observar, no gráfico elaborado por Tubelis e Nascimento (1980) *apud* Resende (1986: 46), as variações de temperatura do solo, conforme os níveis de profundidades (Figura 48).

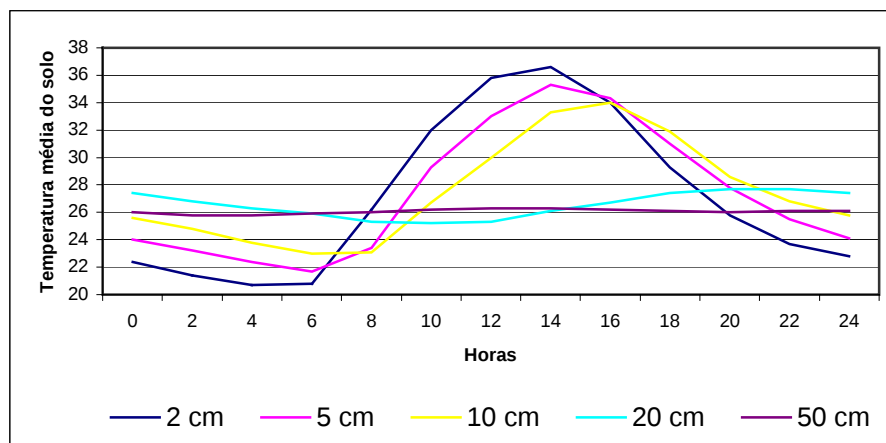


Figura 48. Curso diário da temperatura média de solo nu a diferentes profundidades, dias 20 a 29 de janeiro de 1985, em Ribeirão Preto-SP.

Fonte: Tubelis e Nascimento (1980) *apud* Resende (1986: 46).

A temperatura média do solo nu, nas profundidades de 2, 5 e 10 cm, apresenta a temperatura máxima no período compreendido entre as 14 e 16 horas, e as temperaturas mínimas, entre as 4 e 8 horas da manhã.

No caso da profundidade de 20 cm, a temperatura média oscilou em torno de 2 °C ao longo do período de 24 horas. Já na profundidade de 50 cm, quase não ocorreram alterações. Isso significa que a amplitude entre a temperatura máxima e a mínima tende a diminuir com a profundidade. Estes valores oscilam de acordo com a radiação solar que chega de modo diferenciado, conforme a posição geográfica, a época do ano, a hora e o dia em que foi tirada a medida da temperatura.

Compreendido o processo de decomposição dos resíduos sólidos, principalmente os domésticos, em um ambiente anaeróbio, bem como quais são os fatores que mais diretamente influenciam este processo, conforme foi dito anteriormente, elaborou-se uma análise integrada dos aspectos climáticos, objetivando-se gerar, para a realidade local, um modelo de previsão de produção de chorume e odor. A análise integrada foi baseada na concepção da Análise Rítmica proposta por Monteiro (1971), tendo como finalidade mostrar a atuação diferenciada dos fatores climáticos, na região de Presidente Prudente, tanto no período chuvoso como no período de chuvas escassas.

6.4. Análise integrada dos aspectos climáticos e sua aplicação na previsão de produção de chorume e odor.

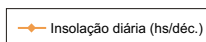
A Figura 49 apresenta dois momentos bem distintos. Um compreende o período chuvoso, no qual o mês de janeiro apresentou as maiores médias de temperatura e precipitação; e, o outro o período de poucas chuvas, sendo o mês de julho o que apresentou, de modo geral, as menores médias de pluviosidade e de temperatura.

Numa primeira constatação, pode-se observar que os períodos de maior produção provável de chorume e de gases estão geralmente relacionados aos dias em que a maioria dos índices apresentou valores positivos; eles estavam acima da média mensal; e conseqüentemente, os de menor geração, ocorreram nos dias em que houve predomínio dos valores negativos, ou seja, abaixo da média mensal.

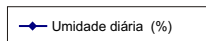
Veremos a seguir como foram estas variações nos meses de janeiro e julho do ano de 1999.

LEGENDA

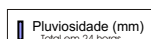
I - Insolação



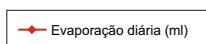
II - Umidade do Ar



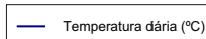
III - Pluviosidade diária



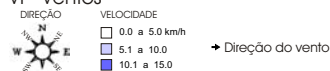
IV - Evaporação



V - Temperatura do ar



VI - Ventos



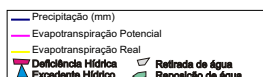
VII - Nebulosidade



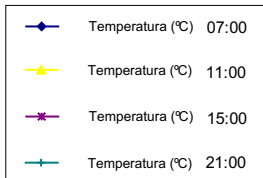
VIII - Sistemas atmosféricos (S.A.)



IX - Balanço Hídrico



X - Temperatura do solo



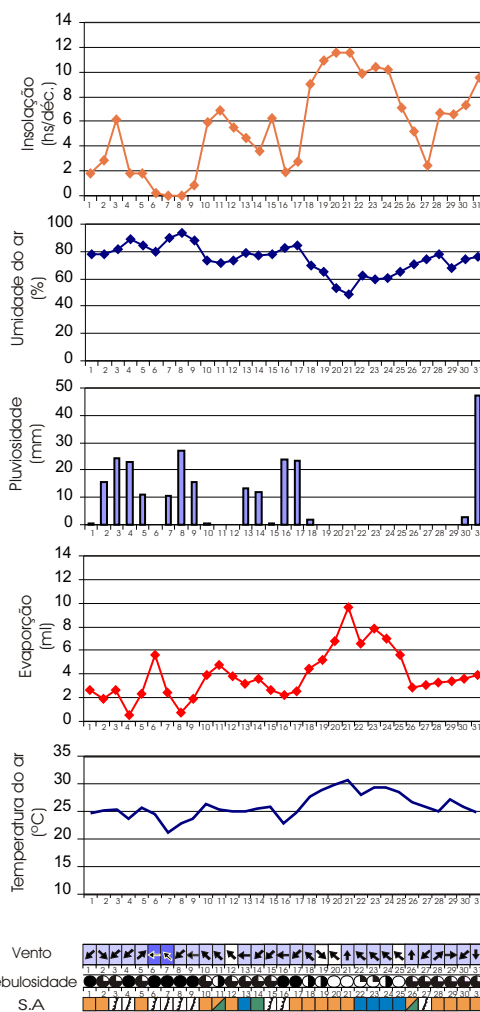
XI - TEMPERATURA DE ATUAÇÃO DAS BACTÉRIAS METANOGÊNICAS



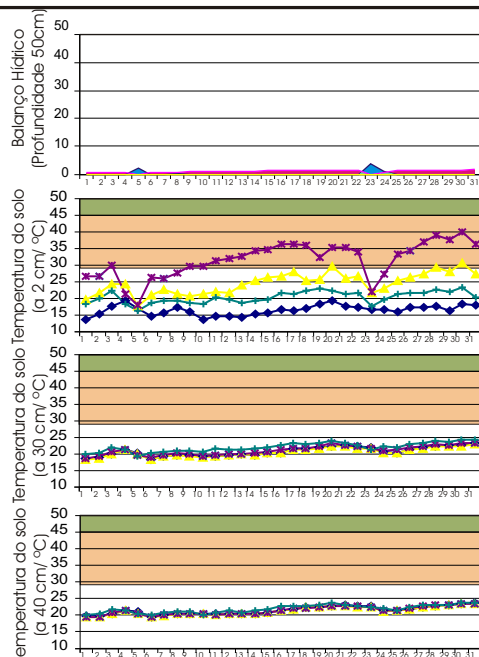
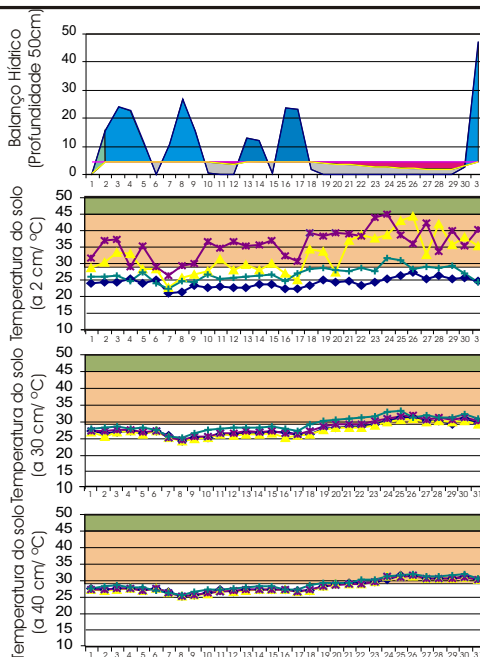
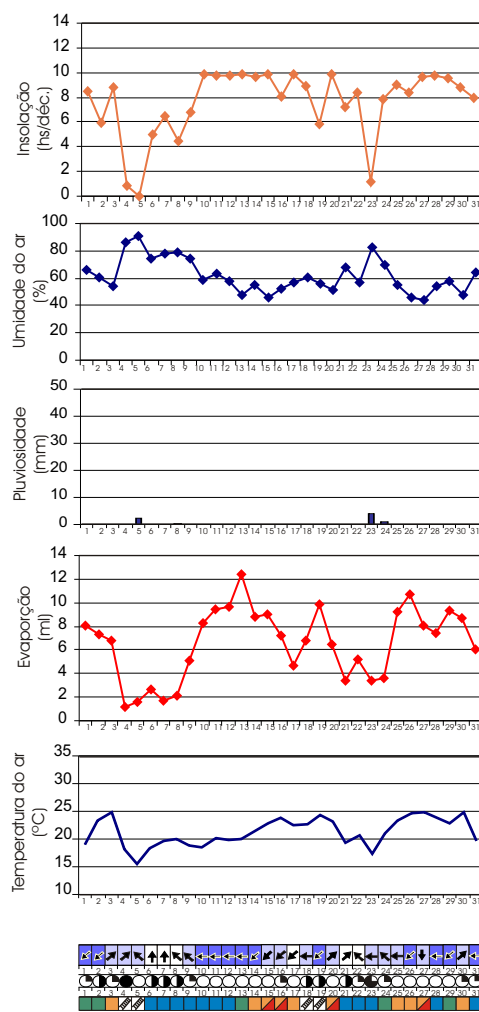
XII - PREVISÃO DE PRODUÇÃO DE CHORUME E ODOR



JANEIRO DE 1999



JULHO DE 1999



6.4.1. O mês de janeiro de 1999

O mês de janeiro apresentou, na maior parte dos seus dias, índices de produção de chorume e odor que variaram de baixa a média e de média a alta. Esta variação deveu-se principalmente à combinação de fatores, com valores positivos, como insolação, umidade do ar, pluviosidade, razoável nebulosidade e balanço hídrico, com excedente hídrico em subsolo.

Como se pode observar, no período compreendido aproximadamente entre os dias 2 a 10, ocorreu a atuação da Massa Tropical Atlântica (TA) intercalando com as invasões das Frentes Frias (FF) e Frentes Quentes (FQ).

No caso da TA, que se origina a partir do Anticiclone Tropical Atlântico, localizado no Oceano Atlântico, a principal característica é a sua umidade precedida de temperatura elevada, podendo ocasionar fortes chuvas (aguaceiros), como no caso do dia 31. Quanto à intercalação entre os sistemas atmosféricos FF e FQ, estes geraram uma sequência de quase nove dias de chuvas, com exceção do dia 6. Durante este período, a maior parte dos dias apresentou-se nublado, com queda de temperatura média. A evaporação atmosférica também apresentou o mesmo padrão de baixa, com exceção do dia 6.

Neste período, o dia 10 apresentou valor de baixa a média até de média a alta produção. Este fato, deveu-se à entrada de uma TA que gerou, entre tantos fatores, a elevação da temperatura, a maior quantidade de brilho solar e a baixa precipitação que, associados à água contida em subsolo propiciaram uma maior quantidade de produção de chorume e odor.

Outro período com totais elevados de precipitação ocorreu entre os dias 13 a 18. Neste período, predominaram dias de baixa a média produção de chorume, devido à conjunção de valores acima da média, ou seja, umidade do ar, nebulosidade e balanço hídrico. Já com índices abaixo da média predominaram a evaporação, a temperatura do ar e do solo (profundidade de 30 e 40 cm).

Associada a estes aspectos, ocorreu, no dia 13, a entrada de uma Massa Polar Atlântica (Pa). Esta, provavelmente, fez sua trajetória pelo Oceano Atlântico, ou seja, veio se tropicalizando, fazendo com que o frio fosse se dissipando

e, ao mesmo tempo, se aquecendo e se carregando de umidade, vindo a tornar-se uma Massa Polar Velha (Pv). Assim, do dia 15 para o dia 16, a Frente Fria ocasionou chuvas associadas ao aumento de umidade do ar, evaporação, nebulosidade e balanço hídrico com excedente de água em subsolo. Isto ocasionou uma pequena diminuição da temperatura do solo nas diversas profundidades.

Já do dia 16 para o dia 17, ocorreu a entrada de uma Massa Tropical Atlântica (Ta), que permaneceu atuante até o dia 21. Durante este período, choveu somente no dia 17; posteriormente, até meados do dia 30, não ocorreram precipitações.

Além da Ta, observou-se também, entre os dias 22 a 25, a atuação de uma Pa, tendo, ao seu final, a presença de uma Frente Reflexa e, posteriormente, uma Frente Quente.

Durante este período predominaram, dias com horas de brilho solar, umidade do ar, evaporação, temperatura do ar e do solo nas três profundidades, principalmente na de 2 cm, nebulosidade e ausência de precipitação. A conjunção destes fatores ocasionou um período de predomínio de média a alta produção de chorume e odor (dias 18 a 25), mesmo com o aumento do índice de deficiência hídrica e a retirada de água do subsolo. Diferentemente do dia 31, que apresentou média de alta produção, o fato deveu-se à atuação de uma TA, que gerou chuvas, após certo período de intenso déficit hídrico em subsolo.

Outro fato que pode ser analisado é que, tanto no período dos dias 2 a 10 como dos dias 13 a 18, devido à quantidade de chuvas ocorridas, houve excedente de água em subsolo. Este processo gerou pouca variação de temperatura do solo ao longo dos horários compreendidos entre as 7 horas e as 21 horas, para as profundidades de 30 e 40 cm. Já para a profundidade de 2 cm, as variações de temperatura do solo foram extremamente diferenciadas. Ou seja, em alguns horários do dia, quando as temperaturas do solo atingem valores entre 29 a 45 °C, criam-se condições para que as bactérias metanogênicas – fase mesofílica, atuem com mais intensidade no processo de decomposição da matéria orgânica, gerando, em decorrência, chorume e odor. Já no período sem registro de precipitações, ou seja, de 19 a meados do dia 29, em determinados horários do dia (das 11 às 15 horas),

ocorreu uma significativa elevação da temperatura do solo, principalmente na profundidade de 2 cm, fazendo com que houvesse uma atuação mais efetiva das bactérias metanogênicas (fase termofílica 45 a 60 °C).

6.4.2. O mês de julho de 1999

Observa-se que, na maior parte dos seus dias, os índices de produção de chorume e odor variaram entre baixa a baixa à média produção, apresentando somente um dia com média a alta produção, que seria no dia 24. No período entre os dias 23 a 24, a combinação entre valores elevados de insolação, de umidade do ar, de pluviosidade e de excedente hídrico, em função da entrada de uma PV, gerou elevação da temperatura.

Quanto aos períodos de baixa produção, os principais fatores responsáveis foram as combinações entre os valores de horas de brilho solar com baixas pluviosidades, temperatura baixa, deficiência hídrica em subsolo e elevada evaporação. Este processo pôde ser observado ao longo de quase todo o período.

Isto deve-se ao fato que, durante razoável período do mês de julho, ocorreu o predomínio da atuação das massas PA e PV, ocasionando geralmente dias frios e secos, com pouca nebulosidade, acarretando uma ausência de atuação das bactérias metanogênicas nas profundidades de 30 e 40 cm. Já para a profundidade de 2 cm, entre o horário das 11 às 15 horas, as temperaturas, por serem mais elevadas, geram condições para a atuação das bactérias metanogênicas – fase mesofílica.

Além das massas PA e PV, outros sistemas atmosféricos também atuaram ao longo do mês. Foi o caso da repercussão da Frente Fria, que, para o dia 5, ao gerar chuvas, propiciou condições favoráveis a índices de baixa a média produção de chorume e odor.

No mais, os sistemas atmosféricos atuantes no mês de julho, diferentemente do mês de janeiro, basicamente ocasionaram uma ausência de precipitação. Este fato, associado aos demais citados anteriormente, foi o principal responsável pela baixa produção de chorume e odor.

Assim, pode-se observar, a partir da análise feita para os dois períodos (janeiro e julho) que, entre todos os fatores utilizados na elaboração da análise integrada, os que mais influenciaram na produção de chorume e odor foram a temperatura do ar, a temperatura do solo, a pluviosidade e o balanço hídrico com excedente em subsolo, associado à atuação dos sistemas atmosféricos.

Com isto, baseado na análise feita entre os meses de janeiro, que apresenta geralmente os valores mais elevados de precipitação e temperatura e julho, com os valores mais baixos de precipitação e temperatura, pode-se constatar que, ao ser construído o aterro sanitário no município de Presidente Prudente e regiões próximas, haja uma tendência, em termos climáticos e meteorológicos de que:

- nos períodos de temperatura média elevada e precipitações elevadas (outubro a março), ocorra maior produção de chorume e odor;

- nos períodos de temperatura média baixa e pouca precipitação (abril a setembro), ocorra menor produção de chorume e odor;

- os períodos pós-precipitação, com excedente hídrico em subsolo, sejam os mais propícios para a produção de chorume e odor, pois a umidade contida na massa de lixo associada a temperaturas elevadas, conforme o horário do dia, auxiliará no aumento e na atuação das bactérias metanogênicas;

Assim, compreendendo-se a dinâmica de atuação dos sistemas atmosféricos e sua relação com a produção de chorume e odor, é possível a elaboração de uma análise climática que auxilie não somente na escolha do local, quanto a critérios físicos, bem como do material que será utilizado na impermeabilização das células onde será depositado o resíduo sólido. Poder-se-a prever e controlar, assim, nos períodos de maior tendência à produção de chorume e odor, a contaminação, principalmente do solo e das águas superficiais e subsuperficiais.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Conforme pode-se observar, é de fundamental importância, ao se escolher uma área para a construção de um aterro sanitário, inter-relacionar os aspectos técnicos com os aspectos políticos, econômicos e sociais. Isto ficou bem evidente no caso da área escolhida, pela atual administração municipal gestão 2001-2004, para a construção do Aterro Sanitário do município de Presidente Prudente, no qual fica localizada próximo da Estação de Tratamento de Esgotos da SABESP. Constatou-se que na sua escolha, desde o princípio, predominaram mais os aspectos de ordem política e econômica, do que técnico-ambientais e consultivos.

Como resultado, do que foi pesquisado até o presente momento, serão discutidos dois pontos fundamentais, sendo eles: as vantagens e desvantagens dos procedimentos técnicos utilizados, para escolha de qual o compartimento de relevo mais adequado para construção de um aterro sanitário, na área escolhida pela administração anterior (1997-2000); e os problemas principalmente de ordem política, ao qual refiro-me ao papel desempenhado pelo poder público, em relação ao equacionamento do melhor destino a ser dado aos resíduos sólidos urbanos.

Com referência ao primeiro ponto, os critérios técnicos escolhidos como fundamentais para a pesquisa, foram baseados nos conhecimentos geomorfológicos, morfoestruturais, hidrogeológicos, pedológicos e climáticos.

A abordagem geomorfológica foi extremamente importante para a identificação dos compartimentos de relevo, bem como das diversas feições geomórficas existentes, associado aos aspectos de declividade, hipsometria, áreas de surgência do lençol freático e ao uso do solo e da cobertura vegetal. Neste aspecto, procurou-se compreender e representar a morfodinâmica predominante na área de pesquisa, através de representações cartográficas, expressa em forma de um perfil morfodinâmico e de uma carta morfodinâmica da área de pesquisa.

Ambas as representações cartográficas, tem como unidades de análise geomorfológica principal, o compartimento de relevo. A vantagem de tomá-lo como

unidade principal de referencia física, para escolha de área (local) para construção de aterro sanitário é que, no compartimento de relevo é possível identificar setores e subsetores com características homogêneas e heterogêneas, ligadas a fatores morfoestruturais e morfoesculturas.

Assim ao definir o compartimento mais adequado para construção do aterro sanitário, pode-se identificar melhor a área, ou setor mais apropriado.

Neste aspecto, metodologicamente, primeiramente delimitou-se os compartimentos de relevo, buscando entender, quais as litologias e suas variações estratigráficas, com os tipos de solos (Latosolos e Argissolos) existentes nos compartimentos. Posteriormente, associou-se às feições morfoestruturais (antiformes e sinformes) e os aspectos hidrogeológicos (lençóis freáticos).

A partir da análise integrada entre estes aspectos, chegou-se as seguintes considerações técnicas:

- parte da área escolhida pela gestão 1997-2000, apresentou uso restritivo devido ao grau de degradação que se encontra, ocasionado pela expressiva retirada de material de empréstimo (solo);

- morfoestruturalmente, por se encontrar em um Alto Estrutural e Alto Topográfico, apresenta indicativos desfavoráveis, com prováveis fraturamentos no maciço rochoso da Formação Adamantina - Ka_{IV}, que poderiam servir de canal condutor dos possíveis lixiviados orgânicos e inorgânicos, caso se infiltrassem em subsolo;

- a presença de Latossolo Vermelho Escuro no topo é um indicativo favorável, pois serviria de material de cobertura para as células dos resíduos sólidos domésticos;

- com a retirada de solo de expressiva parte da área, também se retirou à camada de argilítos e siltítos que poderia ser utilizada, com alguns cuidados, como material impermeabilizante de base das células de lixo;

- outro problema é os vários pontos de afloramento dos lençóis freáticos, em locais à jusante da área escolhida pela gestão 1997-2000. Este fato deveu-se às

características litoestratigráficas e hidrogeológicas dos arenitos da Formação Adamantina - Ka_{IV};

Assim, em relação ao resultado demonstrado na Carta Morfodinâmica do Distrito Industrial e no quadro da síntese integrada dos compartimentos de relevo, indicou-se o compartimento de relevo **Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas**, como o mais adequado para a construção de um aterro sanitário, principalmente em áreas situadas sobre morfoestruturas do tipo Alto Topográfico e Baixo Estrutural, associado à presença de Latossolo Vermelho Escuro, e predominância de declividades pouco acentuadas.

Quanto à área escolhida pela gestão 1997-2000, considerou-se como inadequada para construção de um aterro sanitário, devido principalmente aos fatores morfoestruturais (Alto Estrutural e Alto Topográfico) e a proximidade com as áreas de surgência do lençol freático.

Com referência aos aspectos climáticos, no que tange à direção predominante dos ventos, a escolha da área foi correta, pois ao se encontrar no quadrante sul, mais especificamente à sudeste da cidade de Presidente Prudente, recebe os ventos que estão associados ao Anticiclone Migratório Polar Atlântico (PA). Estes apresentam temperatura e umidade baixas e velocidades elevadas, favorecem a dispersão dos poluentes e odores, sendo que geralmente são precedidos de chuvas.

Em relação à análise integrada dos aspectos do clima e sua influência na produção de chorume e odor, ao comparar os dois momentos climatologicamente distintos ao longo do ano de 1999, conforme representado no Quadro 49, foram estabelecidos índices qualitativos de produção de chorume e odor. A partir destes índices qualitativos, é possível compreender, antes da construção de um aterro sanitário, quais os período de maior e de menor produção de chorume e odor, conforme as condições climáticas e meteorológicas predominantes ao longo das estações do ano.

Estas informações servem de parâmetro para que, após a construção do empreendimento, ocorra um melhor acompanhamento, através de poços de

monitoramento, um controle quantitativo da produção de chorume e odor, evitando possíveis contaminações do solo e das águas de superfície e de subsuperficiais.

É importante destacar que, os critérios técnicos escolhidos para esta pesquisa, devem ser analisados de modo integrado, pois um é resultante e efeito do outro.

Quanto as vantagem da utilização dos critérios técnicos escolhidos, na área de estudo, apresentaram resultados bem expressivos, principalmente o aspecto da identificação das morfoestruturas, ou seja, os Altos e Baixos Estruturais.

As maiores dificuldades surgiram para a elaboração da carta morfodinâmica. Várias foram às tentativas de sobreposição das cartas temáticas, para chegar a um resultado que expressasse a dinâmica da paisagem e, sua relação com os compartimentos de relevo mais adequados para a construção de um aterro sanitário.

Quanto aos aspectos socioeconômicos e políticos, estes devem ser prioritariamente destacados, principalmente em relação à participação dos diversos agentes sociais, que direta ou indiretamente são afetados no processo de escolha da área.

A problemática dos resíduos sólidos urbanos, gerados no município de Presidente Prudente, não será resolvida somente com a escolha de uma área para construção de um aterro sanitário, pois o processo de produção e destino dos resíduos sólidos, devem ser compreendidos na sua totalidade, ou seja, desde a geração (fontes) até o local de despejo (formas de disposição). Isto significa, inserir no processo, de forma digna, os principais responsáveis pela coleta seletiva dos resíduos sólidos, que são os catadores ou garimpeiros, que, no caso do município de Presidente Prudente, não tem nenhum projeto em vigor, por parte do poder público, que faça o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos de modo correto.

Para tanto, a administração pública deve assumir a problemática dos resíduos sólidos como uma das prioridades municipais. Deve incentivar, não somente a viabilidade de construção de uma Usina de Triagem e Compostagem e de um aterro sanitário, mas também a formação de cooperativas de catadores de resíduos comercializáveis, e da coleta seletiva do lixo em diversos setores e locais da cidade, principalmente na tentativa de conscientizar a população, para a diminuição da quantidade de lixo produzido. Além disto,

incentivar campanhas de conscientização e preservação dos diversos recursos ambientais, já estabelecidos no Plano Diretores de Desenvolvimento Urbano, na Lei Orgânica Municipal, e nas diversas leis ambientais estaduais e federais, bem como respeitando e referendando as decisões do COMDEMA, na participação das administrações municipais.

Todavia, para que se possa viabilizar a execução dos projetos acima descritos, e necessário à manutenção de um quadro de técnicos, principalmente na Secretaria Municipal do Meio Ambiente, que independente de mudanças de gestão administrativa, tenham condições políticas, financeiras e instrumentais para executar e dar continuidade aos diversos projetos na área de resíduos sólidos urbanos.

Neste aspecto, é importante destacar o projeto de políticas públicas, que esta sendo realizado por professores da UNESP de Presidente Prudente-SP, que trata sobre a problemática do lixo em Presidente Prudente.

Portanto, espera-se que este trabalho, possa contribuir metodologicamente, para o estudo da dinâmica da paisagem, objetivando a escolha de áreas para a construção de aterro sanitário, bem como também, na discussão política – ambiental, referente ao modo como, a problemática dos resíduos sólidos urbanos vem sendo tratada pelo poder público municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AB'SABER, Aziz Nacib. A geomorfologia no Brasil. Notícias Geomorfológica, Campinas, nº 2, p. 1-8, 1958.
- 2 AB'SABER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia, São Paulo, nº 18, p. 1-23, 1969.
- 3 AB'SABER, Aziz Nacib. Os baixos chapadões do Oeste Paulista. Geomorfologia, São Paulo, nº 17, p. 1-8, 1969.
- 4 ABREU, Adilson Avansi de. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. Rev. IG, São Paulo, v.4, n. 1-2, p.5-23, jan/dez, 1983.
- 5 AMARAL, Ilídio do. Aspectos da evolução da geomorfologia. Notícias Geomorfológica, Campinas, v. 9, n. 18, p.3-18, dez. 1969.
- 6 ABNT – Associação brasileira de normas técnicas. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos. São Paulo: ABNT, 1984.
- 7 ABNT – Associação brasileira de normas técnicas. Degradação de solos. São Paulo: ABNT, 1987.
- 8 ASSESSORIA E CONSTRUÇÕES LDТА-FB. RELATÓRIO AMBIENTAL PRELIMINAR (RAP). Aterro Sanitário de Presidente Prudente-SP, setembro de 1999, 98p.
- 9 BAHIA. Centro de Estudos e Informações (CEI). Qualidade ambiental na Bahia: recôncavo e regiões limítrofes. Salvador: Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC), 1987. 48p.
- 10 BARRIOS, Neide Aparecida Zamuner. O agrossistema do extremo Oeste Paulista. São Paulo, 1995. 199p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- 11 BENVENUTO, C. A concepção e a construção de aterros sanitários. III Simpósio sobre Barragens de Rejeito e Disposição de Resíduos – REGEO 95. p.551-561.

- 12 BERTRAND, George. Paisage y geografia física global. In: MENDONÇA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Aliança Editorial, 1982. p. 461-64.
- 13 BERTRAND, George. La ciência del paisaje, una ciência diagonal. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Aliança Editorial, 1982. p. 465-469.
- 14 BERTRAND, George. Entrevista com o professor George Bertrand. Geosul, Florianópolis, v.13, n.26, p. 144-160, jul./dez. 1998.
- 15 BIGARELLA, J. J. *et al.* Considerações a respeito da evolução das vertentes. Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba, n.16/7, p. 89, 1965.
- 16 BOIN, M. N. Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada. Rio Claro, 2000. 264.p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE/UNESP – Rio Claro.
- 17 BRANCO, Samuel Murgel. Ecossistêmica – uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Edgard Blücher, p.108/09, 1989.
- 18 CARVALHO, W. A. ; ACHÁ, L.P. Levantamento Semidetalhado dos Solos do Município de Presidente Prudente escala 1:50.000 (em fase de conclusão), 2001.
- 19 CASSETI, Valter. Elementos de geomorfologia. Goiânia: Editora da UFG, 1994. 127p.
- 20 CASSETI, Valter. Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia: uma análise quantitativa de resultados experimentais. São Paulo, 1989. 138p. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- 21 CHOLLEY, André. Morfologia estructural y morfologia climatica. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Aliança, 1982. p. 372-76.
- 22 CHRISTOFOLETTI, A. Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo: HUCITEC, 1979. 106p .

- 23 CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2.ed. São Paulo: Edgard Bliicher, 1980. p.159-176.
- 24 CHRISTOFOLETTI, A. As tendências atuais da geomorfologia. Notícias Geomorfológica, Campinas, v. 17, n.33, p.35-91. Jun. 1977.
- 25 C.N.E.P.E. (Comissão de Solos) Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Rio de Janeiro, 1960. v.12, 634p.
- 26 CRUZ, Olga. A Serra do mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição a geomorfologia tropical litorânea. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1974. 156p.
- 27 CUNHA, Sandra Baptista da, GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação ambiental. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337-79.
- 28 DAVIS, W. M. El Ciclo Geográfico. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 178-182.
- 29 EIGENHEER, Emílio M., org. Coleta seletiva de Lixo. Rio de Janeiro: In. Fólio, 1998. 207p.
- 30 FREIRE, O. *et al.* Solos do colégio técnico agrícola “Dr. Antônio Eufrazio de Toledo” de Presidente Prudente – SP. Presidente Prudente, Bol.Ci. FCT/UNESP, n.1, 1991. 89p.
- 31 FREIRE, O. *et al.* Erodibilidade de alguns solos do oeste do Estado de São Paulo. São Paulo: Revista de Geografia, 11, 1992. p.77-87.
- 32 GODOY, Manoel Carlos Toledo Franco de. Estudo hidrogeológico das zonas não saturada e saturada da formação adamantina, em Presidente Prudente, estado de São Paulo. São Paulo, 1999. p.19-21. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- 33 GODOY, Manoel Carlos Toledo Franco de. Mapeamento geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente - SP. São Carlos,

- vol. 1, 1989. 108p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 34** GOMES, Luciana Paulo. Estudo da caracterização física e da biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. São Carlos, 1989. 158 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 35** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, vol. II, 1981, p. 6; 7; 21; 70-2; (Publicação IPT 1183).
- 36** INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p. 46-8; 69 (Publicação IPT 1184).
- 37** JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. *et al.* Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da folha São José de Mipibu-RN. Geociências, São Paulo, v.12, p.481-91, 1993.
- 38** LANDIM, P. M. B. *et al.* O estudo morfoestrutural pela análise de superfícies de tendência. Geociências, São Paulo, v.3, p.77-89, 1984.
- 39** LEÃO, Alcides Lopes. Geração de resíduos sólidos urbanos e seu impacto ambiental. In: MARTOS, Henry Lesjak, MAIA, Nilson Borlina. Indicadores Ambientais. Sorocaba: s.n., 1997. p.213.
- 40** LEFEBVRE, Henry. A revolução urbana. Belo Horizonte: UFMG, p. 15-6; 21-8, 1999.
- 41** LEFEBVRE, Henry. O direito à cidade. São Paulo: Moraes, p. 14, 1991.
- 42** LEMOS, Raimundo Costa de e SANTOS, Raphael David dos. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 3ª ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Campinas, 83p. 1996.
- 43** LIXO municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995. 278p. (Publicação IPT 2163).

- 44 LIMA, Luiz Mário Queiroz. Tratamento do lixo. 2. Ed. Hemus, São Paulo, 1991.
- 45 LIMA, M.I.C. de. Introdução à interpretação radargeológica. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995. 124p (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n.3).
- 46 KIEHL, Edmar José. Manual de edafologia. São Paulo: Editora Agronômica CERES, 1979. 261p.
- 47 KING, L. Principios generales de evolución del paisaje. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 386-92.
- 48 MARISCO, L. M. O. Contribuição ao estudo do planejamento municipal no Brasil: O Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Presidente Prudente (SP) 1969. Presidente Prudente, 1997. 72 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista.
- 49 MARQUES, Jorge Soares. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p.23-50.
- 50 MAZZINI, Eliane de Jesus Teixeira. De lixo em lixo em Presidente Prudente (SP): novas áreas, velhos problemas. Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 1997. p.96 (monografia de Bacharelado).
- 51 MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 31-3.
- 52 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo. Rio de Janeiro: C.N.E.P.A, 1960. 631 p.
- 53 MONTEIRO, C.A. de F. Análise Rítmica em Climatologia. Climatologia 1, IGEOG/USP, São Paulo, 1971. 21p.
- 54 MOURA, J. R. da Silva, SILVA, T. M. da. Complexos de rampa de colúvio. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da.

- Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.143-80.
- 55 OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO,M.N.; ROSSI,M.;CALDERANO FILHO,B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo (escala 1:500.000). Campinas-SP:Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro-RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos/EMBRAPA, 1999. 108 p.
- 56 ORTH, Maria Helena de Andrade. Planos diretores de resíduos sólidos no Estado de São Paulo. In: RESID' 99: Seminário sobre resíduos sólidos. São Paulo: Associação brasileira de geologia de engenharia, 1999. p.27- 8.
- 57 PASSARGE, S. Morfologia de zonas climáticas a morfologia de Paisagens? In: MENDOZA, J. G. *et al.* El Pensamiento Geográfico. Madrid: Aliança Editorial, 1982. p. 377-380.
- 58 PENCK, Albrecht. Propuesta de una clasificación climática basada en la fisiografía. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El Pensamiento Geográfico. Madrid: Aliança Editorial, 1982. p. 188-192.
- 59 PELOGGIA, Alex. O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998. p. 20; 34; 73-4.
- 60 PICHAT, Philippe. A gestão dos resíduos. Lisboa: Biblioteca Básica de Ciência e Cultura, 1995. p. 30-1.
- 61 PRESIDENTE PRUDENTE. Prefeitura Municipal. Plano Diretor de Presidente Prudente - SP. São Paulo: CPEU/FAUUSP, vol. III, capítulo cidade, 1969. p.332.
- 62 PRESIDENTE PRUDENTE. Prefeitura Municipal. Plano Diretor de Presidente Prudente – SP. Presidente Prudente, Prefeitura Municipal, vol. IV, capítulo meio ambiente, 1995. p.1-44.
- 63 PRESIDENTE PRUDENTE. Presidente Prudente: Lei Orgânica Municipal da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, 1990.
- 64 RESENDE, Mauro. Clima do solo suas relações com o ambiente agrícola. Belo Horizonte: Inf. Agropec., 12 (138), 1986. p. 43-59.

- 65 RODRIGUES, Arlete Moysés. Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998. 239p.
- 66 ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Geomorfologia: ambiente e planejamento. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991. 82p
- 67 ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.291-336.
- 68 ROSS, J. L. S & MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.10, p.41-56, 1996.
- 69 SANT'ANNA NETO, J.L., BARRIOS, N. A. Z. Variabilidade e tendência das chuvas na região de Presidente Prudente. Revista de Geografia, São Paulo, v.11, p.63-76, 1992.
- 70 SANTOS, Milton. Por uma geografia nova. 4.ed. São Paulo: Hucitec, 1996. p. 203-12.
- 71 SÃO PAULO (CETESB). Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório síntese. São Paulo: CETESB, vol. I, jan.,2000. 65 p.
- 72 SÃO PAULO (CETESB). Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares. São Paulo: CETESB, 1999.
- 73 SÃO PAULO (CETESB). Cartas do meio ambiente e sua dinâmica: mapa Baixada Santista. São Paulo: CETESB, 1985. 33p.
- 74 SÃO PAULO (DAEE). Estudo de águas subterrâneas. São Paulo: DAEE, vol. 1, 1979. 220p.
- 75 SMITH, Neil. Desenvolvimento desigual: natureza capital e a produção de espaço. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988. p. 77, 87-8.
- 76 SOARES, P.C. et al. Análise morfoestrutural integrada com imagem de RADAR e LANDSAT da bacia do Paraná. São Paulo, PAULIPETRO, 1981. Consorcio IPT-CESP.

- 77 SOCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. Métodos em Questão, São Paulo, n.16, p.1, 1977.
- 78 SUAREZ, José Martin. A localização das cidades no extremo oeste do Estado de São Paulo (Brasil) e seus problemas. In: Anais/ III Encuentro de Geógrafos de América Latina. Toluca – México, 1991. p. 323-36.
- 79 SUDO, Hideo. Bacia do alto Santo Anastácio – estudo geomorfológico. São Paulo, 1980. 235p. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- 80 SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. Ambiente fluvial. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC; Editora da Universidade Federal do Paraná, 1990. p.54.
- 81 SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. A trajetória da natureza: Um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS. São Paulo, 1988. 243p. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- 82 SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Geomorfologia: novos conceitos e abordagens. In: Anais/VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada. Curitiba/PR - Brasil. - São Paulo: Tec Art Editora Limitada, 1997.
- 83 TORRES, Patrícia *et al.* Tratabilidade biológica de chorume produzido em aterro não controlado. In: Engenharia sanitária e ambiental. São Paulo, vol. 2, n. 2, p.55-6, abr./jun. 1997.
- 84 TRICART, Jean. El análisis de sistemas y el estudio integrado del medio natural. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 470-476.
- 85 TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1977. p. 31-64.

- 86** TRICART, Jean. A Geomorfologia e o pensamento marxista. Território livre, São Paulo, n.2, 1980.
- 87** TROLL, Carl. El paisaje geográfico y su investigación. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 323-329.
- 88** TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F.J.L do. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.