

USP

Campus de São Carlos

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO
PRELIMINAR DA REGIÃO URBANA DE
PRESIDENTE PRUDENTE-SP :
ESCALA 1/25.000

Manoel Carlos Toledo Franco de Godoy

Orientador: Prof. Dr. Jayme de Oliveira Campos

Volume I

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PRELIMINAR DA REGIÃO

URBANA DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP

ESCALA 1/25.000

VOLUME I

MANOEL CARLOS TOLEDO FRANCO DE GODOY

Orientador:

Dr. JAYME DE OLIVEIRA CAMPOS



DEDALUS - Acervo - EESC



31100017971

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como requisito parcial a obtenção do Título de Mestre em Geotecnia.

SÃO CARLOS - SP

AGOSTO DE 1989

A Nelsi, minha esposa;
A Marina e Leonardo,
meus filhos.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meus sinceros agradecimentos:

À Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) de Presidente Prudente, antigo Instituto de Planejamento e Estudos Ambientais (IPEA), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), na pessoa do seu Diretor, Professor Doutor Marcos Alegre, pelas condições proporcionadas ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Doutor Jayme de Oliveira Campos, em reconhecimento ao valor do seu incentivo e da sua orientação em todas as etapas do curso de pós-graduação.

Ao Professor Doutor José Martin Suarez, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual paulista, pelo auxílio oferecido no esclarecimento de questões referentes à geologia da região de Presidente Prudente.

Às empresas SOENVIL, PRUDENSTACA e PROJEL, pelo acesso possibilitado a informações de sondagens de simples reconhecimento.

Ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), à Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e à Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, pelo fornecimento de importantes dados para o desenvolvimento da pesquisa.

À Companhia Energética de São Paulo S.A. (CESP) e ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER), pelos serviços de laboratório essenciais na obtenção de dados para a pesquisa.

Aos funcionários Ester Rodrigues de Freitas Ninelo, Maria Aparecida Calixto Penha, Paulo Pereira Braga Filho, Cleide Muchiutti Pinheiro e Flora Hideko Sato, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, pela dedicação e seriedade profissional com que prestaram a sua colaboração à pesquisa.

R E S U M O

O mapeamento geotécnico da região urbana de Presidente Prudente-SP visa oferecer uma contribuição para o planejamento físico-territorial em área delimitada conforme a potencialidade de expansão da cidade. Para o cumprimento deste objetivo, a pesquisa realizada nesta área orientou-se por uma metodologia da cartografia geotécnica aplicável à definição de prioridades quanto às reservas de expansão urbana.

As variáveis do meio físico que foram ponderadas distinguem-se em três categorias, designadas como "geofatores que põem em risco o desenvolvimento urbano", "geofatores limitantes da aptidão para áreas de construção" e "georrecurso a serem protegidos da urbanização".

O resultado da ponderação de tais variáveis é sintetizado em cartas temáticas, as quais diferenciam setores por graus de restrição determinados a partir de uma análise criteriosa de cada variável.

Na área pesquisada, o zoneamento destes setores classificados na ponderação, apesar de complexo, revela uma tendência básica de distribuição. Verifica-se uma concentração de geofatores negativos em fundos de vales e zonas de nascentes de cursos d'água, observando-se uma concorrência relativamente menor de restrições em topos aplainados de interflúvios.

ABSTRACT

The geotechnical mapping of the urban area of Presidente Prudente-SP aims to provide a contribution to the physical territorial planning in an area delimited according to the town potential expansion. In order to fulfill this objective, the study carried out in this area followed a procedure of the geotechnical cartography applicable to the definition of urban expansion reserves priorities.

The geoenvironmental variables assessed were distinguished into three categories: **geofactors which endanger the urban development**, **geofactors which limit the suitability of construction sites** and **georesources which are to be protected from the urbanization**.

The result of the assessment is synthesized in thematic maps, where zones are differentiated by certain degrees of restriction from discerning analysis of each variable.

The zonation achieved at this study area, despite its complexity, shows a basic trend of distribution. A concentration of negative geofactors is observed at lowlands, as well at stream channels springs; otherwise less restriction is observed at the interfluvial smooth uplands.

S U M Á R I O

RESUMO	i
1. INTRODUÇÃO	
1.1. Objetivo.....	001
1.2. Localização da Área da Pesquisa.....	002
1.3. População e Características de Polo Regional de Presiden <u>te</u> Prudente.....	003
2. ESTADO DA ARTE DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	
2.1. Resumo da Evolução.....	004
2.2. Finalidades e Escalas Apropriadas.....	006
2.3. Princípios e Critérios.....	008
2.4. Resumo de Sistemas e Metodologias.....	009
2.5. Adaptações e Proposições de Metodologias no Brasil.....	012
2.6. Coleta de Dados	
2.6.1. Função das unidades geotécnicas.....	014
2.6.2. Elementos do meio físico a serem considerados....	015
2.6.2.1. Características das rochas e dos mate <u>riais</u> de cobertura.....	016
2.6.2.2. Outros elementos.....	016
2.6.3. Meios de Coleta de Dados.....	017
3. CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO REGIONAL	
3.1. Geologia Regional	
3.1.1. Camadas Sedimentares do Grupo Bauru.....	019
3.1.2. Características dos depósitos cenozóicos.....	021
3.1.3. Esboço tectônico.....	023
3.2. Esboço geomorfológico.....	025
3.3. Clima Atual da Região.....	025
3.4. Solo: Classificação Pedológica.....	027
3.5. Vegetação.....	027
3.6. Dinâmica Atual do Geoambiente na Região.....	027

4. FENÔMENOS RELACIONADOS AO GEOAMBIENTE DA REGIÃO

4.1. Dinâmica Interna.....	028
4.2. Dinâmica Externa.....	028
4.2.1. Instabilidade de taludes.....	029
4.2.1.1. Ocorrências na região.....	029
4.2.1.2. Fenômenos característicos das formações do Grupo Bauru.....	030
4.2.1.3. Peculiaridades das coberturas inconsoli- dadas.....	031
4.2.2. Recalques bruscos.....	033
4.2.3. Problemas de erosão.....	034
4.2.3.1. Tipos de processos.....	034
4.2.3.2. Erosão em sulcos e ravinas.....	034
4.2.3.3. Boçorocas.....	036
4.3. Possibilidade de Ocorrência de Outros Fenômenos.....	037

5. PESQUISA REALIZADA

5.1. Metodologia Aplicada à Pesquisa.....	038
5.2. Bases Cartográficas.....	041
5.3. Mapeamentos Temáticos Pré-existentes.....	042
5.4. Foto-interpretção.....	042
5.4.1. Metodologia.....	042
5.4.2. Material utilizado.....	043
5.5. Levantamento de Campo.....	044
5.6. Amostragens e Ensaios Executados.....	045
5.6.1. Procedimento para a cobertura inconsolidada.....	045
5.6.2. Procedimento para rochas sãs ou alteradas.....	046
5.7. Verificação do Comportamento do Lençol Freático.....	047
5.8. Informações sobre Índice de Resistência à Penetração....	047
5.9. Outras Informações.....	047

5.10. Resultados da Pesquisa.....	048
5.10.1. Zoneamento preliminar.....	048
5.10.2. Análise e avaliação de Geofatores "A".....	050
5.10.2.1. Sulcos convergentes e ravinas.....	050
5.10.2.2. Boçorocas.....	051
5.10.3. Análise e avaliação de Geofatores "B" de <u>limi</u> tações devidas a propriedades de rochas e solos	054
5.10.3.1. Capacidade de carga e aptidão para <u>a</u> terros	054
5.10.3.2. Resistência à escavação - escavabili- dade e escarificabilidade.....	067
5.10.3.3. Classificação de Geofatores "B" refe rentes a propriedades de rochas e <u>so</u> los.....	073
5.10.4. Geofatores "B" devidos ao relevo.....	076
5.10.4.1. Critérios para a escolha das classes.	076
5.10.4.2. Classificação.....	079
5.10.5. Geofatores "B" devidos à presença da água.....	080
5.10.5.1. Importância.....	080
5.10.5.2. Drenabilidade.....	080
5.10.5.3. Nível da água subterrânea.....	081
5.10.5.4. Áreas inundáveis.....	082
5.10.5.5. Classificação de Geofatores devidos à presença da água.....	083
5.10.6. Análise e classificação dos Geofatores "C".....	084
5.10.6.1. Áreas a serem protegidas.....	084
5.10.6.2. Observações sobre a poluição do <u>len</u> çol freático.....	084
5.10.6.3. Informações sobre o abastecimento de água para a cidade.....	084

5.10.6.4.	Condições de serviço de esgoto doméstico na cidade.....	085
5.10.6.5.	Condições de disposição do lixo doméstico na cidade.....	086
5.10.6.6.	Condições de disposição do rejeito industrial no Município.....	086
5.10.6.7.	Recarga de aquíferos.....	088
5.10.6.8.	Bacias de reservatórios.....	089
5.10.6.9.	Georrecursos referentes à fertilidade do solo.....	090
5.10.6.10.	Matérias-primas minerais.....	093
5.10.6.11.	Restrições determinadas por leis e atos administrativos.....	093
5.10.6.12.	Classificação de Geofatores "C".....	093
5.10.7.	Confecção dos mapas.....	095
5.10.7.1.	Simbologia	
5.10.7.2.	Anexo 1 - Mapa Topográfico e de Ocupação já existente.....	095
5.10.7.3.	Anexo 2 - Mapa de Dados.....	095
5.10.7.4.	Anexos 3, 4, 5, 6 e 7 - Mapas referentes aos Geofatores.....	095
5.10.7.5.	Anexo 8 - Mapa de Planejamento de Ocupação do Terreno.....	095
6.	CONCLUSÕES.....	096
	BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA.....	100
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	103

LISTA DE TABELAS

REF.	LEGENDA	PÁG.
2.1.	Relação de metodologias de cartografia geotécnica de uso específico.....	010
2.2.	Relação de metodologia de cartografia geotécnica de uso geral.....	011
2.3.	Exemplo de aplicações de metodologias de cartografia geotécnica no Brasil.....	012
2.4.	Metodologia proposta por Zuquette (1987) - Relação de dependência entre Atributos e Aptidões.....	013
2.5.	Metodologia proposta por Zuquette (1987) - Relação de dependência Aptidão x Ocupação.....	014
2.6.	Relação entre a escala e os métodos de delimitação cartográfica e de caracterização das unidade geotécnicas.....	015
2.7.	Metodologia proposta por Zuquette (1987) - Relação Atributos x Meios de obtenção de dados.....	018
5.1.	Sistema de superposição tcheco - Geofatores "A" - <u>ris</u> co para a urbanização.....	039
5.2.	Sistema de superposição tcheco - Geofatores "B" - <u>li</u> mitantes de fundações.....	040
5.3.	Sistema de superposição tcheco - Geofatores "C" - <u>re</u> ursos a serem protegidos.....	040
5.4.	Exemplo de classificação de geofatores para mapas geotécnicos em escala 1:200.000 na Tchechoslováquia..	041
5.5.	Material fotográfico utilizado.....	043
5.6.	Classificação dos Geofatores "A" na área pesquisada.	053
5.7.	Possíveis valores de carga admissível sob carregamen <u>to</u> estático vertical.....	055

5.8.	Pressão admissível.....	055
5.9.	Resultados de determinação de índices físicos.....	056
5.10.	Resultados de análise granulométrica e de limites de Atterberg para solo coluvial.....	056
5.11.	Resultado de análise granulométrica e de limites de Atterberg para solo residual.....	057
5.12.	Resultado de análise granulométrica e de limites de Atterberg para solo aluvial.....	057
5.13.	Informações do DER referentes a solos do Município de Presidente Prudente - SP.....	064
5.14.	Distribuição em porcentagens de valores de N_{SPT} para solo coluvial e solo raso.....	065
5.15.	Designações correlacionadas a índices de resistência à penetração, de acordo com Terzaghi - Peck - Standard Penetration Test	065
5.16.	Resumo de dados do Relatório DAEE/DTLE/1986, referente a material aluvial com presença secundária de colúvio e aterro sobrepostos.....	066
5.17.	Resultado geral da amostragem de rocha sã e alterada	069
5.18.	Classificação proposta pela ABGE para grau de fraturamento.....	072
5.19.	Resultado de análise granulométrica em amostras da Formação Adamantina, de acordo com técnicas adotadas em pedologia.....	073
5.20.	Indicação sobre influência da espessura de camadas mais resistentes para a resistência à escarificação.	074
5.21.	Formas de identificação de materiais no campo.....	075
5.22.	Classificação de Geofatores devidos à natureza da rocha e do solo.....	076

5.23.	Valores toleráveis de declividade conforme a categoria de ocupação do terreno.....	077
5.24.	Classificação de Geofatores "B" devidos ao relevo na área da pesquisa.....	079
5.25.	Classes de drenabilidade propostas pela IAEG.....	080
5.26.	Classificação de Geofatores "B" devidos à presença da água na região.....	083
5.27.	Situação do controle de rejeito industrial em Presidente prudente em Setembro/89 de acordo com a CETESB.	087
5.28.	Correlação entre Material de Cobertura e Unidades pedológicas no Município de Presidente Prudente.....	091
5.29.	Classificação de Geofatores "C".....	094
5.30.	Símbolos usados no Anexo 8 - Mapa de Planejamento de Ocupação do Terreno, referentes aos graus de influência dos Geofatores.....	096

LISTA DE FIGURAS

REF.	LEGENDA	PÁG.
1.1.	Localização geográfica da área da pesquisa.....	003
2.1.	Esboço de procedimento do mapeamento geotécnico.....	010
3.1.	Mapas de drenagem e de morfo-estruturas em Presidente Prudente.....	024
5.1.	Distribuição granulométrica do solo coluvial cenozóico para 10 unidades de amostra.....	058
5.2.	Distribuição granulométrica para 12 amostras de solo coluvial.....	059
5.3.	Distribuição granulométrica para solo podzólico de Lins e Marília em interflúvios colinosos - a partir de levantamento geomorfológico.....	060

5.4.	Distribuição granulométrica para solo podzólico de Lins e Marília em terraços estruturais a partir de levantamento geomorfológico.....	060
5.5.	Distribuição granulométrica para solo podzólico a partir de mapeamento pedológico.....	061
5.6.	Distribuição granulométrica referente a aluvião e a solo hidromórfico.....	061
5.7.	Distribuição granulométrica para solos residuais da Formação Adamantina.....	062
5.8.	Distribuição granulométrica para solos litólicos a partir do levantamento geomorfológico e do mapeamento pedológico.....	062
5.9.	Comparação de resultados de ensaios para limites de Atterberg - Solos coluvial, aluvial e residual.....	063
5.10.	Classes de declivês ótimos para vários tipos de construções e atividades.....	078

LISTA DE FOTOS

<i>REF.</i>	<i>LEGENDA</i>	<i>PÁG.</i>
4.1.	Desagregação de lamitos - Bairro Nosso Teto , Vila Alexandrina - local da amostra B-8 da Tabela 5.17...	031
4.2.	Talude enrijecido por crostas cimentantes - Distrito Industrial.....	032
4.3.	Detalhes das crostas cimentantes - Distrito Industrial.....	033
4.4.	Trincas em edificação assentada sobre área de lixo soterrado - Parque Duque de Caxias.....	034

4.5.	Feição de sulcos convergentes - cabeceiras do córrego da Memória. Reprodução pelo foto-amplificador de parte da foto aérea 2227 - Faixa 74/CESP, 1979.....	035
4.6.	Feição de sulcos convergentes - cabeceiras do córrego Limoeiro . Foto 2127 - Faixa 71/CESP, 1979.....	036
5.1.	Coleta de amostra indeformada de solo no depósito coluvial cenozóico - Amostra A 4/1, referida na Tabela 5.9.....	045
5.2.	Coleta de amostra indeformada de solo aluvial pré-atual - Margem do córrego do Veado - Amostra A 5/3 , referida na Tabela 5.9.....	046
5.3.	Reprodução de foto aérea de 1962 - Aeroporto.....	052
5.4.	Reprodução de foto aérea de 1972 - Aeroporto.....	052
5.5.	Reprodução de foto aérea de 1979 - Aeroporto.....	052

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: MAPA TOPOGRÁFICO E DE OCUPAÇÃO JÁ EXISTENTE

ANEXO 2: MAPA DE DADOS

ANEXO 3: MAPA DE GEOFACTORES A - DINÂMICA EXTERNA

ANEXO 4: MAPA DE GEOFACTORES B - CARACTERÍSTICAS DAS ROCHAS E DOS SOLOS

ANEXO 5: MAPA DE GEOFACTORES B - CLASSES DE RELEVO

ANEXO 6: MAPA DE GEOFACTORES B - PRESENÇA DE ÁGUA

ANEXO 7: MAPA DE GEOFACTORES C - ÁREAS A SEREM PROTEGIDAS

ANEXO 8: MAPA DE RECOMENDAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO TERRENO

SIGLAS MENCIONADAS

ABGE	:	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA
ABNT	:	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
CATI	:	CENTRO DE TECNOLOGIA EM RECURSOS NATURAIS
CESP	:	COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO S.A.
CETESB	:	COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
CEUP	:	CENTRO DE PESQUISAS E ESTUDOS URBANÍSTICOS
CIBPU	:	COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ-URUGUAI
COMECON	:	CONSELHO DE ASSISTÊNCIA ECONÔMICA MÚTUA
CONAMA	:	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
DAEE	:	DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO
DER	:	DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO
EESC	:	ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
FAUUSP	:	FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FEPASA	:	FERROVIAS PAULISTAS S.A.
HRB	:	HIGWAY RESEARCH BOARD
IAEG	:	ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA
IPEA	:	INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS
IPT	:	INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO
RIMA	:	RELATÓRIO DE IMPACTO DO MEIO AMBIENTE
UNESCO	:	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CUL TURA
UNESP	:	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
USP	:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
USCS	:	SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA DE SOLOS

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo

O mapeamento geotécnico da região de Presidente Prudente visa oferecer meios de se reparar uma imperfeição verificada em planos diretores e outros projetos básicos relacionados a esta cidade. Tal lacuna consiste na reduzida importância que se atribui aos condicionantes de caráter geológico-geotécnico no estabelecimento de diretrizes para a implantação da malha urbana e para as previsões de expansão da cidade. Com relação a Presidente Prudente, os planos diretores possíveis de serem consultados foram aqueles elaborados pela Comissão Interestadual da Baía Paraná-Uruguai (1968) e pelo Centro de Pesquisas e Estudos Urbanísticos - FAUUSP (1969). Neles trata-se principalmente da definição de prioridades na localização de um distrito industrial, de equipamentos urbanos em geral e de áreas para reserva de expansão urbana. Apesar deste enfoque orientado para um planejamento físico-territorial, na fundamentação de suas diretrizes, eles subestimam em muito o papel das variáveis de natureza geológica ou geotécnica, assim como se mostram falhos no entendimento das interrelações de fatores próprios ao meio físico.

Pelo que se verifica também na prática, no tocante à ocupação do solo, os rumos seguidos pela expansão urbana de Presidente Prudente refletem uma desatenção com o comportamento do meio físico. Esta desatenção é responsável por prejuízos econômicos, deterioração do meio ambiente e danos sociais. Concretamente, os resultados negativos do uso indevido do meio físico são identificados em exemplos de ocupação urbana nos bairros conhecidos como Vila Alexandrina e Parque Watal Ishibashi, localizados no setor nordeste da cidade, assim como no Distrito Industrial, localizado no setor sudeste.

Na Vila Alexandrina, os problemas desta natureza aparecem como:

- necessidade do uso de martelete a ar comprimido em escavações destinadas à instalação de rede de abastecimento de água;
- impossibilidade de suavização de rampas, devido à resistência à escavação do arenito aflorante, com inutilização para o tráfego de trechos de ruas, além do problema de concentração na drenagem de água pluvial;
- localização de um aterro sanitário em áreas de cabeceiras de erosão.

No Parque Watal Ishibashi, alguns problemas são consequência da irregularidade do terreno e da presença de arenito bem cimentado, distinguindo-se como:

- necessidade de uso de equipamento especial (ríper) para execução de cortes;

- taludes verticais resultantes dos cortes, localizados a poucos metros de edificações, em material visivelmente sujeito a desagregação e desprendimento de fragmentos.

No Distrito Industrial, em razão da topografia muito irregular e da localização do loteamento junto a nascentes de cursos d'água, verificam-se estes resultados negativos da ocupação:

- necessidade de cortes em combinação com aterros para todas as instalações industriais;
- agravamento de erosão linear, com a transformação de ravina em boçoroca.

Além destes exemplos de ocupação indiscriminada do terreno, vários outros podem ser mencionados com relação à cidade e adjacências. Por este motivo, nesta região, todo planejamento sobre interferências humanas no meio físico que seja fundamentada em critérios adotados por um mapeamento geológico-geotécnico é necessário, senão urgente.

1.2. Localização da Área da Pesquisa

O mapeamento geotécnico refere-se a uma área de 214 quilômetros quadrados, localizada no Município de Presidente Prudente, Estado de São Paulo (*Figura 1.1*). A sul e a oeste, esta área é delimitada aproximadamente pelo traçado do contorno do Município; a leste os seus limites situam-se a distâncias entre 1 a 2 km aquém da divisa municipal, que é o Ribeirão Mandaguari; a norte, a área estende-se aproximadamente até o limite sul do Distrito Municipal de Montalvão. Pelas coordenadas geográficas, a área está situada entre 22°02'43" e 22°12'31" de latitude sul e entre 51°19'46" e 51°28'59" de longitude oeste.

A área escolhida é suficientemente extensa para permitir várias opções de expansão urbana e não descartar "a priori" as projeções baseadas nas tendências que atualmente se manifestam no aumento territorial da cidade. Verifica-se que estas tendências já se afirmam em direções concordantes com a das vias intermunicipais, detectando-se também vetores de importância secundária, que apontam um crescimento segundo a rodovia de ligação com o Distrito de Montalvão.

A cidade está localizada na porção sul do Município, cuja área se estende desde o rio Santo Anastácio, ao sul, até o rio do Peixe, ao norte. O núcleo urbano está assentado sobre o espigão divisor entre as bacias destes dois rios. As suas coordenadas geográficas são aproximadamente: 22°07' de latitude sul e 51°27' de longitude oeste.

De acordo com os marcos de quilometragem na SP-270 - Rodovia Raposo Tavares, que é a principal ligação com a capital do Estado, os acessos à cidade estão localizados entre o km 565 e o km 567. Utilizando-se como opção, em grande parte do trajeto, a Rodovia Presidente Castelo Branco (SP-280), a distância rodoviária à cidade de São Paulo é

reduzida a cerca de 545 quilômetros. Por rodovia, a distância de Presidente Prudente à capital do Estado é de 733 quilômetros.

A ocupação urbana, inicialmente restrita ao topo aplainado do espigão, foi-se expandindo pelas áreas de nascentes, exigindo a canalização de alguns trechos de córregos ou interferindo danosamente sobre vales e canais pelo entulhamento das cabeceiras de erosão.

A tendência de ocupação dos espigões divisores e avanço de urbanização pelas áreas de nascentes e fundos de vale não é no Sudeste Brasileiro uma peculiaridade da cidade de Presidente Prudente. Em mapas referentes à região oeste do Estado de São Paulo e regiões norte e noroeste do Estado do Paraná, nota-se claramente a localização dos núcleos urbanos e o traçado de ferrovias em alinhamentos concordantes com os divisores de água. O modelo de expansão das malhas urbanas a partir do espigão e avanço sobre áreas de nascentes e vales têm importância especial nas análises do meio físico para o planejamento urbano, principalmente no estudo sobre a evolução dos processos erosivos.

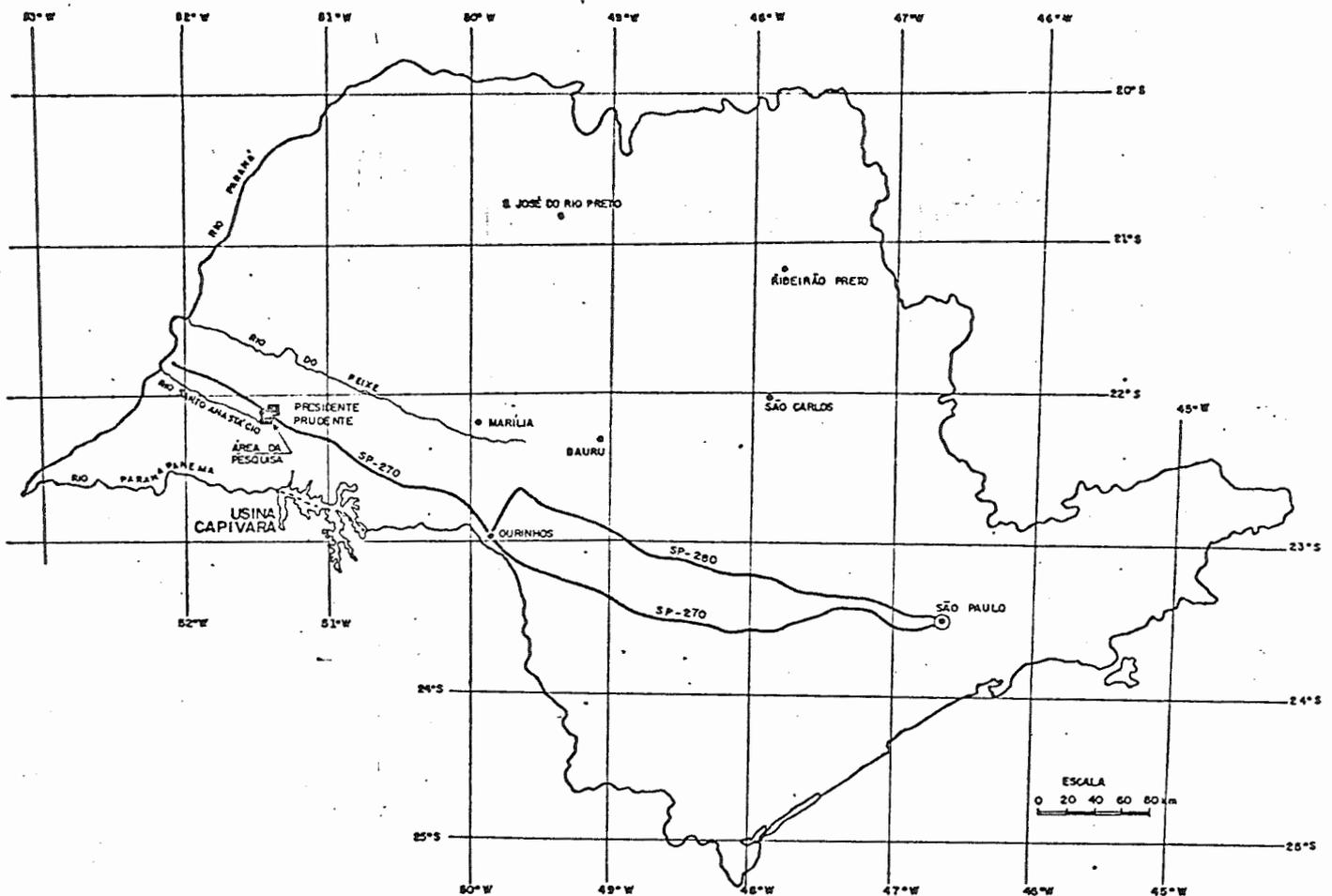


Figura 1.1. Localização Geográfica da Área de Pesquisa

1.3. População e Características do Polo Regional de Presidente Prudente

O Cadastro Técnico Municipal de Presidente Prudente registra em junho de 1988 uma população de 183.500 habitantes para o Município,

segundo informações do diretor desse Cadastro, Engenheiro Alberico Bezerra de Lima. Em acréscimo a este valor de residentes fixos, é estimada uma população flutuante de cerca de 20.000 pessoas. Este contingente adicional é, em grande parte, domiciliado nos municípios vizinhos e, em menor parcela, provém de centros mais distantes, com a finalidade de trabalho regular, execução e utilização de serviços vários.

Como na maior parte dos municípios brasileiros, a proporção de habitantes na área urbana de Presidente Prudente vem aumentando em relação à da área rural, de modo a restringir esta última a uma porcentagem cada vez mais baixa. Esta concentração demográfica acentuou-se à medida que as atividades de lavoura foram sendo substituídas pela pecuária (Leite, 1972). Atualmente, no município e na região circundante, as pastagens ocupam uma grande parte da área rural.

Do ponto de vista da polarização econômica e política, a região conhecida como Alta Sorocabana é considerada em relação à cidade de Presidente Prudente como "zona de influência intensa" (Leite, 1972). Também, com irradiação a partir de Presidente Prudente, é caracterizada uma zona de influência extra-regional, constituindo-se de municípios localizados na Zona Administrativa nº 11, com sede em Marília, mais alguns municípios do Mato Grosso do Sul e do noroeste paranaense.

A cidade de Presidente Prudente, além de se destacar como sede de administrativa da Região nº 10 do Estado de São Paulo, funciona como centro comercial avançado dos produtos manufaturados na região metropolitana da cidade de São Paulo.

2. ESTADO DA ARTE DO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

2.1. Resumo da Evolução

Levantamentos através de mapas geotécnicos propriamente ditos, com aplicação ao planejamento urbano, aparecem na Alemanha em 1913, na Exposição Técnica de Leipzig (Coelho, 1980). Trata-se de estudos destinados ao planejamento de algumas cidades alemãs importantes, executados por Langen. Acompanha os relatórios desses estudos uma coleção de mapas, instruídos por dados de sondagem e notas explicativas. A informação contida nas cartas refere-se a zonas inundáveis, zonas de lençol freático raso, minas, pedreiras e saibreiros.

Desde 1913 até a atualidade, o mapeamento geotécnico-ou cartografia geotécnica-tem progredido descontinuamente em vários países. A sua evolução pode ser acompanhada com base em algumas referências de aperfeiçoamento no tocante ao seu escopo e metodologia.

Verifica-se através dos anos uma diversificação de seus objetivos e o aperfeiçoamento no seu conteúdo e nos meios de tratamento das informações utilizadas.

Este retrospecto da sua evolução é abordado por alguns auto

res, não cabendo aqui a reprodução com os detalhes já suficientemente divulgados em trabalhos precedentes.

Vale referir que alguns países se anteciparam por vários anos em relação a todos os demais no reconhecimento da necessidade de se adotar a cartografia geotécnica em caráter de mapeamento temático básico para programas de monitoramento da inter-relação homem/meio físico. Na União Soviética, por exemplo, graças às diretrizes de planejamento, durante o período de 1930 a 1950, houve um progresso gradativo no emprego da cartografia geotécnica, com acumulação de aperfeiçoamentos de métodos e técnicas (Sergeyev et al - Apud Coelho, 1980). Em 1950, os autores soviéticos já dispunham de um método suficientemente desenvolvido para instituírem uma verdadeira escola.

Na Tchecoslováquia, uma concepção de uma cartografia geotécnica, fundamentada em critérios de aplicação e de metodologia que ainda hoje prevalecem naquele país, é referida por Gartner em 1925 (Matula e Pasek, 1964). Após a Segunda Guerra Mundial, através da dedicação de vários pesquisadores às soluções práticas quanto à sua melhor utilização, é estruturada uma metodologia, tida atualmente nos meios especializados como particularmente avançada (Coelho, 1980).

No Leste Europeu, contando-se os países mencionados e mais a Polônia, a Bulgária, a Hungria, a República Democrática Alemã e a Iugoslávia, entre 1956 e 1966, o mapeamento geotécnico desenvolveu-se com o amparo de normas aplicadas à ocupação do terreno e ao manejo de recursos naturais, sendo executado dentro de um programa de cobertura sistemática do território (Coelho, 1980). Em 1966, através da Comissão Geológica do COMECON (Conselho para a Assistência Econômica Mútua), foram instituídos padrões metodológicos válidos para todos os países acima referidos.

Nos países não integrados pelo COMECON, o desenvolvimento da cartografia geotécnica processou-se conforme as necessidades regionais, as respectivas orientações de planejamento e os tipos de formação profissional dos pesquisadores ou de equipes encarregadas da execução dos levantamentos. Daí o emprego ou a proposição de metodologias que variam quanto a critérios e finalidades, de acordo com o país ou região de procedência.

Deve-se ressaltar, no entanto, o particular desenvolvimento alcançado pelo mapeamento geotécnico na Austrália. Entre 1960 e 1970, o Programa P.U.C.E., originalmente concebido para um planejamento com fins rodoviários (transporte de gado de regiões distantes das cidades principais), foi-se aperfeiçoando no sentido de se adaptar ao planejamento regional e urbano (Finlayson, 1981). Antes de 1970, este programa é instituído definitivamente, adquirindo um caráter de mapeamento sistemático válido para a Austrália e Território de Papua-Nova Guiné.

Os padrões recomendados pelo COMECON e em especial os aperfei

çoamentos alcançados na Tchecoslováquia, constituíram-se em subsídios importantes para a concepção pela I.A.E.G. (International Association of Engineering Geology) de normas metodológicas de cartografia geotécnica (Coelho, 1980). O propósito básico desta normatização é o de adequar uma metodologia à maior parte dos países onde o mapeamento geotécnico seja executado. A comissão criada em 1968 pela I.A.E.G. expôs os primeiros resultados desta padronização internacional em 1970. Posteriormente, um guia com a primeira parte das normas foi publicado pela UNESCO - (Anon. 1976 - Apud Dearman e Matula, 1976). A segunda parte foi divulgada no boletim nº 24 da I.A.E.G. (Zuquette, 1985).

Após o ano de 1968, em vários certames internacionais, a divulgação referente a pesquisas de mapeamento geotécnico em vários países indica a importância crescente de sua aplicação.

No Brasil, a partir de 1970, faz-se presente, em publicações e sessões de simpósios e congressos, uma preocupação da geologia de engenharia no planejamento urbano e regional. Destacam-se as contribuições de S.A. Grehs (1970) - "O papel do geólogo no planejamento" e de F.L. Prándini, G. Guidicini e S.A. Grehs (1974) - "Geologia ambiental ou de planejamento". Neste último trabalho, é salientada a necessidade do mapeamento geotécnico e da adaptação de metodologias adotadas em outros países. Em 1975, a tese de F.K. Coulon - "Mapeamento geotécnico das folhas e Morretes e Montenegro/RS" é considerada pioneira no campo da cartografia geotécnica.

Em 1976, no I Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, no Rio de Janeiro, na mesa-redonda "Geociências e o uso racional do meio físico", o tema em pauta foi amplamente discutido. Nos congressos posteriores, compareceu um número crescente de trabalhos sobre o tema. O IV Congresso, sob o Tema II - "Planejamento do uso e ocupação do Solo" e o V Congresso, realizado em São Paulo, em 1987, dentro do Tema IV - "Uso e ocupação do solo e impactos ambientais", reuniram vários trabalhos específicos ao planejamento urbano.

As pesquisas de cartografia geotécnica aplicada ao planejamento regional e urbano em grande parte estão restritos no Brasil ao meio universitário e a um grupo de pesquisadores do I.P.T. - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. As teses, artigos e relatórios produzidos em tais centros de pesquisa, contribuem para uma apreciação quanto aos aspectos metodológicos, à coleta de dados e à aplicabilidade dos resultados obtidos.

2.2. Finalidades e Escalas Apropriadas

Quanto ao uso do mapeamento geotécnico como indicador para o planejamento, Zuquette (1987), a partir de uma análise de pesquisas desenvolvidas para este fim ou fins semelhantes, conclui que o esquema concebido por Matula (1979) atende à maioria dos casos de aplicações. Com

algumas modificações no referido esquema, o autor relaciona as aplicações do mapeamento geotécnico, diferenciadas quanto ao âmbito regional ou urbano. Deste modo, as informações fornecidas para o planejamento de ocupação do terreno ou manejo dos recursos naturais referem-se a:

A) Planejamento Urbano

- localização de auto pistas;
- planejamento para desenvolvimento residencial;
- disposição de rejeitos industriais e domésticos;
- suprimento de água;
- fundações;
- seleção de áreas para indústria;
- descobrimento de possíveis jazidas minerais;
- sistematização de drenagem adequada;
- controle de enchentes;
- adaptação de edificações à topografia e
- áreas de recreação.

B) Planejamento Regional

- controle de erosão em áreas maiores;
- localização de sítios para reservatórios;
- avaliação de poluição, tanto a nível de solo, quanto de água e ar;
- localização de rejeitos doméstico, agrícola, mineral etc;
- proteção das áreas de recargas dos aquíferos;
- construção de aterros;
- observação de locais para obtenção de materiais de construção;
- análise geral para fundações e
- áreas agrícolas.

As dimensões das áreas e as respectivas escalas nos países onde o mapeamento é feito sistematicamente estão condicionadas a um programa desenvolvido por estágios. Na França, por exemplo, os organismos e programas "O.R.E.A.M. - Organisation Régionale d'Étude d'Aire Métropolitaine", S.D.A.U. - "Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme" e P.O.S. - "Plan d'Occupation des Sols" - são responsáveis pela orientação da cobertura no tocante a seus objetivos e respectivas dimensões e escalas.

De modo geral, para a finalidade de planejamento urbano as escalas recomendadas variam entre 1/5.000 e 1/25.000. Uma escala de 1/50.000 é mais adequada a uma área metropolitana ou ao planejamento regional.

No Programa P.U.C.E. da Austrália, uma distinção é feita entre uma escala de precisão para operações (medição de parâmetros de relevo e delimitação e localização de feições) e uma escala para relatório, que pode ser menor (Grant, 1975).

Quanto às dimensões das áreas, em relação ao planejamento urbano, o critério pode ser uma projeção de expansão urbana num prazo de 10 ou 20 anos (Cottas, 1983).

2.3. Princípios e Critérios

Dearman e Matula (1976) enfatizam a diferença entre um mapa de geologia de engenharia e um mapa geológico convencional. Neste último, a limitação principal com relação aos propósitos de engenharia ou de orientação ao planejamento é a representação que agrupa solos e rochas de pronunciada diferença entre si quanto às propriedades geotécnicas em uma única unidade de mapeamento, simplesmente porque são de idade ou origens comuns. Outras limitações dos mapas geológicos são a ausência geral de informação sobre propriedades quantitativas das rochas e sobre descontinuidades, grau de intemperismo e condições da água subterrânea e a importância mínima que atribuem às coberturas inconsolidadas.

No Brasil, este material superficial assume particular importância no mapeamento geotécnico, devido à sua espessura, à nítida descontinuidade na sua interface com o substrato, o seu caráter de laterização e a susceptibilidade a processos da geodinâmica externa.

Uma preocupação fundamental que deve estar presente na formulação dos objetivos de um mapeamento geotécnico relaciona-se à garantia, dentro do possível, de uma interrelação harmoniosa entre as estruturas implantadas pela engenharia e o ambiente natural (Dearman e Matula, 1976). De acordo com os autores citados, para as finalidades acima resumidas, uma disciplina identificada como "Geologia Ambiental", não é considerada necessária.

Na União Soviética, as diferenças entre um mapa geológico e um mapa geotécnico são evidenciadas por uma concepção de geologia de engenharia ou geotecnia. De acordo com vários autores, entre eles Golodvskaia et alii (1968), Sergeyev (1977) e Paniukov (1981), a geotecnia pode ser entendida segundo três campos de atuação: ciência do solo, geodinâmica de engenharia e geotecnia regional.

A ciência do solo em sentido geotécnico é um domínio de conhecimento aplicado ao estudo dos solos e rochas de diferentes origens, idades e composição petrográfica, que podem ser usados como fundações, material de construção ou meio para estruturas de engenharia. Do ponto de vista da engenharia, as propriedades de um setor de um maciço não devem ser avaliadas apenas de acordo com a composição mineralógica, a tectônica e a estrutura, mas também em função de processos genéticos, pós-genéticos e de influências sobre o estado de tensões por modificações da paisagem e pela intemperização.

A geodinâmica de engenharia, em contraste com a geologia dinâ

mica, investiga todos os processos de acordo com os objetivos de construção, caracterizando-os quantitativamente e através do tempo e prevenindo o seu desenvolvimento sob influências da atuação antrópica.

A geotecnia regional investiga os padrões de variação espacial dos elementos estudados pelos outros dois campos mencionados. Também deve prover esclarecimentos sobre as características regionais e zonais da distribuição dos processos e dos fenômenos geológicos. Este escopo é reforçado ainda pela sua atribuição de orientar o desenvolvimento dos princípios de zoneamento de áreas sob o aspecto geotécnico, assim como de fundamentar os métodos de compilação de mapas de várias escalas e diferentes objetivos, tratando também da reunião de materiais para monografias de caráter regional.

A visão de geodinâmica do meio físico deve ser salientada na avaliação das variáveis que podem condicionar a ocupação do terreno. Na aplicação de uma metodologia, os procedimentos e técnicas propostas não são suficientes para o equacionamento das questões em vista, pelo seu caráter normativo e pela dificuldade de tratamento de todos os casos concretos envolvidos na análise. As recomendações do Guia da I.A.E.G., por exemplo, pelo seu objetivo normativo, restringem este enfoque geodinâmico que se faz necessário. Uma das questões mais relacionadas à dinâmica do ambiente diz respeito, por exemplo, ao controle de enchentes. Fatores de natureza diversa, como características das bacias hidrográficas, regime pluviométrico, balanço hídrico, cobertura vegetal, graus e formas de intervenção antrópica, atuam no sentido de gerar ou agravar os problemas de inundação. O mapeamento visa localizar as áreas inundáveis, para que se evite uma ocupação incompatível com as tendências verificadas para a ocorrência do problema. Dentro do possível, a avaliação deve focalizar as causas primordiais e orientar o planejamento de ocupação no sentido de controle dos fatores básicos do aparecimento ou do agravamento do fenômeno.

2.4. Resumo de Sistemas e Metodologias

Os fundamentos e procedimentos de metodologias adotadas em vários países têm sido resumidos e comentados em teses e trabalhos de vários autores, dentre eles Legget (1973), Prandini (1974), Coelho (1980), Gandolfi e Zuquette (1982), Cottas (1983), Pejon (1987), Zuquette (1987).

Os procedimentos adotados em vários países, tanto para o planejamento urbano como para o planejamento regional, seguem uma orientação conforme amostrada a seguir, num esboço geral:

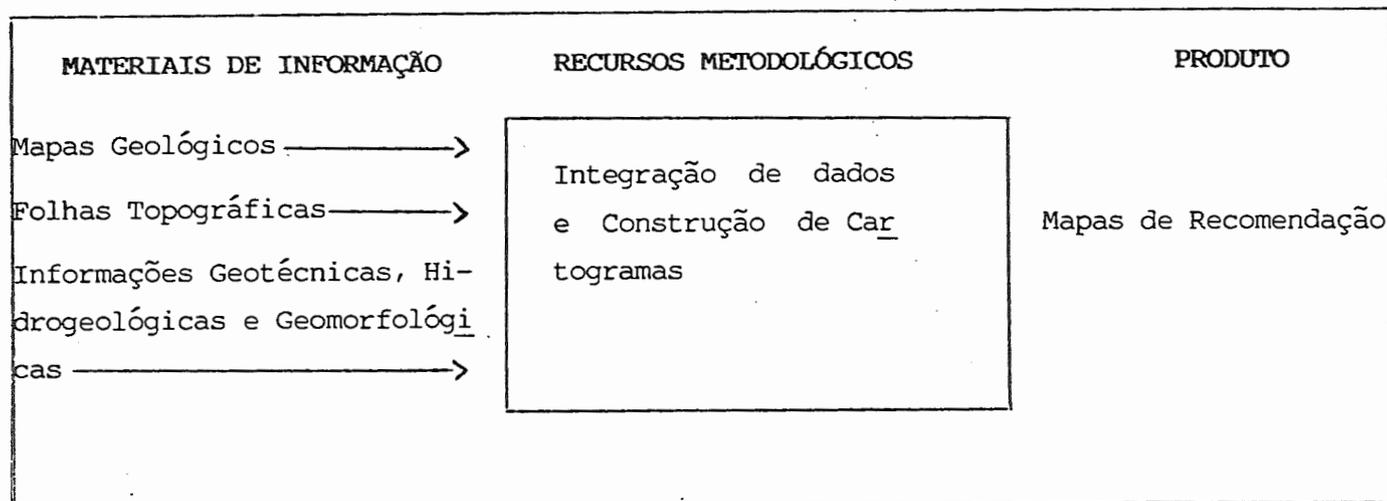


Figura 2.1. Esboço de Procedimento do Mapeamento Geotécnico

Zuquette (1987), com base em análises de várias metodologias adotadas ou propostas, distingue dois grupos: as de uso geral e as de uso específico. As Tabelas 2.1 e 2.2, relacionam as metodologias de acordo com esta distinção de finalidade.

IDENTIFICAÇÃO	REGIÃO, PAÍS	APLICAÇÕES	TIPOS DE INFORMAÇÃO E NATUREZA DOS ATRIBUTOS	PARTICULARIDADE (S)
Materiais instáveis		predominantemente no planejamento de obras viárias	condições de geodinâmica externa, dados de estrutura geológica, dados climatológicos, relevo, drenagem e condições hidrogeológicas	
Kiefer (1967)	Fringe - E.E.U.U.	planejamento de ocupações residencial e industrial	topografia, pedologia, condições de drenagem e tipo de substrato rochoso	importância grande das fotos aéreas na coleta de dados
Froelich et alii (1978)	Françonię, Virgínia, E.E.U.U.	planejamento de ocupação residencial	topografia, geologia e hidrologia	
Z.E.R.M.O.S. - Zonas Expostas aos Riscos de Movimento do Solo e do subsolo	França	mapeamento de zonas de risco à ocupação humana	geodinâmicas interna e externa	

Tabela 2.1. Relação de Metodologias de Usos Específicos segundo Zuquette (1987).

Tabela 2.2: Relação de metodologias de cartografia geotécnica de uso geral (Fonte: Zuquette, 1987).

IDENTIFICAÇÃO	REGIÃO, PAÍS	APLICAÇÕES	TIPOS DE INFORMAÇÕES E NATUREZA DOS ATRIBUTOS	ESCALAS	PARTICULARIDADE (S)
Soviética	U.R.S.S. em geral	planejamento regional	geologia, geotecnia, hidrogeologia, hidrologia e material de construção	de 1/2.500.000 a 1/100.000	
Mapas geológico-geotécnicos	Grã-Bretanha	fontes primárias de dados para a engenharia civil	zonas geotécnicas em mapas com unidades de caráter litológico	1/10.560	
Sanejouand (1972)	França	planejamento regional e urbano	natureza e propriedade das rochas, hidrogeologia, geomorfologia, geodinâmicas externa e interna, materiais e modificações antrópicas no meio natural	de 1/100.000 a 1/2.000	adaptação às diretrizes dos organismos interessados no planejamento e dos organismos executores do mapeamento
M. Busbert	França	planejamento regional	geologia, geotecnia, hidrologia e material de construção		
Mathewson e Font (1973)	E.E.U.U.	planejamento de ocupação residencial	geologia, topografia, solos agrícolas, hidrologia e drenagem superficial		representa a alternativa mais econômica ao sistema proposto por Mc Harg (1969)
A.R.D.A. Sistema de Geoinformações do Inventário de Terras	Canadá	solo para agricultura e recreio, lazer e vida selvagem	relacionamento entre o meio físico e fatores econômicos e sociais		
P.U.C.E. Pattern- Unit Component Evaluation	Austrália e Território de Papua - Nova Guiné	planejamento de ocupação residencial, paisagismo e lazer, transporte e agricultura.	geologia, geomorfologia, pedologia e características da vegetação	variadas	ênfase nas características do relevo e destaque para os bancos de dados
I.A.E.G./Comissão de Cartografia Geotécnica	Internacional	multifinalidade e finalidades específicas	vagamente especificados	de 1/100.000 a 1/2.000	são propostas normas internacionais sobre os mapas e parâmetros de investigação
Espanhola	Espanha	planejamento regional e urbano	litologia, geomorfologia, hidrogeologia e geotecnia	de 1/200.000 a 1/2.000	concebida com base na seleção de elementos de outras metodologias
Bottino e Civita (1986)	Itália, principalmente Turin	estabilidade de terrenos, recursos para agricultura, recursos hídricos, recursos de energia	litologia, hidrogeologia, geotecnia	de 1/50.000 e 1/25.000	ênfase nos programas de computador

2.5. Adaptações e Proposições de Metodologias no Brasil

Para a aplicação das metodologias de uso geral fora dos países ou regiões de origem, são necessárias mudanças e adaptações em diversos níveis (Zuquette, 1987). Quanto às metodologias de uso específico, podem ser aplicadas ao território brasileiro com pouca ou nenhuma alteração estrutural, as de Froelich, Kiefer, e a de solos instáveis, devido às classes de atributos adotadas por elas.

Alguns exemplos de aplicações em território brasileiro de metodologias oriundas de outros países são resumidos na Tabela 2.3.

METODOLOGIA	REGIÃO	REFERÊNCIA AUTORAL	FINALIDADE
Sanejouand	Ribeirão Preto/SP	Seignmartin (1979)	Tese de doutorado
Sanejouand	São Carlos / SP	Zuquette (1981)	Dissertação de mestrado
Mathewson e Font	Rio Claro / SP	Cottas (1983)	Tese de doutorado
P.U.C.E.	São Carlos / SP	Gandolfi e Zuquette (1985)	Trabalho em Congresso

Tabela 2.3. Exemplos de Aplicações de Metodologias de Mapeamento Geotécnico no Brasil.

No Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, foram desenvolvidas sistemáticas apropriadas ao mapeamento geotécnico dos morros de Santos e São Vicente/SP (IPT, 1980) e da Região Metropolitana da cidade de São Paulo/SP (Ávila et alii, 1985).

Recentemente, Zuquette (1987), a partir de uma análise crítica da cartografia geotécnica, propõe uma metodologia aplicável às condições brasileiras, escolhendo como objeto do mapeamento a região de Campinas/SP. Esta metodologia, de uso geral e aplicável a nível de municípios, é estruturada com base em dois princípios: a definição dos atributos considerados no mapeamento e um número mínimo necessário de observações na área mapeada. O conceito de atributo é usado com o fim de um tratamento lógico dos elementos do meio físico. É expresso no sentido de agrupamento de propriedades e relações que tem um significado amplo (Carnap, 1962 - Apud Zuquette, 1985). Em certos casos, no sentido res

trito, os elementos de análise podem ser identificados em termos de "propriedade" ou "característica".

A avaliação dos atributos através desta metodologia é resumida nas tabelas 2.4 e 2.5.

A participação de cada tipo de atributo na ponderação é estabelecida pela escala de importância apontada na Tabela 2.5 e de acordo com o nível de sua interferência, o qual pode ser determinado através de dados qualitativos ou quantitativos.

USO	ATRIBUTOS																		
	TIPO MATER. ROCHA SOLO	NATUREZA DO MATERIAL NO PERFIL	ESPESSURA MATERIAL INCONSOLID	PIOF. N.A.	DECLIVIDADE (%)	PERMEABILIDADE	EXPANSIBILIDADE	DAIF	COMPRESSIBILIDADE	RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	CORROSIVIDADE	EFETOS (HIDROQUÍM.)	MOVIMENTO DE MASSAS	FORMA DA ERGOSTA	EVAPORAÇÃO PLUV./	VEGETAÇÃO NATURAL	OCCUPAÇÃO ANTRÓPICA	ÁREAS DE RECURSOS	SALINIZAÇÃO
FUNDAÇÕES Rasas Profundas	0	0	0	0			x		0	0	x								
ESCAVABILIDADE	0		x	0	0	0						0	0					0	
REPOSIÇÃO DE REJEITOS Sólido Líquido			0	0	0	0						0	0						
ESTRADAS			0	0	0	0	0	0	0			0		x					
OBRAS ENTERRADAS	0		0	0		0	0	0		0									
ESTABILIDADE DE TALUDES	0		0	0	0	0	0	0		0		0	0		0	0			
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	0	0		x	0		0	x											
EROSÃO (POTENCIAL)	0	0	0		0		x	x					0		0	0			
IRRIGAÇÃO	0	0			0	0	0							x	0				0

Tabela 2.4. Metodologia proposta por Zuquette (1987) -
Relação de Dependência entre Atributos e Aptidões

Os resultados desta primeira avaliação, expressos em classes de aptidão, são representados em mapas relativos a cada um dos usos considerados na tabela. Estes resultados, juntamente com os dados referentes a alguns dos atributos analisados na primeira avaliação, novamente são ponderados, como se ilustra na tabela 2.5.

Com isto, classificam-se diversos setores da área pesquisada, conforme a sua adequação aos diversos fins identificados na tabela.

OCUPAÇÃO	FATORES	DECLI VIDADE	FUNDA ÇÕES (NÍVEL)	ESCA VARI LIDA DE	ERODI BILI DADE	DISP. REJ.			OBRAS ENTER RADAS	MATER. DE CONSTR	PROT. AMBI ENTAL	MATERIAIS		IRREG	CONDIC CLIMÁT	ESTAB DE VALDE
						F.	T.S	A.S.				SOLOS	ROCHAS			
RESIDÊN CIAS	URBANAS	0	0	0	0	0	0	0	0	Δ	0					0
	RURAIS	0	0		0	X	X			Δ						0
ÁREAS INDUSTRIAIS		0	0	0	0			0	0	X	0					0
OCUPAÇÃO RURAL	AGRICULT.	0			0				0		0	0		0	0	
	PECUÁRIA				0									X	0	
	HORT/FRUT				0							0		0	0	
TURISMO		X	Δ		X	0	0	0			0					0
0 - FUNDAMENTALMENTE PROIBITIVO 0 - FUNDAMENTALMENTE CIRCUNSTANCIAL 0 - FUNDAMENTALMENTE PROIBITIVO OU NÃO EM FUNÇÃO DA GRANDE INTENSIDADE X - AVALIAR SEMPRE COM ANÁLISE CUIDADOSA Δ - PODE SER CORRIGIDO QUANDO NEGATIVO																

Tabela 2.5. Metodologia proposta por Zuquette (1987) -
Relação de Dependência Ocupação x Aptidão

É importante mencionar que o autor na formulação desta metodologia considera importante a dinâmica ambiental da área a ser mapeada. Na sua pesquisa com vista ao mapeamento geotécnico, ele não se restringe apenas a procedimentos-padrão de levantamento de dados e a chaves de interpretação, mas orienta a avaliação dos atributos com base numa compreensão desta dinâmica.

Para o mapeamento da região urbana de Presidente Prudente, os exemplos de pesquisa de cartografia geotécnica realizados em outras regiões brasileiras forneceram informações importantes para a compreensão do valor de determinadas propriedades para as avaliações, da aplicabilidade de algumas normas expressas em tabelas, da validade de alguns recursos de investigação e de dificuldades possíveis na execução da pesquisa. Da aplicação da metodologia proposta por Zuquette (1987), foram de especial valor a adoção do conceito de atributo e o reconhecimento da interrelação de atributos e usos, dentro de uma compreensão do funcionamento global do ambiente em sentidos apropriados ao mapeamento geotécnico.

2.6. Coleta de Dados

2.6.1. Função das Unidades Geotécnicas

É recomendável que a coleta de dados e a sua avaliação sejam feitas com um significado e uma distribuição válidos para áreas diferen

ciadas. Com a adoção de unidades geotécnicas, o mapeamento é executado conforme setores distintos, em certos casos adaptando-se às particularidades de cada setor. A área de cada unidade é delimitada com base numa concordância de padrões de características naturais. O critério de diferenciação varia conforme a metodologia, podendo ser litogenético, litostratigráfico, geotécnico ou geomorfológico.

De acordo com as recomendações da I.A.E.G., as unidades geotécnicas devem ser diferenciadas em mapa segundo um critério de homogeneidade litogenética. O grau de homogeneidade é estabelecido conforme a escala e a finalidade do mapeamento. A Tabela 2.6. resume as especificações para a classificação das unidades, assim como o tipo de investigação mais adequado a cada uma das classes.

ESCALA	UNIDADE GEOTÉCNICA	CRITÉRIO DE HOMOGENEIDADE	MÉTODO DE DELIMITAÇÃO CARTOGRÁFICA	MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO
1:100.000	Série Litológica	Agrupamento específico de determinados complexos litológicos e suas relações estruturais	Interpretação da cartografia geológica existente	Avaliação do comportamento com base na exploração dos dados existentes
1:100.000 - 1:10.000	Complexo Litológico	Agrupamento específico de determinados tipos litológicos geneticamente relacionados e sua estrutura geológica	Interpretação da cartografia existente; foto-interpretação; reconhecimento geológico de superfície e identificação de fácies litológicas	Descrição da estrutura geológica; métodos geofísicos; sondagens mecânicas e de terminação de propriedades índice
1:10.000 - - 1:2.000	Tipo Litológico	Composição mineralógica, textura e estrutura	Reconhecimento geológico de superfície, colheita de amostras e estudo petrográfico	Sondagens mecânicas, ensaios "in situ" e amostragem. Determinação sistemática de propriedades índice.
1:2.000	Tipo Geotécnico	Uniformidade de estado físico dentro de cada tipo litológico	Reconhecimento geológico de superfície e caracterização do estado de alteração e de fracturação, da consistência, da compactidade, etc.	Determinação sistemática das propriedades físicas e mecânicas.

Tabela 2.6. Relação entre a Escala e os Métodos de Delimitação Cartográfica e de Caracterização das Unidades Geotécnicas (Fonte: Coelho, 1980)

Em exemplos brasileiros, quanto ao mapa de unidades verifica-se a opção pelo mapa geológico elaborado na mesma escala dos mapas referentes aos diversos atributos ou das cartas de aptidão. Uma alternativa de zoneamento também presente é a distinção baseada na distribuição em áreas para cada tipo de cobertura inconsolidada. Na maior parte das áreas mapeadas no Brasil, o material de cobertura é o que oferece maior limitação ou viabilidade para o uso do terreno, em virtude de sua ocorrência generalizada em espessura relativamente grande.

2.6.2. Elementos do Meio Físico a Serem Considerados

Os padrões recomendados pela I.A.E.G. (Anon. 1979) e as apreciações de Gandolfi e Zuquette (1982) sobre a questão refletem as vari

as possibilidades de objetivos de um mapeamento. Tendo-se em vista estas possibilidades, os elementos podem ser classificados de acordo com a relação abaixo:

- características das rochas e dos materiais de cobertura;
- condições hidrogeológicas;
- condições geomorfológicas;
- condições geodinâmicas externas;
- condições geodinâmicas internas;
- modificações artificiais do meio físico;
- materiais de construção.

2.6.2.1. Características das Rochas e dos Materiais de Cobertura

Propriedades de classificação, tanto para rochas como para materiais de cobertura, são entendidas como procedentes em geral do estudo de campo. São, por essência, descritivas e de caráter qualitativo na avaliação, não exigindo ensaios de determinação. Estão entre elas: as características de textura, composição mineral, graus e tipos de intemperização e grau de fraturamento.

Propriedades indiretas, não utilizadas diretamente nos cálculos de obras de engenharia, relacionam-se, no entanto, com resistência, deformação e permeabilidade. Trata-se de "propriedades-índice para a estimativa do estado físico e do comportamento das rochas e dos materiais de cobertura". São, em geral, determinadas através de ensaios de laboratório. Consistem principalmente em: massa específica, granulometria, porosidade, limite de liquidez e de plasticidade e grau de saturação. De caráter semi-quantitativo, possibilitam inferências com relação ao comportamento dos diversos materiais frente às variadas solicitações previsíveis.

Propriedades diretas, de caráter quantitativo, são de uso direto e de maior precisão informativa sobre o comportamento do material incoerente e da rocha com relação a possíveis destinações. Exigem ensaios caros e demorados para a sua medição. Incluem-se nesta categoria: resistência às compressões uniaxial e triaxial, ângulo de atrito, coesão, módulo de deformação, módulo dinâmico de elasticidade, coeficientes de permeabilidade e de Poisson.

2.6.2.2. Outros Elementos

As condições hidrogeológicas são representadas principalmente por: nível piezométrico, nível freático, saturação, direção de fluxos, pH, teor de sais, corrosividade e resíduos de materiais poluidores.

Quanto às condições geomorfológicas, destacam-se os dados da carta clinométrica.

As condições geodinâmicas externas relacionam-se aos proces

so erosivos e de sedimentação, à dinâmica das encostas, aos escorregamentos e aos desmoronamentos.

As condições geodinâmicas internas dizem respeito aos riscos representados por fenômenos sísmicos e vulcânicos.

As modificações artificiais do meio físico são resultado da ação do homem.

Materiais de construção referem-se ao cadastramento das ocorrências de materiais usados na construção civil e áreas de materiais de empréstimo e suas respectivas propriedades.

2.6.3. Meios de Coleta de Dados

Os tipos de parâmetros necessários influem na escolha dos meios de investigação. Não deve ser desprezada a alternativa da contribuição de informações pré-existentes. O estudo, sendo muito amplo e dependente de vários tipos de informações, é aberto a uma variedade grande desses dados prévios. Do que é divulgado neste aspecto, encontram-se as informações obrigatórias de estágios anteriores num mapeamento sistemático e gradativo e aquelas de procedência alheia ao mapeamento. As principais estão na relação abaixo:

- a) avaliações anteriores dentro de um mapeamento por estágios-derivação região / área metropolitana / área urbana;
- b) mapa geológico detalhado - em escala igual ou próxima à do mapeamento a ser executado;
- c) levantamentos gerais - hidrografia, pedologia, geomorfologia, etc.;
- d) levantamentos geotécnicos específicos a uma determinada unidade estratigráfica ou determinado tipo de solo - caracterização de formações ou de uma dada cobertura de domínio extensivo em área;
- e) estudos de casos - poluição de aquíferos, problemas de encostas, erosão linear, agressividade de água em lençol rasos, etc.;
- f) outros - sondagens de simples reconhecimento, poços tubulares, etc.

Quanto à coleta de dados especialmente destinada a uma caracterização ou uma avaliação do meio físico em função dos usos previsíveis, a prospecção refere-se principalmente a características das rochas e dos materiais de cobertura. No Brasil, para estes elementos, recomenda-se uma avaliação baseada em propriedades indiretas (Gandolfi e Zuquette, 1982).

Numa pesquisa sobre a aplicação da pedologia à caracterização geotécnica de solos finos do Senegal, é ressaltada a importância da identificação pedológica na avaliação rápida do comportamento geomecânico,

com relação a solos portadores de argila expansiva (Atlan e Feller, 1980- Abstract). No Brasil, na região de São Carlos/SP, um levantamento pedológico forneceu dados para a caracterização do material de cobertura (Lorandi, 1985).

Também na região de São Carlos, no tocante à caracterização geológico-geotécnica, pode ser citada uma experiência com o aproveitamento de resultados de sondagens de simples reconhecimento. A descrição das amostras de sondagem e os perfis foram utilizados numa correlação entre os tipos de solo e a litologia encontrada na região (Bortolucci, 1983).

Na proposição de uma metodologia aplicável às condições brasileiras, os recursos de obtenção de informações são condicionadas aos atributos a serem analisados, como se relaciona na Tabela 2.7.

ATRIBUTOS	MÉTODO DE OBSERVAÇÃO
1. Tipo de Material (Inconsolidado ou rochoso)	- Fotointerpretação - Trabalho de campo - Ensaios de laboratório (gran-límites absorção azul de metileno-mineralogia, micropetrografia, etc)
2. Natureza e perfil da unidade	- Trabalhos prévios - Trabalhos de campo (cortes- sondagem-sondagens alternativas-poços e outros) - Ensaios de campo
3. Espessura dos Materiais	- Trabalho de campo - Sondagens alternativas
4. Prof. N.A.	- Idem 1, 2 e 3
5. Declividade	- Mapa topográfico - Trabalho de campo - Fotogrametria
6. Permeabilidade drenabilidade drenagem	- Através das informações obtidas nos itens anteriores - Estimativas através de índices de vazios, granulométricos e outros - Observações de campo
7. Expansibilidade	- Mineralogia - Ensaios alternativos (absorção de azul de metileno- reação com soluções orgânicas) - C.T.C.
8. Compressibilidade	- Através de correlações com índices básicos - Observações de campo
9. Resistência	- Por meio de correlações com as características básicas - Sondagens alternativas
10. Corrosividade	- Ensaios específicos
11. Áreas com hidromorfismo e enchentes	- Fotointerpretação - Trabalhos de campo
12. Movimentos de materiais	- Fotointerpretação - Trabalhos de campo - Trabalhos prévios
13. Formas das encostas	- Fotointerpretação - Trabalhos de campo - Mapas diversos
14. Dados climáticos (evapotransp. pluvios - temp.)	- Trabalhos prévios específicos
15. Vegetação Natural Irrestada	- Fotointerpretação - Trabalhos prévios - Trabalhos de campo
16. Ação antrópica	- Fotointerpretação - Trabalhos de campo
17. Áreas de recarga	- Trabalhos de campo - Fotointerpretação - Mapas geológicos
18. Salinização	- Trabalhos específicos
19. C.T.C. (Capacidade de troca catiônica)	- Ensaio específico (Químico)
20. Bacias	- Mapas topográficos - Fotos aéreas

Tabela 2.7. Metodologia proposta por Zuquette (1987): Relação atributos/Meios de Obtenção de Dados

A tabela confirma a importância atribuída por vários autores à foto-interpretação na prospecção relativa a elementos de várias naturezas. A investigação através de fotos aéreas pode funcionar como a essência de uma determinada metodologia de mapeamento geotécnico, tal como é proposto a partir de uma experiência de levantamento na região dos Pirineus (Renger e Soeters, 1980).

Em outras metodologias, ela também se sobressai, atuando, no entanto, em associação com a análise de folhas topográficas. Exemplos deste último procedimento são encontrados em aplicações da metodologia P.U.C.E. na Austrália (Grant et alii, 1981) e na metodologia desenvolvida para o mapeamento executado na região da Bacia do Riacho Serra Azul, Minas Gerais (Ferrante e Gandolfi, 1984).

Além da aerofoto-interpretação, métodos geofísicos são recomendados por vários autores. Em alguns exemplos, dados de sondagem geofísica pré-existentes são aproveitados.

Verifica-se através de muitos exemplos que, dentre os recursos de normas para avaliação dos dados mais empregados, a classificação unificada de solos (USCS-D2487-69) tem uma aceitação geral.

Na investigação de campo, equipamentos de caráter expedito, como o esclerômetro de Schmidt, revelam-se particularmente úteis pela rapidez e simplicidade de operação e pela facilidade de transporte. A investigação com este tipo de equipamento em maciços rochosos, reunindo um número relativamente grande de determinações, possibilita inferências quanto à resistência à compressão válidas para um zoneamento geotécnico. Como exemplo do seu emprego, podem ser mencionados os levantamentos feitos em Setúbal, Portugal (Coelho, 1980) e na região dos Pirineus (Rengers e Soeters, 1980).

Na investigação de campo referente a coberturas inconsolidadas, recomenda-se o uso de equipamento de sondagem que seja relativamente mais portátil e fácil de montar (Zuquette, 1987).

3. CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO REGIONAL

3.1. Geologia Regional

3.1.1. Camadas Sedimentares do Grupo Bauru

A área da pesquisa está localizada dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, sobre a Formação Adamantina do Grupo Bauru, de idade cretácea superior. Mapeamentos geológicos do Estado de São Paulo adotam atualmente uma sequência estratigráfica segundo a qual o Grupo Bauru está subdividido nas Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília (Petri e Fúlfaro, 1983).

Os depósitos cretácicos da Bacia do Paraná estão restritos à Sub-bacia do Alto Paraná. Os limites desta deposição cretácica são impos

tos pelo Alto do Paranaíba ou da Canastra ao norte e o Arco de Ponta Grossa ao sul, que atuaram decisivamente na evolução da bacia nesse período.

O Grupo Bauru, de origem flúvio-lacustre na maior parte de seus componentes, caracteriza-se litologicamente pela predominância de um arenito fino a muito fino, de cimento argiloso ou calcífero-argiloso, muito mal a mal selecionado, mineralogicamente imaturo, com passagem gradual para siltito. Subsidiariamente são encontradas intercalações irregulares de argilitos e conglomerados. Leitões de calcário são restritos a determinadas regiões. Como estrutura sedimentar, distinguem-se as de escavação e preenchimento, pelotas de argila, nódulos carbonáticos, marcas onduladas e laminações cruzadas por migrações de marcas onduladas (Barcha e Arid, 1977 - Apud Petri e Fúlfaro, 1983).

Do ponto de vista do mapeamento geológico geral, a Formação Adamantina estende-se por mais da metade da área do Planalto Ocidental (Almeida e Melo, 1981). Em parte da sua extensão ela está assentada sobre as rochas da Formação Serra Geral. É recoberta numa porção oriental pela Formação Marília e generalizadamente por depósitos coluviais cenozóicos.

A principal característica litológica da Formação Adamantina é a presença de bancos areníticos de granulação fina a muito fina, cor entre róseo e castanho, com estratificação cruzada (Soares et alii, 1980 - Apud Almeida e Melo, 1981). Estes bancos, com espessuras entre 2 e 20 metros, estão alternados com estratos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhado a cinza castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, frequentemente com marcas de ondas e microestratificação cruzada. Seixos de argilito da própria unidade, cimento e nódulos carbonáticos também são característicos da Formação Adamantina. No estudo de água subterrânea das regiões 10 e 11 do Estado de São Paulo, de acordo com a representação gráfica de Shepard (triangular), no Bauru médio predominam arenitos sílticos (44,9%) sobre arenitos (33,1%). Na ocasião deste estudo, o Bauru médio era designado "Fácies Taciba", identificado atualmente como a Formação Adamantina. Na área específica do mapeamento geotécnico verifica-se a nítida predominância de arenitos sobre siltitos e argilitos.

Quanto à passagem da Formação Santo Anastácio para a Formação Adamantina, ela é transicional, com interdigitações. Localmente são observadas recorrências e contactos bruscos entre termos litológicos atribuíveis às duas unidades. A localização dos contactos entre as duas formações é importante não só em mapeamento superficial como em superfície, devido ao potencial diferente das duas em termos de aquífero subterrâneo, como é discutido adiante.

Do ponto de vista geotécnico, as rochas da Formação Adamantina têm sido analisadas em programa conjunto de estudo dos diversos ti

pos de arenitos do Grupo Bauru (Gandolfi et alii, 1983) ou num relato geral do Comitê de Estudos Geotécnicos de Rochas Sedimentares (Campos et alii, 1988), sem um estudo mais específico para as suas litofácies. O resultado de ensaios de caracterização física, ensaios mecânicos e geomecânicos relativos a 10 amostras da Formação Adamantina e Marília indica uma variação muito ampla nas suas propriedades. Esta dispersão de valores é explicada pelas variedades faciológicas das rochas amostradas (Campos et alii, 1988). Nos ensaios de ciclagem, verifica-se, de maneira geral, uma deterioração acentuada dos arenitos e termos associados.

3.1.2. Características dos Depósitos Cenozóicos

Como em outras regiões do Estado de São Paulo, onde se realizaram pesquisas para o mapeamento geotécnico, na região de Presidente Prudente as propriedades dos depósitos cenozóicos constituem-se em elementos muito importantes a serem avaliados.

Com respeito à sedimentação no Cenozóico, alguns autores têm ponto de vista favorável à teoria de uma variação climática no sul do país, considerando estes fatores climáticos como decisivos na origem dos depósitos. As coberturas coluviais atualmente localizadas em topos e em costas de elevações estariam nitidamente associadas a superfícies de interflúvios escalonados, representativos de fases paleogeográficas de aplainamento. Essas fases seriam típicas de clima seco.

Como explicação para a deposição cenozóica, também se propõe um condicionamento tectônico (Fúlfaro e Suguio, 1974 - Apud Petri e Fúlfaro, 1983). A deposição, identificada como um processo de entulhamento, deu-se em ambiente torrencial, com um transporte curto. Os depósitos ocuparam zonas de quebra de relevo, ao pé de elevações regionais. Constituíram imensos leques, sobrepostos à deposição de ciclos precedentes. Alcançaram maior desenvolvimento ao norte da sub-bacia, em virtude da proximidade do Arco da Canastra, onde o soerguimento se manifestou mais energicamente.

De modo geral, o estudo das coberturas cenozóicas no Estado de São Paulo tem sido compartimentado de acordo com as províncias geomorfológicas propostas por Almeida (Melo e Ponçano, 1981). No Planalto Ocidental, elas são classificadas em:

- a) depósitos de terraços e várzeas e
- b) depósitos coluviais.

De maior importância para a área de pesquisa, os depósitos coluviais estão associados a sistemas de relevos colinosos (Ávila et alii, 1981). Possuem, em média, uma espessura de 8,00 m sobre as rochas do Grupo Bauru em geral, com valores de até 30,00 m sobre o arenito Caiuá. Caracterizam-se pela falta de estruturas típicas de sedimentação. Tendem a ser francamente arenosos, refletindo a predominância de rochas areníticas no Grupo Bauru. Em sua massa terrosa, são encontrados fragmen

tos carbonizados de restos vegetais, com dimensões milimétricas. Na região de ocorrência da Formação Adamantina, recobrem em grande parte as camadas sedimentares desta unidade, confundindo-se em alguns locais com o solo residual.

No Oeste e Centro-Oeste do Estado de São Paulo, as áreas de deposição coluvial cenozóica correspondem aos setores de ocorrência de duas unidades pedológicas: o latossol vermelho escuro, fase arenosa, e os solos podzolizados de Lins e Marília. Os últimos são classificados nos estudos de engenharia rodoviária como comprovadamente adequado à construção de bases de pavimento de tipo econômico (Utiyama et alii, 1977). Juntamente com outras unidades pedológicas, ele é incluído numa classificação de solos para pavimento rodoviário como "solo arenoso fino" e também como "solo laterizado". No levantamento pedológico de solos do Estado de São Paulo, as 25 unidades de amostra referentes a 5 pontos distintos de perfil em solo podzolizado de Lins e Marília relevam uma nítida predominância da fração arenosa fina (Brasil, 1960).

A conceituação de "solo laterizado" é válida para toda cobertura, coluvial ou residual, onde se verifica como patente a atuação do processo pedológico de laterização. Como características deste tipo de solo tropical, distinguem-se: o enriquecimento de óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio e a clara predominância de caolinita entre os argilominerais. Também são destacadas, como suas propriedades típicas, a alta porosidade e a colapsividade.

Com o objetivo de enfatizar as características próprias de solo tropical, têm sido estudados os depósitos coluviais cenozóicos da região de São Carlos/SP (Vilar et alii, 1985). Nas camadas mais arenosas destes depósitos, são reconhecidas as propriedades de alta porosidade, compressibilidade e colapsividade.

Na região de Rio Claro/SP, os sedimentos cenozóicos que constituem a formação que leva o nome da cidade, foram recentemente analisados do ponto de vista geotécnico (Campos e Vicelli Neto, 1987). Verifica-se nesta investigação que as propriedades ressaltadas no estudo realizado em São Carlos também são características dos solos da Formação Rio Claro, destacando-se, além disso, a importância da alta erodibilidade de destes solos.

Na área do Canal de Pereira Barreto, ensaios foram realizados em amostra de solo coluvial sobreposto a um arenito da Formação Santo Anastácio (Koshima, 1982). Dentre as características reveladas nestes ensaios, pode ser mencionada a alta porosidade do solo.

Uma pesquisa de depósitos cenozóicos localizados na Depressão Periférica baseou-se em amostragem feita nos locais de boçorocas existentes em vários municípios (Rodrigues, 1984). Os resultados obtidos mostram características comuns a todos os depósitos pesquisados, tais como: alta porosidade e má compactação natural.

Nos depósitos cenozóicos do Estado de São Paulo, verifica-se uma variação regional na composição granulométrica, em função das litologias predominantes em cada uma das regiões. Quanto à origem destes depósitos, as pesquisas têm apontado diferenças regionais para as condições de ambiente e de processos. No entanto, algumas características podem ser consideradas válidas para estes solos de modo geral, tais como: caráter de laterização, alta erodibilidade, porosidade de média a alta e colapsividade.

Na região de Presidente Prudente, um levantamento de campo de talhado registra a frequência de algumas feições características destes solos. Uma delas consiste em leitos de nódulos ferríferos, com espessura variável entre 0,20 m e 0,40 m, que acompanham o seu contacto com estratos mais arenosos da Formação Adamantina. A outra feição é representada por faixas mais argilosas, designadas por Bigarella (1974, 1985), como "estruturas de dissipação" ou denominadas por Queiroz Neto (1975) de "bandas onduladas". De acordo com este último, tais estruturas são típicas de coluvionamento, resultando do fluxo laminar, com transporte e posterior pedogênese dos detritos depositados.

Quanto aos depósitos de várzea, na região de Presidente Prudente, são encontrados em faixas de dimensões limitadas, constituindo-se predominantemente de areias fofas. Caracterizam-se também por uma evidente susceptibilidade à erosão.

3.1.3. Esboço Tectônico

Como estrutura de maior extensão reconhecida nas proximidades de Presidente Prudente, deve ser mencionado o alinhamento estrutural de Guapiara. Trata-se de uma feição magneticamente detectada, com amplitude de 20 a 100 quilômetros, que se estende desde a região litorânea do sul de São Paulo até a confluência dos rios Verde e Paraná (Ferreira et alii, 1981 - Apud Almeida e Melo, 1981). É considerada como limite setentrional do Arco de Ponta Grossa.

Pesquisas efetuadas com a finalidade de localizar arqueamentos ou domos estruturais, identificaram nas proximidades da cidade de Presidente Prudente uma estrutura positiva, assim como sistemas de fraturas e basculamentos suaves, provavelmente associados à estrutura principal (Paulipetro - IPT-CESP, 1982).

Na área onde se assenta a cidade, levantamentos mais recentes localizaram uma anomalia positiva no topo da Formação Serra Geral (Lan dim et alii, 1984). Os resultados de uma análise de tendências baseada em dados de poços profundos, combinada com uma análise morfoestrutural, configuram um alto estrutural, coincidente em localização com o sítio urbano de Presidente Prudente. A figura 3.1. representa as morfoestruturas e a drenagem nesta região.

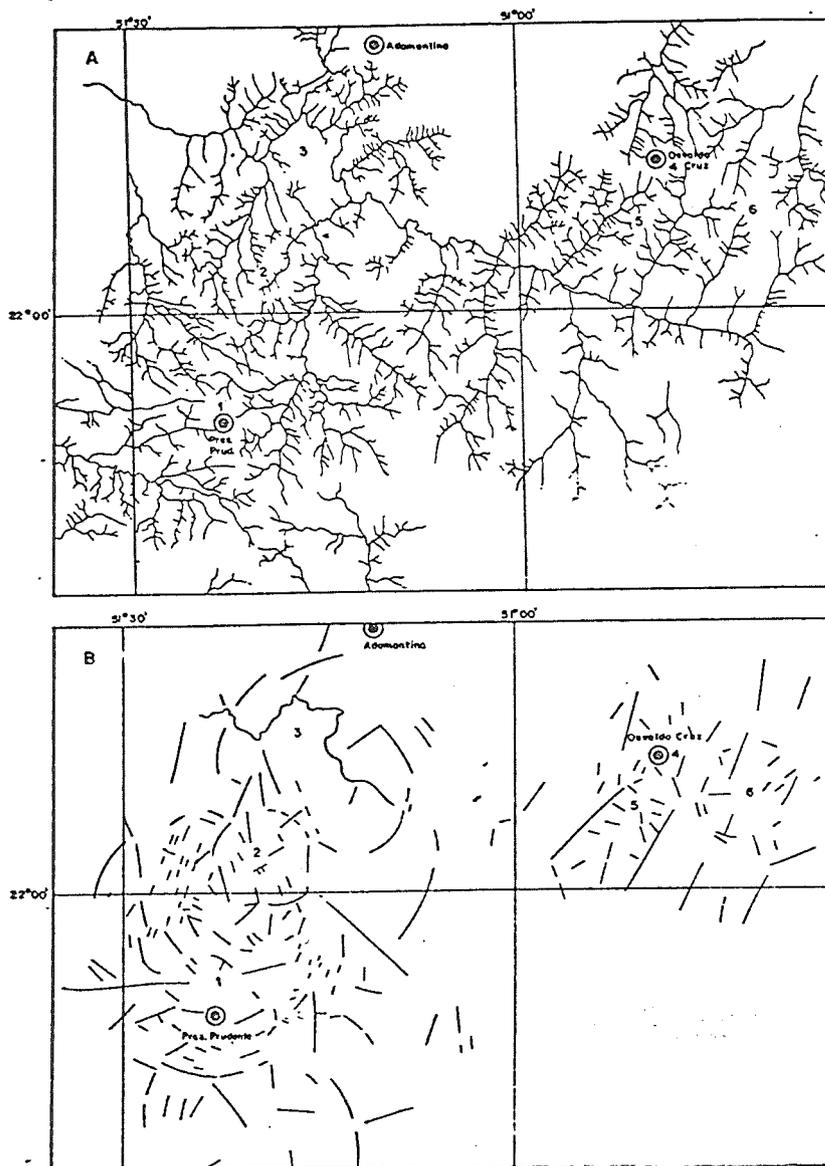


Figura 3.1. Mapas de drenagem e de morfo-estruturas em Presidente Prudente (Fonte: Landim et alii, 1984)

Pode-se considerar, no entanto, válido para a região, o modelo de tectonismo geral nos domínios de ocorrência do Grupo Bauru. Este tectonismo caracteriza-se por falhamentos pouco expressivos, com rejeitos na maioria dos casos inferior a 20 metros.

A maior parte das estruturas locais da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro do Estado de São Paulo, é uma herança dos eventos do período cretáceo, sendo principalmente associadas ao vulcanismo basáltico.

De modo geral, a deposição dos sedimentos do Grupo Bauru aconteceu menos como resultado de subsidência da Bacia do Paraná do que em função do soerguimento das áreas marginais (Petri e Fúlfaro, 1983). O alinhamento do Paranapanema atuou como barreira da sedimentação, limitando esta à sub-bacia do Alto Paraná.

O arcabouço tectônico associado aos últimos eventos deposicionais do Mesozóico manteve sua influência nas deposições datadas no início do Terciário (Fúlfaro e Suguio, 1974 - Apud Petri e Fúlfaro, 1983). A subsidência continuou tendo importância secundária na sedimentação, ve

rificando-se um entulhamento da sub-bacia, como uma consequência da erosão nas áreas marginais sujeitas a soerguimento. Os depósitos de areia e colúvio distribuem-se praticamente na mesma área de ocorrência dos sedimentos do Grupo Bauru.

3.2. Esboço Geomorfológico

De acordo com a Divisão Geomorfológica proposta por Almeida (1964), a região de Presidente Prudente está localizada na província do Planalto Ocidental. Esta província estende-se por mais de 40% do território paulista. Segundo o mapeamento geomorfológico executado pelo IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1981), dentro da classificação por formas de relevo, na área de pesquisa é identificado um relevo de degradação em planaltos dissecados (Classe 2).

Na porção sul da área, correspondente à bacia do Santo Anastácio, Sudo (1980) distingue três compartimentos de relevo: superfície de cimeira regional, superfícies ou níveis intermediários de interflúvios escalonados e nível de terraços.

A superfície de cimeira regional, identificada com os divisores da bacia do Santo Anastácio, mantém uma regularidade topográfica a uma altitude aproximada de 500 m. Faz parte de um espigão maior, localizado entre as bacias dos rios do Peixe e Paranapanema.

A forma aplainada desta superfície é atribuída a longos processos de pediplanação (Sudo, 1980). Este aplainamento, provavelmente extensivo a uma superfície neogênica (Terciário superior), corresponde a uma pediplanação posterior à que determinou os topos dos planaltos de Echaporã e Marília.

Abaixo desta superfície de cimeira, nos níveis intermediários de interflúvios escalonados, podem ser constatados os reflexos da atuação do clima tipicamente úmido sobre os pediplanos ou pedimentos resultantes de um período de clima seco. São reconhecidas duas fases de colúvionamento, possivelmente associadas a diferentes eventos de pedimentação, seguidos de recuos das elevações escalonadas. Na interpretação da morfologia, as recorrências climáticas estão subentendidas nas alternâncias de padrões verificados para a evolução do relevo.

A superposição de processos morfogenéticos, devidos a alterações paleoclimáticas e escalonamento do relevo associado à superposição de colúvios, tem sido ressaltada por vários autores, entre eles Pen teado et al (1973) na abordagem sobre a morfogênese do território paulista. Também com relação à região norte-noroeste do Paraná, uma teoria sobre a evolução do modelado baseado nestes estágios paleoclimáticos é defendida por Bigarella (1985).

3.3. Clima Atual da Região

Embora haja mais de uma fonte de informações para a análise

climatológica da área estudada, são utilizados aqui os registros obtidos durante 18 anos na Estação Meteorológica da UNESP local. Estes registros podem ser resumidos nos seguintes valores médios:

- temperatura média geral : 22,9°C
- média das máximas : 28,8°C
- média das mínimas : 18,0°C
- pluviosidade média anual: 1289,0 mm

menores índices média de julho : 48,1 mm
- pluviométricos média de agosto : 44,6 mm

maiores índices média de dezembro: 183,9 mm
- pluviométricos média de janeiro: 177,9 mm

Pela avaliação destes registros, segundo a classificação de Koeppen (1948), o clima de Presidente Prudente é do tipo Cwa ou temperado quente (mesotérmico), com uma estação de inverno seca e uma estação de verão muito quente. Em análise de acordo com Strahler (1965), é ressaltada uma característica de irregularidade estacional quanto à precipitação, devendo-se enquadrar o clima nesta região como do Grupo I/Clima 5, tropical úmido seco. Esta última classificação enfatiza o caráter de faixa de transição, onde o regime de pluviosidade não é bem definido (Monteiro, 1973). Numa análise ambiental ou num monitoramento de uso do meio físico, a característica de irregularidade pluviométrica é uma dificuldade a ser considerada na previsão quanto a precipitações volumosas ou períodos anormalmente longos de estiagem.

Sudo (1980) complementa dados fornecidos pela estação da UNESP local (1969 a 1978) com os registros da estação da Fazenda Pagador (1958 a 1968), situada junto ao limite sul da área de pesquisa. De acordo com os boletins das duas estações, não se pode inferir uma característica de recorrência cíclica de precipitações com valores bem acima do normal. Durante os períodos anuais, a pluviosidade distribuiu-se também segundo padrões irregulares.

A concentração de precipitações contínuas em períodos de uma ou duas semanas na região tem causado danos em pisos rodoviários, em aterros e em galerias de drenagem.

Precipitações com valores exageradamente elevados em períodos de horas podem ocorrer no verão. Algumas das chuvas de verão, com a duração limitada, são as chamadas "precipitações convectivas" (Strahler, 1965). A intensidade incomum destas precipitações episódicas reflete-se num tempo de concentração muito curto de vazões fluviais e na ocorrência de inundações. No dia 29 de janeiro de 1988, por exemplo, devido a inundações provocadas por uma destas excepcionais chuvas de convecção,

foi decretado pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, o estado de calamidade pública. Nesse dia, entre 16:20 hs e 18:20 hs, a estação meteorológica da UNESP local registrou a precipitação de 130 mm.

3.4. Solo: classificação pedológica

De acordo com o mapa da Comissão de Solos, é característico da região de Presidente Prudente o solo podzolizado de Lins e Marília - variedade Marília (Brasil - Ministério da Agricultura, 1960).

Atualmente um guia de classificação propõe para a variedade Marília o símbolo PVe, em lugar de Pml, adotado no mapa geral do Estado (Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo-CATI, 1986). Neste guia, as características gerais deste solo também são referidas a um padrão, assim expresso: podzólico vermelho-amarelo, baixa capacidade de troca catiônica, eutrófico, textura arenosa média, abrupto, fase relevo ondulado ou forte ondulado, susceptibilidade à erosão.

A sub-ordem "podzólico", da ordem de solos zonais, é típica de regiões florestais de clima úmido, destacando-se o seu caráter de bom desenvolvimento e profundidade de 1,5 m a 2,0 m (Lepsch, 1977).

3.5. Vegetação

Antes do avanço colonizador deste século, o sudoeste do Estado de São Paulo era revestido pela floresta pluvial-tropical, restringindo-se os domínios de cerrado a áreas relativamente pequenas (Leite, 1972). Nos últimos anos, a face botânica do Sudoeste Paulista vem-se caracterizando por apresentar apenas vestígios da antiga vegetação (Leite, 1979). Algumas amostras deterioradas de mata limitam-se a capões residuais e à reserva do Pontal do Paranapanema.

3.6. Dinâmica Atual do Geoambiente na Região

A designação "geoambiente" é adotada entre autores tchecos, com o significado de ambiente que deve ser avaliado para a execução do mapeamento geotécnico (Matula e Letko, 1980). A sua aplicação não exige obrigatoriamente a divisão em setores de acordo com a litologia ou a separação dos estudos em bacias ou sub-bacias hidrográficas.

O geoambiente da região pesquisada caracteriza-se por uma dinâmica atual de transformação acelerada (Sudo, 1980). Processos de erosão intensa são uma resposta à eliminação das coberturas florestais. As práticas agrícolas inadequadas para a conservação do solo agravaram o desequilíbrio provocado pelo desmatamento. Culturas anuais, especialmente as do algodão e do amendoim são responsáveis pela condição de alta susceptibilidade à erosão laminar. O Sudoeste Paulista, em particular o Município de Presidente Prudente, desde 1933 tem sido um grande produtor de algodão (Leite, 1972). Em 1968, por exemplo, a maior contribui -

ção da safra algodoeira do Estado de São Paulo partiu desta região. Justamente dentre as culturas conhecidas no Brasil, a do algodão é considerada a mais prejudicial para a conservação do solo, favorecendo em grau exageradamente alto a erosão laminar (Bertoni e Lombardi, 1985).

De acordo com Sudo (1980), na bacia do Alto Santo Anastácio, o desequilíbrio acelerado do geoambiente é identificado por estes sinais:

- horizontes superficiais do solo (terra vegetal e horizonte A) eliminados pela ação da erosão laminar;
- modificações gradativas nas feições das rupturas convexas e na forma de feixes de incisões paralelas entre si e perpendiculares à linha de ruptura;
- erosão de sulcos nas cabeceiras, com perfis longitudinais em degraus;
- aprofundamento de vales nas cabeceiras e na margem dos canais;
- cones de dejeção e colmatação do leito;
- depósitos formados nos colos, depressões e concavidades das vertentes.

Estas características de desequilíbrio ambiental são reproduzidas nas bacias do Mandaguari e do Limoeiro, que integram o sistema de drenagem natural da área urbana de Presidente Prudente.

O principal fator deste desequilíbrio ambiental, conforme já se mencionou aqui, é a interferência antrópica, operada na forma de remoção da cobertura de floresta pluvial tropical e de cultivo agrícola inadequado. A estes tipos de interferência somam-se os impactos devidos ao que é acessório à urbanização (vias de comunicação, aeroportos, reservatórios para abastecimento público de água etc.) e aqueles impostos pela ocupação urbana propriamente dita.

4. FENÔMENOS RELACIONADOS AO GEOAMBIENTE DA REGIÃO

4.1. Dinâmica Interna

No Oeste paulista alguns abalos têm sido localizados através de levantamentos macrossísmicos. Estes levantamentos baseiam-se na verificação das consequências dos sismos, por meio de consulta detalhada à população das localidades atingidas. Estima-se por este método a intensidade do sismo, usando-se como referência de medida no Brasil os 12 graus da escala MM ou Mercali Modificada de 1956 (Mioto, 1984). Os eventos de sismicidade na cidade de Presidente Prudente e redondezas motivaram o IAG - Instituto Astronômico e Geofísico/USP, a instalar no Município uma estação PPD. Esta estação, integrada à rede internacional, detectou a 5 de abril de 1988 um novo evento na região, cuja magnitude atingiu o valor de 3,8 na escala Richter (Yamabe et alii, 1988). O levan

tamento macrossísmico estimou para esse abalo de abril de 1988 uma in tensidade entre 5 e 6 MM.

No Oeste do Estado de São Paulo, assim como em toda a região Sudeste do Brasil, a sismicidade de modo geral é baixa. Valores de in tensidade de 4,5 a 5,1 MM são classificados de "surpresas sismológicas" (Mito, 1984). Em termos de risco, a intensidade avaliada entre 5 e 6 MM do sismo de abril de 1988 significa a possibilidade de danos em áre as muito próximas ao epicentro, embora o alcance em área geográfica dos efeitos pronunciados seja difícil de representar através de mapas.

Comparativamente a fenômenos característicos da dinâmica ex terna, de atuação regular e disseminada na região, um evento sísmico es porádico não caracteriza a existência de riscos à ocupação urbana. Ape^u sar de um valor estimado de intensidade superior a 5,1 e da magnitude de 3,8 graus, o sismo referido acima deve ser incluído na relação das surpresas sismológicas, por não significar uma tendência de sismicidade com esta ordem de grandeza.

4.2. Dinâmica Externa

4.2.1. Instabilidade de Taludes

4.2.1.1. Ocorrências na Região

Em resposta à ocupação urbana na região, manifestam-se poucas situações de risco devidos à instabilidade de taludes. Algumas informações fornecidas pelos escritórios regionais do DER e da FEPASA, atestam a condição de baixo risco sob este aspecto.

Nas rodovias da região nunca houve interrupção do tráfego em consequência de escorregamento ou da desagregação de rochas nos cortes.

Para verificação destes problemas nas ferrovias, foi executado um levantamento com base no registro de ocorrências cedido pela Ins petoria de Vias Permanentes e Obras da FEPASA. Destes documentos, foram selecionadas anotações referentes a um período que vai de 1968 a 1988, em concordância com o tempo de funcionamento da estação meteorológica da UNESP local. Para que a amostra não fosse muito restrita, foi escolhido um trecho de 63,86 km de extensão, localizado entre as estações de Mar tinópolis (km 696,140) e de Presidente Bernardes (km 760). De acordo com a fonte referida acima, no período e trecho considerados, apenas no dia 02 de março de 1980 houve interrupção no tráfego por motivo de danos nos taludes. Como dado auxiliar, foi relatada a ocorrência de chuvas in tensas na semana imediatamente anterior a esse dia. De acordo com a es tação meteorológica, entre 23 e 27 de fevereiro de 1980, chuvas inin terruptas atingiram a intensidade máxima no dia 27, com uma precipitação diária de 181,4 mm. A pluviosidade no mês de fevereiro desse ano a cumulou uma quantidade de 421,5 mm, considerada excepcional em compa ração à média de 153,3 mm, calculada para o mês entre 1968 e 1988. A obs

trução das vias por escorregamento em taludes deu-se em 5 locais. Em verificação de campo na pesquisa, 3 destes locais puderam ser bem identificados. Notou-se neles um mesmo tipo de condição: estão situados junto às confluências ou cruzamentos de outras vias com a via férrea. Na ocasião de chuvas intensas, o leito ferroviário coleta parte da água drenada por essas outras vias.

As informações a respeito de ocorrências em situação extrema de pluviosidade, em associação com as condições adversas de drenagem, constituem-se em indicações importantes de baixo risco, uma vez que os taludes ferroviários apresentam ângulos de inclinação elevados, comumente superiores a 60°, alcançando, em vários cortes, uma altura superior a 15 m.

4.2.2.2. Fenômenos Característicos das Formações do Grupo Bauru

Na área pesquisada verifica-se a ocorrência de intensa desagregação superficial em camadas da Formação Adamantina. Este fenômeno é característico de rochas sedimentares (Guidicini e Nieble, 1976). Uma das consequências da desagregabilidade é a queda de blocos, a partir do descalçamento de estratos mais resistentes ao processo. Nestes casos, por favorecer o colapso de grandes massas rochosas, a desagregação alcança o seu maior grau de risco. Nas formações do Grupo Bauru, o fenômeno de desagregação causa danos em rodovias e põe em risco o tráfego de veículos (Pastore e Miotto, 1981). O desprendimento de blocos acontece em camadas mais arenosas, especialmente onde o cimento carbonático torna mais coerente o arenito. Nestas formações, alguns fatores concorrem para o desenvolvimento da desagregação, sendo eles principalmente: macro-estruturas das rochas, oriundas de processos genéticos de sedimentação e consolidação; estruturas e propriedades físicas de argilominerais presentes; descompressão causada pela remoção de espessura considerável de rocha sobreposta, em decorrência da evolução geomorfológica. O processo é desencadeado pela exposição das camadas rochosas às intempéries. Ciclos de saturação e secagem afetam principalmente os leitos mais argilosos, provocando neles intensa fragmentação.

Dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, tem sido pesquisadas, com especial atenção na Formação Corumbataí, as causas deste fenômeno, conhecido também como "empastilhamento" (Campos, 1987). Os estratos argilosos e siltosos, muito abundantes nesta formação, estão particularmente propensos a este empastilhamento. Na região de Piracicaba e Rio Claro, a desagregação acentuada em estratos da Formação Corumbataí é notoriamente um problema para a conservação das vias férreas.

Na área da pesquisa, a intensa desagregação de lamitos é comum, como se ilustra da Foto 4.1.



Foto 4.1. Desagregação em Lamitos - Bairro Nosso Teto, Vila Alexandrina - local da amostra B-8 da Tabela 5.17

Em alguns trechos da ferrovia, o acúmulo de detritos ao pé do talude prejudica a drenagem ao longo do leito de tráfego, exigindo um serviço periódico de limpeza. Dentre os termos predominantemente arenosos, revela-se mais susceptível ao processo de desagregação uma variedade de arenito bem cimentado e portador de microestratificação cruzada e lâminas argilosas. Outras variedades de arenito sofrem desagregação, não havendo, no entanto, acúmulo significativo de detritos ao pé dos taludes. O fenômeno do descalçamento localiza-se, preferencialmente, em taludes onde os estratos areníticos mais cimentados se sobrepõem a arenitos friáveis ou se dispõem alternadamente com lamitos. Dentre as causas das diferentes formas de desagregação, na área podem ser apontadas aquelas já referidas como sendo mais atuantes para as camadas do Grupo Baruru em geral. Deve ser mencionado também, como um dos fatores, o alívio de confinamento lateral, que influi no aparecimento de fraturas de tração.

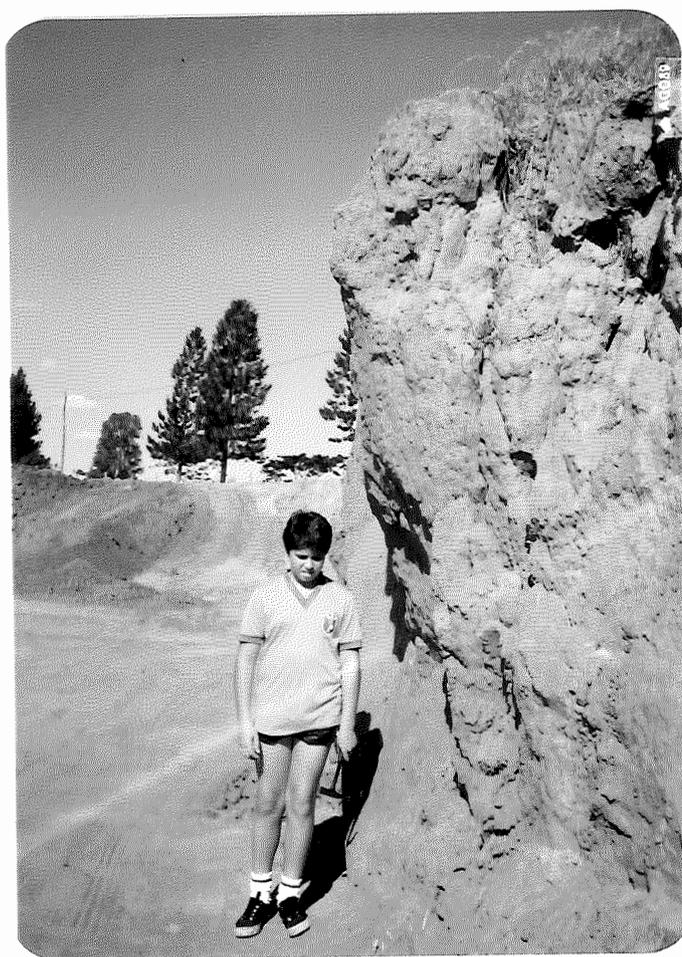
No sentido de geofator de risco, o fenômeno da desagregação é pouco expressivo na área, em virtude das dimensões reduzidas dos estratos siltosos e argilosos. A sua associação com descalçamento de arenito bem cimentado representa um risco em cortes com mais de 6,00 m de altura e em algumas encostas íngremes ou vertentes escarpadas.

4.2.2.3. Peculiaridades das Coberturas Inconsolidadas

Na região de Presidente Prudente, verifica-se ao longo das ferrovias a pouca frequência de cicatrizes de escorregamento em taludes

com altura inferior a 10,00 m. Em cortes mais altos, as cicatrizes evidenciam ocorrências de ruptura circular ou rotacional, como se observa nos exemplos descritos na região de Araraquara por Queiroz (1986). Em grande parte dos casos, os anfiteatros são limitados inferiormente pelo contacto do depósito coluvial com a rocha alterada.

Observa-se, em taludes associados a vários tipos de vias e a jazidas de material de empréstimo, um fenômeno de enrijecimento do solo junto à superfície exposta. Taludes verticais são conservados naturalmente por vários meses, numa condição de estabilidade aparentemente excepcional. Trata-se de um enrijecimento por crostas cimentantes. As Fotos 4.2 e 4.3 mostram uma superfície em solo enrijecido e o detalhe da crosta cimentante.



*Foto 4.2. Talude enrijecido por Crostas Cimentantes
Distrito Industrial*



*Foto 4.3. Detalhes das Crostas Cimentantes -
Distrito Industrial*

Na região de São Carlos, este fenômeno de estabilização é observado em depósitos cenozóicos (Vilar et alii, 1986). Como principal agente formador da crosta, é apontada a precipitação de sílica transportada por água de percolação. A alta porosidade do solo favorece o processo de deposição da sílica e a cimentação. Em tempo de alguns meses, a superfície exposta adquire resistência à erosão. Através de ciclos de umedecimento e secagem, vai-se acumulando a sílica em forma de película de gel ou em grãos. Possivelmente, além desta deposição de sílica, um enriquecimento de compostos de ferro contribua para a formação das crostas.

Uma pesquisa de taludes ferroviários na região de Araraquara-SP, também constatou em depósitos cenozóicos a presença de crostas da mesma natureza daquelas encontradas na região de São Carlos (Queiroz, 1986).

4.2.2. Recalques bruscos

São admitidos como uma espécie de movimento de massa, podendo ser incluídos na classe de subsidência em sentido lato (Guidicini e Nieble, 1976). A diferença em relação à subsidência em senso estrito é o seu desencadeamento através de uma carga de estrutura superposta. Em Presidente Prudente tais fenômenos são próprios de áreas de entulhos, especialmente em depósitos de lixo enterrados. Pelo menos num dos loteamentos, conhecido como Parque Duque de Caxias, algumas edificações sofreram danos irreparáveis, em virtude deste tipo de problema, como se

observa na Foto 4.4.



Foto 4.4. Trincas em edificação assentada sobre área de lixo soterrado - Parque Duque de Caxias

4.2.3. Problemas de Erosão

4.2.3.1. Tipos de processos

Na região de Presidente Prudente, danos ambientais graves são devidos a processos de erosão laminar, em sulcos, ravinas e boçorocas. Comumente estes processos são interrelacionados numa sequência evolutiva ou na dinâmica geral da denudação do relevo. Entretanto, eles podem ser analisados independentemente, conforme a predominância de um ou do outro em determinados locais. Quanto à erosão laminar, a sua intensificação e o seu controle dependem principalmente do trato agrícola do solo. Por seu efeito menos pronunciado em áreas urbanas, no mapeamento em apreço ela não é considerada um fator de risco.

4.2.3.2. Erosão em sulcos e ravinas

Observa-se a presença escassa de sulcos em depósitos coluviais e a sua concentração nos solos rasos. Nestes últimos, a erosão aprofunda-se com relativa facilidade até a base da camada superficial, devido

à maior permeabilidade e à erodibilidade da cobertura delgada em relação à rocha alterada sotoposta. A resistência à infiltração e à erosão nesta interface próxima à superfície é uma barreira à evolução do processo no sentido do ravinamento. Daí a ocorrência em número desprezível, neste tipo de terreno, de ravinas com extensão suficiente para serem mapeadas.

Os sulcos, abundantes nos solos rasos, indicam pela sua disposição os sentidos predominantes do fluxo superficial de água. O padrão de disposição radial evidencia uma confluência da drenagem. Os feixes de sulcos convergentes localizam-se em áreas de cabeceira dos cursos d'água. Abrem-se em forma de leque até níveis mais elevados do que as nascentes, atingindo em algumas áreas o topo aplainado dos interflúvios colinosos. As fotos 4.5 e 4.6, reproduzidas de fotos aéreas com o equipamento AVIOPRET APT - WILD, mostram o típico formato de feixes de sulcos.

Esta característica de confluência de fluxo superficial distingue as encostas coletoras das dispersoras. Nestas áreas de drenagem convergente, o padrão morfológico não se enquadra nos modelos propostos por Troeh (1965), reproduzidos por Bloom (1970), de encostas tipicamente coletoras, caracterizadas por perfil convexo e curvas de nível côncavas. Nos exemplos encontrados na região, os perfis côncavos ou retilíneos predominam.



Foto 4.5. Feição de sulcos convergentes - Cabeceiras do Córrego da Memória. Reprodução pelo foto-amplificador de parte da foto aérea 2227 - Faixa 74/CESP, 1979.

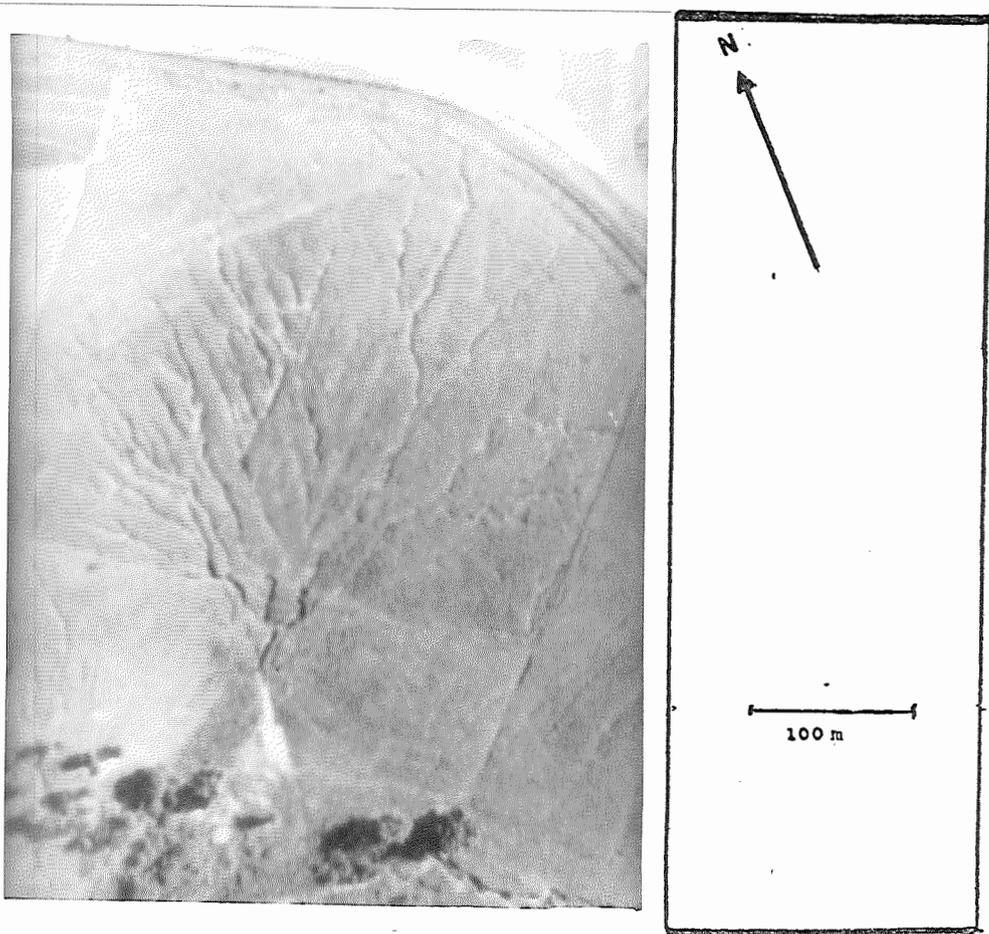


Foto 4.6. Feição de sulcos convergentes - Cabeceiras do Córrego Limoeiro - Foto 2127 - Faixa 71/CESP, 1979.

4.2.3.3. Boçorocas

Nos últimos dez anos, as regiões do Sudeste do Brasil em que o capeamento de depósitos cenozóicos é expressivo tem merecido uma atenção especial com relação às pesquisas sobre erosão acelerada. Grande parte dos casos estudados a respeito de boçorocas é associado a este tipo de cobertura, embora não se trate de fenômeno típico dela (Rodrigues, 1982).

No Estado de São Paulo, a região de Presidente Prudente é considerada uma das mais atingidas pelos males da erosão (Iwasa et alii, 1980). Vale ressaltar novamente que, assim como a região Norte-noroeste do Paraná, se trata de um ambiente natural já deteriorado pelo desmatamento e uso indiscriminado do terreno. No Sudoeste do Estado de São Paulo, são identificados alguns dos fatores tidos como favoráveis ao desenvolvimento das boçorocas. Entre eles podem ser citados: a granulação arenosa fina, a baixa compacidade e a existência de uma camada mais erodível sobreposta a camadas mais resistentes à erosão.

O processo de erosão em boçoroca pode ser entendido simplifi-
cadamente como uma cadeia iniciada a partir da conversão do fluxo lamina-
r em canais de fluxo concentrado. Este avanço de uma fase caracteriza-
da por erosão laminar para uma fase de sulcos tem sido explicado por

alguns autores, entre eles Bigarella (1985) e Rodrigues (1984). O aprofundamento de sulcos dá origem a ravinas, que, na evolução do processo, passam a aumentar a sua largura. A ocorrência de erosão interna também contribui para o desencadeamento do processo (Rodrigues, 1984). Em abordagem sobre a necessidade de orientação geológica para a aprovação de projetos de loteamentos, a erosão acelerada é apontada como uma das consequências mais desastrosas da implantação e consolidação da malha urbana (ABGE, 1982). Nesta discussão sobre a erosão proveniente da implantação de loteamentos, a porção Oeste do Estado de São Paulo é considerada como a mais atingida pelos fenômenos de boçoroca de área urbanizada.

Num diagnóstico referente às boçorocas no Sudoeste Paulista, verifica-se que elas se instalam preferencialmente "em bacias de recepção pluvial ou cabeceiras de erosão articuladas com canais de escoamento pluvial" (Sudo, 1981). Estes sítios são antigas cabeceiras de vales intensamente erodidas e preenchidas por material de natureza alúvio-coluvial. O processo é desencadeado sob a forma de reentalhamento de cabeceiras sobre este sedimento, o qual preenche vales atuais.

Estudos mais recentes sobre a região situada entre os rios do Peixe e Paranapanema confirmam a opinião resumida acima, associando o fenômeno a "embaciamentos nas cabeceiras de drenagem ou a meia-encosta, preenchidos por sedimentos alúvio-coluvionares" (Ponçano et alii, 1987 b). Os limites superiores destes embaciamentos constituem rupturas de declividade mais ou menos distintas. Observa-se também a maior incidência do fenômeno em formações superficiais sobrepostas a arenitos portadores de cimento carbonático. Onde ocorrem com mais abundância estes arenitos, o relevo apresenta-se mais movimentado (Ponçano et alii, 1987 a). Os sítios de embaciamentos conformam-se como anfiteatros, com pequenos setores retilíneos de encosta. Este padrão morfológico não corresponde aos modelos de encostas convexas, coletoras ou dispersoras, propostas por Troeh (1965) e citados por Bloom (1970). Não se confirma o ponto de vista de Rodrigues (1984), segundo o qual as encostas de contorno côncavo e perfil convexo são as mais favoráveis à instalação das boçorocas.

Na área pesquisada, a maioria das ocorrências de boçorocas instala-se em aluviões localizados em cabeceiras de erosão. Em depósitos coluviais, os casos estão restritos a dois apenas, sendo localizados nas proximidades do aeroporto. Em comum com o restante das boçorocas mapeadas, estas duas também se caracterizam por se desenvolverem em áreas de nascentes.

4.3. Possibilidade de ocorrências de outros fenômenos

A colapsividade e a expansibilidade podem ter influência no comportamento geotécnico de solos e rochas na região de Presidente Prudente. Uma destas propriedades está relacionada aos depósitos coluviais

cenozóicos, enquanto a outra é característica de determinados argilomínerais, eventualmente encontrados em camadas do Grupo Bauru.

No tópico 3.1.2 é enfatizado o caráter laterítico dos depósitos coluviais. Dentre as particularidades do solo arenoso fino laterizado ou dos chamados "solos tropicais" de maneira geral, inclui-se a colapsividade. Na cidade de Presidente Prudente, são observados danos em estruturas próximas a escavações para subsolo de edifícios. Tais danos são característicos da cobertura coluvial, manifestando-se em forma de trincamento nas estruturas superpostas a ela. É verificada a sua maior incidência em períodos de chuvas intensas. Possivelmente a destabilização do solo nestes casos seja devida à interferência de fatores diversos, entre eles a condição de colapsividade. No entanto, uma interpretação adequada destes fenômenos não foi possível ainda, pelo fato de envolver uma análise detalhada das condições em que se deu cada uma das ocorrências. No entanto, o risco da manifestação da colapsividade não deve ser descartado na região, uma vez que esta propriedade é característica dos depósitos coluviais cenozóicos do Estado de São Paulo.

A expansibilidade é uma das propriedades favoráveis a fenômenos de ondulação em leito rodoviário, acarretando problemas de segurança para o tráfego. Nas rodovias da região de Presidente Prudente ou nas vias asfaltadas desta cidade, são muito raros os danos por ondulações nas pistas que exijam a substituição total do pavimento. Em geral, os principais defeitos destas pistas de rolamento são aqueles mais comumente associados a dificuldades de drenagem. Pode-se admitir nesta região que, na hipótese de ocorrência de argila expansiva em terrenos sobrepostos pelos pavimentos viários, a pressão de expansão não seja suficiente para comprometer a pavimentação. É importante ressaltar, no entanto, que o solo raso ou a rocha aflorante são considerados na região como impróprios para piso de obras viárias, especialmente em razão da sua limitada drenabilidade. Técnicos do D.E.R. local recomendam a substituição do leito de rochas alteradas da Formação Adamantina por solo mais drenável, até uma profundidade de algumas dezenas de centímetros. Deve-se ressaltar, no entanto, a dificuldade em discernir as consequências indesejáveis que sejam próprias do terreno em si, daquelas provenientes de deficiências do projeto ou de fatores construtivos.

5. PESQUISA REALIZADA

5.1. Metodologia Aplicada à Pesquisa

A metodologia adotada é referida como de uso restrito a fins de urbanização. Trata-se de um sistema de integração de dados aplicado à região metropolitana de Bratislava, na Tchecoslováquia, para um mapeamento geotécnico em escala 1:25.000 (Matula e Letko, 1980). Essa região

é, em parte, montanhosa e sujeita a fenômenos sísmicos.

A metodologia em apreço é aplicável a diferentes contextos de meio físico, uma vez que a sua estrutura se baseia em condicionantes à urbanização discutidos na maior parte das explanações sobre mapeamento geotécnico. Com relação a geoambientes do território brasileiro, a aplicação deste modelo enfrenta o obstáculo do significado restrito da geodinâmica interna neste país.

Neste sistema de avaliação utilizado na Tchecoslováquia, nota-se a adoção de um critério segundo o qual as condições do meio-ambiente são consideradas sobretudo como restritivas à urbanização.

De acordo com o pressuposto acima referido, as variáveis, de nominadas "geofatores", influenciam negativamente a ocupação urbana em três sentidos:

- a) põem em risco o desenvolvimento urbano;
- b) limitam a aptidão para áreas de construção;
- c) devem ser protegidos dos impactos indesejáveis da urbanização.

A cada aparecimento de um geofator, classificado de acordo com os modos de influência A, B e C, é atribuído um valor de uma escala, conforme o grau de incompatibilidade com a urbanização. Estes graus são expressos como:

- 1º grau: tem influência desprezível;
- 2º grau: importa em medidas corretivas, com acréscimo considerável nos custos usuais;
- 3º grau: torna inviável.

Os valores correspondentes a estes graus são aferidos de acordo com dados qualitativos ou quantitativos. As Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, associam a classificação em A, B e C e a escala de 1º, 2º e 3º graus.

GEOFATORES	GRAUS DE INFLUÊNCIA NEGATIVA		
	1º	2º	3º
a) Processos neotectônicos ou sísmicos	Intensidade sísmica máxima de 5° MCS	Intensidade sísmica regional 5° ± 1° MCS zonas tectônicas ativas ou não	Intensidade sísmica 7° ± 1° MCS Tectonismo ativo
b) Processos Geodinâmicos externos	poucos e de pequena intensidade	vários tipos com pouca intensidade ou um tipo com muita intensidade.	vários tipos de movimentos de massa intensos

Tabela 5.1. Sistema de superposição tcheco - Geofatores A de risco para a urbanização (Fonte: Matula e Letko, 1980).

GEOFATORES	GRAUS DE INFLUÊNCIA NEGATIVA		
	1ª	2ª	3ª
c) <u>Hidrogeologia</u> c ₁) drenagem c ₂) nível hidrostático c ₃) conrosividade	bom > 5 m desprezível	fraca 2 - 5 m presente em rochas de permeabilidade média	insuficiente < 2 m presente em rochas muito permeáveis.
d) <u>Qualidade do Solo para fundações</u> d ₁) capacidade de carga d ₂) compressibilidade	q > 0,3 MPa desprezível e uniforme E _s > 20 MPa	q = 0,1 a 0,3 MPa média e uniforme E _s = 4 a 20 MPa	q < 0,1 MPa alta E _s < 4 MPa estruturas complicadas
e) <u>Condições geomorfológicas</u> e ₁) formas de relevo e ₂) dissecação e ₃) declividade	simples e estáveis pequena < 12%	simples ativas ou complexas média 12 - 20%	muito complexas e instáveis grande > 20%

Tabela 5.2. Sistema de superposição tcheco - Geofatores B - limitantes de construções (Fonte: Matula e Letko, 1980).

GEOFATORES	GRAUS DE INFLUÊNCIA NEGATIVA		
	1ª	2ª	3ª
f) Fertilidade dos solos	baixa	média	alta
g) <u>Água disponível</u> g ₁) reservas para abastecimento g ₂) qualidade	pequenas -	médias a grandes (Q < 100 a 500 l/s) precisa tratamento	grandes (Q > 500 l/s) ótima, mineral e termal
h) Reservas de materiais de construção	pequenas	médias	grandes

Tabela 5.3. Sistema de superposição tcheco - Geofatores C - recursos a serem protegidos.

Os geofatores referentes a áreas que devem ser protegidas também são denominadas de "georrecurso" ou "geopotenciais".

Mais recentemente, um relato sobre os procedimentos de mapeamento geotécnico empregados na Tchecoslováquia confirma o uso da classificação em 3 graus diferentes de influência dos geofatores para a elaboração de documentos referentes a objetivos especiais de planejamento (Matula et alii, 1986; Hrasna et al, 1987). Esta categoria de documento

é exemplificada num mapeamento em escala 1:200.000 de uma região metropolitana situada na porção central da Eslováquia. A Tabela 5.4 resume a classificação utilizada para esse mapeamento.

CATEGORIA	GEOFATOR						
	1 SOLOS PARA FUNDAÇÃO	2 ÁGUA NO SUBSOLO (m)	3 DECLI- VES (%)	4 MOVIMENTO DE MASSAS	5 ÁREAS SOB PRO- TEÇÃO	6 SOLOS FÉRTILS (Classes)	7 RECURSOS MINERAIS
I	Solos Granulares Compactos, Solos Coesivos Rígidos	>5	<6	-	-	5	Prognóstico de Materiais de Construção
II	Solos Coesivos Firmes, Rochas Díficeis de Escavar	2-5	6-14	Estabilizado	Menos Importante	3-4	Importantes Depósitos de Materiais de Construção Verificados
	Solos com Baixa Capacidade de Cargas e Solos muito Compressíveis	<2	>14	Temporariamente Estável ou Ativo	de Excepcional Importância Científica e Cultural	1-2	Presença de Minérios, Depósitos de Carvão, Extração de Material de Construção

Tabela 5.4. Exemplo de Classificação de Geofatores para mapas Geotécnicos em escala 1:200.000 na Tchecoslováquia (Fonte: Hrasňa et al, 1987).

Este modelo de metodologia possui os requisitos necessários para atender aos objetivos referidos no item 1.1. Além disto apresenta a vantagem de definir satisfatoriamente as variáveis de acordo com a avaliação a ser feita. O conjunto de geofatores é referido a três classes apenas, sendo a escala de avaliação reduzida a três graus também. As especificações quanto às variáveis a serem incluídas nas classes de geofatores ou quanto aos parâmetros de avaliação não são rígidas, permitindo com isto adaptações de acordo com as particularidades geológicas, geotécnicas ou aquelas relativas aos recursos naturais a serem protegidos na área pesquisada. Especialmente quanto à análise e à avaliação de variáveis da geodinâmica externa, a metodologia é adaptável a condições diversas de geoambiente, por se basear em observações do comportamento regional desta geodinâmica.

Vale salientar também, como característica de simplificação deste modelo, a sua dispensa, na ponderação dos geofatores, de um aprofundamento ou separação da análise conforme os diferentes tipos de ocupação do terreno.

5.2. Bases Cartográficas

Foi adotada a escala 1:25.000 tanto para as cartas descritivas

como para as interpretativas, em função das dimensões da área e dos objetivos da pesquisa. O levantamento contou com folhas topográficas em escala 1:10.000, com intervalos de 5 m para as curvas de nível, referentes a 66,00 km², elaboradas pela Terrafoto em 1977 para o DAE - Departamento de Águas e Esgoto de Presidente Prudente. Esta cobertura foi complementada por plantas em escalas maiores, referentes ao Colégio Agrícola, Fazenda Pagador e loteamentos diversos, correspondentes a cerca de 14 km². Com a redução destas plantas adicionais à escala 1:10.000, a área representada nesta escala de operação perfaz 80,00 km² aproximadamente. Quanto ao restante da área, utilizou-se uma ampliação para 1:25.000 da folha topográfica SF-22-Y-B-111-I - Presidente Prudente, do IBGE, editada em escala 1:50.000.

5.3. Mapeamentos Temáticos Pré-Existentes

Com referência à área da pesquisa, os mapas geológicos que foram possíveis de serem consultados na fase de planejamento da coleta de dados fornecem uma base insuficiente para a finalidade de mapeamento geotécnico. Dentre os documentos disponíveis sobre este tema, o mais avançado em termos de diferenciação litológica é devido a Almeida et alii - (1981). Trata-se essencialmente de uma proposição de divisão estratigráfica, tendo sido divulgado em carta de escala 1:500.000.

Devido à importância das coberturas inconsolidadas e das feições do relevo para o mapeamento geotécnico desta área, verificou-se a utilidade de mapas referentes a outros temas que não o geológico. Estes mapas são uma carta geomorfológica e de formações superficiais da bacia do Alto Santo Anastácio em escala 1:25.000 (Sudo, 1980-anexo), uma carta pedológica em escala 1:75.000 da área total do município (IPEA/Instituto de Planejamento e Estudos Ambientais/Presidente Prudente/ UNESP, 1981-anexo) e uma carta geomorfológica da área meridional do município em escala 1:50.000 (Figueiredo, 1970).

5.4. Foto-Interpretação

5.4.1. Metodologia

Na área em apreço, não foram adotadas metodologias de foto-interpretação desenvolvidas para outras regiões, as quais são mencionadas no item 2.6.3. Preferiu-se uma técnica de aplicação de chaves de correlação com significado restrito ao geoambiente analisado. Esta técnica difere do que tradicionalmente se conceitua como "método das chaves" na foto-interpretação em geral. Pelo que se deduz através de Lueder (1959) e Spurr (1960), este método baseia-se em materiais de referência ou padrões pré-estabelecidos de informações das fotos, destinados a facilitarem a foto-análise e a foto-interpretação.

Além de se valer de chaves de uso restrito, a foto-interpretação na área da pesquisa foi norteada por outros critérios e condições, tais como:

- exame de pares estereoscópicos dirigido aos atributos previamente especificados, de acordo com a metodologia adotada para o mapeamento geotécnico;
- estudo comparativo e cumulativo de 3 séries de fotos, obtidas em coberturas de vôo executadas em anos diversos, com diferença na escala das fotos e na direção das faixas da série mais atual em relação às outras duas.

A análise detalhada e criteriosa da correspondência entre o conteúdo dos mapas e o registro fotográfico, com o reforço de dados obtidos no campo, possibilitou o estabelecimento de chaves de interpretação válidas para a área pesquisada. Dentre os detalhes informativos das fotos aéreas de significado para a região, distinguem-se: formas de relevo, tonalidades do registro fotográfico e padrões de sulcos devido à drenagem superficial.

5.4.2. Material Utilizado

A Tabela 5.5 resume o que foi usado das coberturas disponíveis de fotos.

CONTRATANTE	CONTRATADO	SERVIÇO	DATA DO VÔO	DIREÇÃO DE VÔO E ESCALA	FAIXAS E FOTOS USADAS
I A C - Instituto Agrônomico de Campinas	Geofoto	-	1962	E — W 1: 25.000	28 fotos em 04 faixas
I B C - Instituto Brasileiro do Café	F A B	Projeto 04 IBC-7	08/07/72	E — W 1: 25.000	45 fotos em 04 faixas
C E S P	Terrafoto	Obra 361	1979	NE — SW 1: 20.000	59 fotos em 06 faixas

Tabela 5.5. Material Fotográfico Utilizado

Quanto aos equipamentos, foram usados os seguintes:

- Estereoscópio de espelho TOPCON
- Estereoscópio de bolso D.V. Vasconcelos
- Aerosketchmaster CARL ZEISS-JENA
- Foto ampliador AVIOPRET APT - WILD

5.5. Levantamento de Campo

Foi realizado em duas fases distintas, caracterizadas por:

- 1ª) concentração da coleta de dados numa área-núcleo de pesquisa, com extensão de aproximadamente 60 km²;
- 2ª) campanha em toda a área de pesquisa, por roteiros selecionados, após uma primeira etapa da foto-interpretção.

A concentração de dados na primeira fase é devida principalmente a estes fatores:

- a) facilidade de acesso a toda uma variedade de informações, possibilitada pela quantidade maior de cortes, poços caseiros, fossas, sondagem de simples reconhecimento, poços tubulares e escavações de trincheiras;
- b) possibilidade de acompanhamento de obras referentes a fundações, super-estruturas de edificações, instalação de coletores e emissário de esgoto, canalização de córregos, abertura e asfaltamento de vias urbanas e duplicação de rodovias.

A primeira fase compreende a coleta de dados descritivos de coberturas inconsolidadas, de rocha alterada ou sã, anotações sobre escarificabilidade, graus de coerência e de fraturamento em maciços rochosos, medições do nível do lençol freático e amostragem de solo e rocha. As bases cartográficas para esse levantamento consistiram em folhas em escala 1:10.000.

A segunda fase, documentada em folhas em escala 1:10.000 e 1:25.000 e fotos aéreas em escala 1:20.000, teve como objetivo:

- a) resolução de dúvidas quanto a contatos de unidades de mapeamento;
- b) verificação da condição de escarificabilidade, tendo como referências as avaliações feitas a partir de amostras colhidas na primeira etapa;
- c) confirmação dos padrões de comportamento do lençol freático através de medições em locais selecionados;
- d) localização de amostras analisadas para fins de avaliação de fertilidade, com amostragem complementar;
- e) medições de declives de encostas, com uso de um clinômetro Sankyo.

5.6. Amostragens e Ensaios Executados

5.6.1. Procedimento para a Cobertura Inconsolidada

A amostragem visou a determinação de propriedades indiretas como índices físicos, distribuição granulométrica, limites de Atterberg e compactação através do ensaio Proctor normal. As amostras compuseram-se de 33 unidades, 11 delas localizadas junto a pontos de sondagem de simples reconhecimento. Amostras indeformadas foram extraídas em: 4 cortes ao nível de 3,50 m do topo do talude, aprofundados horizontalmente entre 0,50 m e 1,00 m; 2 poços, à profundidade de 3,00m aproximadamente. As Fotos 5.1 e 5.2 são referentes a esta coleta.



Foto 5.1. Coleta de amostra indeformada de Solo no depósito coluvial cenozóico - Amostra A 4/1 referida na tabela 5.9.



Foto 5.2. Coleta de amostra indeformada de Solo no depósito aluvial pré-atual - Margem do Córrego do Veado - Amostra A 5/3 referida na tabela 5.9.

Os ensaios, com possibilidades de resultados comparativos para algumas amostras, foram executados nos seguintes laboratórios de solos:

EESC / USP - índices físicos , massa específica de sólidos, distribuição granulométrica, Proctor normal;

CESP / Ilha Solteira - distribuição granulométrica , limites de Atterberg, massa específica de sólidos;

DER / Presidente Prudente - Proctor normal.

5.6.2. Procedimento para Rochas Sãs ou Alteradas

As amostras, num total de 156 unidades, destinaram-se a uma classificação e diferenciação por zonas, de acordo com o comportamento quanto à escavação ou à escarificação. Procedeu-se no laboratório de sedimentologia do Campus da UNESP de Presidente Prudente a uma determinação

de porcentagem de cimento e uma análise granulométrica. Para esta análise foram empregadas técnicas de peneiramento e pipetagem adaptadas de ensaios aplicados à pedologia.

5.7. Verificação do Comportamento do Lençol Freático

A profundidade do lençol freático foi medida em 597 pontos, através de 329 furos de sondagem de simples reconhecimento, 251 poços caseiros, 12 tubulões, 3 furos de trado e 2 cortes de ferrovia. Além destas medições no sub-solo, podem ser computadas as verificações "in loco" de 18 emergências naturais de água.

5.8. Informações sobre Índice de Resistência à Penetração

Compreendem os registros de 524 perfurações, assim distribuídas por procedência e finalidade:

- 452 - em 97 perfis da firma SOENVIL LTDA;
- 49 - em 15 perfis fornecidos por várias firmas;
- 23 - do DAEE para áreas próximas aos córregos do Veado e Limoeiro.

Todas as sondagens foram executadas de acordo com a norma NBR 6484/1980, divulgada pela ABNT (1980), obedecendo-se as seguintes especificações, entre outras: amostrador Terzaghi-Peck SPT, com diâmetros nominais interno 1,3/8" e externo 2" e martelo de 65 kg, com altura de queda de 0,75 m e índice N, equivalente à soma de golpes nos últimos 30 cm de cravação.

5.9. Outras Informações

Com referência à área pesquisada e adjacências, dispõe-se dos resultados de amostragem feita para o mapeamento pedológico, com uma coleção de 69 unidades, reunidas em 3 perfis de topo-sequência (IPEA-UNESP-Departamento de Ciências Ambientais; 1981). As amostras foram analisadas quanto à granulometria por técnicas específicas de peneiramento e pipetagem, recomendadas e explicadas em Day (1965). Conta-se, também, com referência a estas amostras, de análises quanto à fertilidade, executadas em Laboratório da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP.

Do mapeamento geomorfológico do Alto Santo Anastácio, podem ser incluídos como informações complementares os resultados de análise granulométrica referentes a 30 amostras de cobertura inconsolidada. Os procedimentos para estas análises foram baseados em técnicas e fórmulas propostas por Gibbs et alii (1971) e Schneider (1977), citados por Sudo (1981).

Ainda quanto à fertilidade, foram compilados os resultados de

análises de 45 amostras compostas de acordo com as recomendações de amostragem específica (Raij, 1981), tendo sido tomado o cuidado de localizá-las precisamente em mapas. Providenciou-se também a análise de 36 amostras pontuais, com o fim de complementar esta coleção de amostras-síntese.

Com respeito à classificação rodoviária de solos (HRB) são aproveitadas as informações do DER-SP/Regional de Presidente Prudente, referentes a 23 locais de amostragem, todos eles situados dentro da área de pesquisa.

5.10. Resultados da Pesquisa

5.10.1. Zoneamento Preliminar

Com respeito a unidades geotécnicas, na área pesquisada não são aplicáveis as recomendações do Guia Internacional da I.A.E.G., tal qual se resumem na Tabela 2.6. A delimitação de unidades geotécnicas é praticamente inviável na região, dada a variação faciológica da Formação Adamantina, que é muito grande. Os componentes característicos desta unidade estratigráfica encontram-se distribuídos por toda a área, sem localização preferencial de associações de fácies, não sendo possível também uma distinção de acordo com estruturas de origem tectônica ou de acordo com o estado do material rochoso. Algumas zonas de concentração de arenito ou siltito bem cimentados podem ser, no entanto, delimitados, como se menciona no item 5.10.

Usando-se como referência o modelo adotado, em sua aplicação à região de Bratislava, Tchecoslováquia, verifica-se a preferência nele por um zoneamento baseado em propriedades de maior importância para os objetivos de fundação. Neste zoneamento são incluídos os mais variados tipos de terreno: rochas cristalinas, sedimentos em geral, material de trítico recente, areias de origem eólica, sedimentos organógenos e aterros mal compactados. Uma importância grande no sentido negativo de aptidão é atribuída às vastas áreas de "bota-fora". Nesta categoria de terrenos impróprios à ocupação, merece uma restrição particular o lixo soterrado, não só pelo risco oferecido às estruturas a serem implantadas sobre ele, como pelo seu favorecimento à produção de gases insalubres e combustíveis, capazes de provocarem explosões.

Em outros exemplos de mapeamentos, as áreas de aterros, bem ou mal compactados, constituem zonas importantes a serem consideradas. Em Setúbal, Portugal, uma vasta área conquistada ao mar pelo homem, representa uma dificuldade relativamente grande de caracterização geotécnica, pelos seus padrões indeterminados de constituição (Coelho, 1980). Em Madri, Espanha, os entulhos, designados de "antrópicos", são considerados um dos maiores problemas em tudo o que importa nas obras de enge

nharia (Yague, 1986).

Nota-se nos exemplos citados, assim como em outros, que é válida a distinção em zonas representadas por diversos tipos de material, desde que elas signifiquem diferentes graus de influência num planejamento de ocupação do terreno.

Uma forma de diferenciar os materiais, observada em exemplos de mapeamento no Estado de São Paulo, é a representação da cobertura inconsolidada à parte do substrato rochoso. O caráter de rocha branda das camadas sedimentares e a nítida perda da sua resistência a níveis próximos da superfície dificultam o mapeamento de coberturas inconsolidadas. Neste caso, a distinção do que deve ser conceituado como "solo" ou como "rocha" é uma questão complexa.

De acordo com Vargas (1981), a definição de "solo" baseada no critério de escarificabilidade é adotada na engenharia com o significado de uma distinção preliminar, sem um fundamento geológico ou científico. Com o fim de ser usado como uma convenção prática, Terzaghi e Peck - (1948), citados por Koshima (1984); propõem a diferenciação entre solo e rocha com base na força de coesão determinada através de ensaios específicos. Aquelos autores reconhecem, no entanto, que a regra proposta por eles nem sempre na prática estabelece uma fronteira nítida entre os dois tipos de materiais.

De acordo com Monticelli (1986), especialmente em áreas de rocha sedimentar, a determinação de limites entre rocha e solo com base na escarificabilidade tem de ser encarada com reservas.

Devido às dificuldades da separação entre solo e rocha e de um mapeamento litológico de detalhe, optou-se na pesquisa por um zoneamento preliminar com base numa adequação à classificação de geofatores relacionados à natureza do terreno.

Deste modo, os depósitos coluviais cenozóicos identificam uma das unidades. Admite-se que em toda a área de pesquisa tais solos se mantêm uniformes com referência às suas características mais distintivas.

Na região também constituem uma zona bem definida os terrenos onde o manto de intemperismo não ultrapassa 0,60 m em espessura. Em termos pedológicos, estas coberturas delgadas devem ser classificadas como "solo imaturo" ou "litossolo". No mapeamento geológico-geotécnico da região urbana de Ribeirão Preto, é ressaltada a importância de solos deste tipo, os quais recebem a designação de "solos pouco desenvolvidos" (Seignmartin, 1979). Dentre as suas características principais como unidade pedológica, são distinguidas a inexistência de um perfil completo, a espessura reduzida e a semelhança nítida com o material de origem. Onde se encontra esta cobertura delgada de material inconsolidado, ela invariavelmente apresenta uma coloração parda característica, sobrepondo-se a uma camada de rocha alterada e intensamente fraturada. Sobre as fácies litoló

gicas mais arenosas, entre o nível de fragmentos e o solo superficial formada uma camada de nódulos ferríferos.

O mapeamento deve estabelecer uma separação também entre depósitos coluviais cenozóicos e os aluviões pré-atuais. Na área de pesquisa, estes depósitos são caracterizados por:

- ampla distribuição ao longo dos cursos d'água, aparecendo também em ravinas e nichos de nascentes;
- dimensão reduzida em direção perpendicular aos canais, comumente medindo menos do que 100 m entre sua maior distância do canal de um lado e o limite correspondente do lado oposto.

Outra classe de material que deve constar neste zoneamento são os aterros, especialmente os mal compactados. Nesta classe de unidades, incluem-se os rejeitos de indústrias madeireiras instaladas há mais de 20 anos, os depósitos de lixo soterrados, os aterros sanitários, áreas de "bota-fora" em geral e alguns aterros aparentemente estabilizados que interferem na drenagem natural do terreno.

Conforme o que foi exposto acima, o zoneamento preliminar distingue as seguintes classes de material:

- depósitos coluviais cenozóicos
- solos rasos
- aluviões pré-atuais
- aterros e "bota-foras"

5.10.2. Análise e Avaliação de Geofatores "A"

5.10.2.1. Sulcos Convergentes e Ravinas

O exame de fotos aéreas revelou-se de fundamental importância para o mapeamento dos sulcos. Sem a foto-análise, dificilmente seriam localizadas e delimitadas as zonas de ocorrência de fluxo convergente. A análise comparativa de um mapa geomorfológico baseado em cobertura de solo datada de 1957 e do registro das coberturas posteriores possibilita as seguintes constatações:

- em grande parte dos exemplos, estas feições estão associadas às nascentes dos córregos;
- a quantidade de sulcos cresceu principalmente entre 1972 e 1979;
- a interferência devida a trilhas de animais, estradas e divisas de propriedades é mínima na orientação geral dos sulcos;
- a extensão das zonas de fluxo convergente aumentou entre o período de 1962 a 1979;
- em alguns dos trechos de maior concentração do fluxo, a erosão evoluiu para o ravinamento, como é visível na foto 4.6.

- em áreas de cabeceira de erosão, localizadas na periferia da zona urbana, verificou-se um aumento da drenagem superficial, o qual acelerou o processo de erosão em sulcos;
- as áreas de riscos devidos aos sulcos convergentes devem estender-se até as bordas dos topos aplainados dos interflúvios.

Na maior parte da região pesquisada, a interferência do trato agrícola não tem alterado o padrão geral dos sulcos e nem refreado o processo erosivo identificado com eles.

Quanto às ravinas, é difícil a sua localização através das fotos aéreas, por elas se confundirem com os cursos d'água nas nascentes.

5.10.2.2. Boçorocas

A análise comparativa de fotos provenientes de coberturas de voo diferentes permitiu as seguintes observações sobre o fenômeno na área pesquisada:

- as boçorocas são incipientes, correspondendo a ravinas em estágio inicial de alargamento;
- o número de ocorrências aumentou de 1962 a 1979, embora o acréscimo se tenha dado em menor proporção do que no caso dos feixes de sulcos convergentes;
- as boçorocas registradas em todas as coberturas aparentemente já se estabilizaram, com exceção das duas localizadas nos arredores do aeroporto;
- a boçoroca do Distrito Industrial originou-se depois de 1979;
- nos exemplos analisados não se observa uma associação nítida, seja de desenvolvimento ou de localização, entre sulcos convergentes, ravinas e boçorocas.

As Fotos 5.3, 5.4 e 5.5, reproduzidas de fotos aéreas das tres diferentes coberturas de voo, fornecem uma idéia sobre a evolução do processo na área do Aeroporto.

Foto 5.3.
Reprodução de foto aérea
de 1962 - Aeroporto

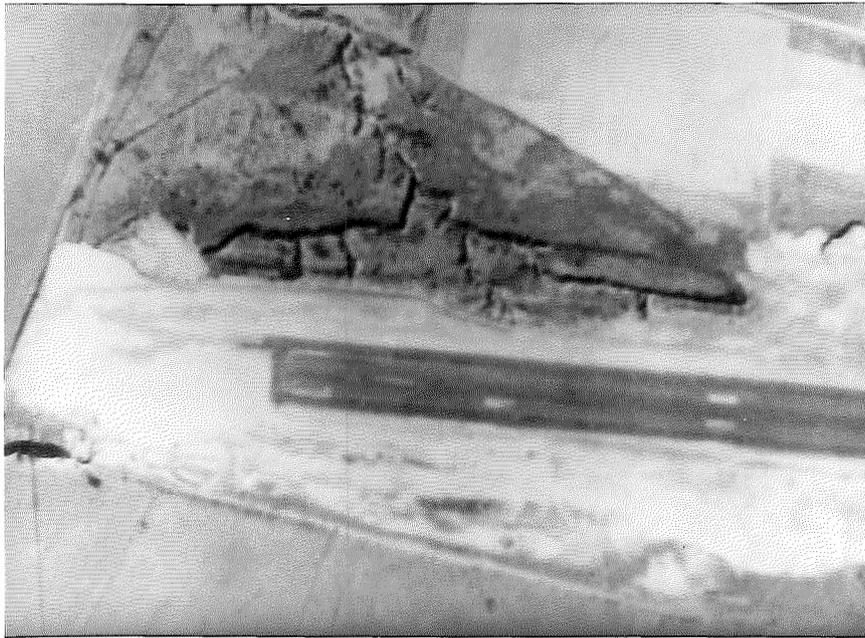
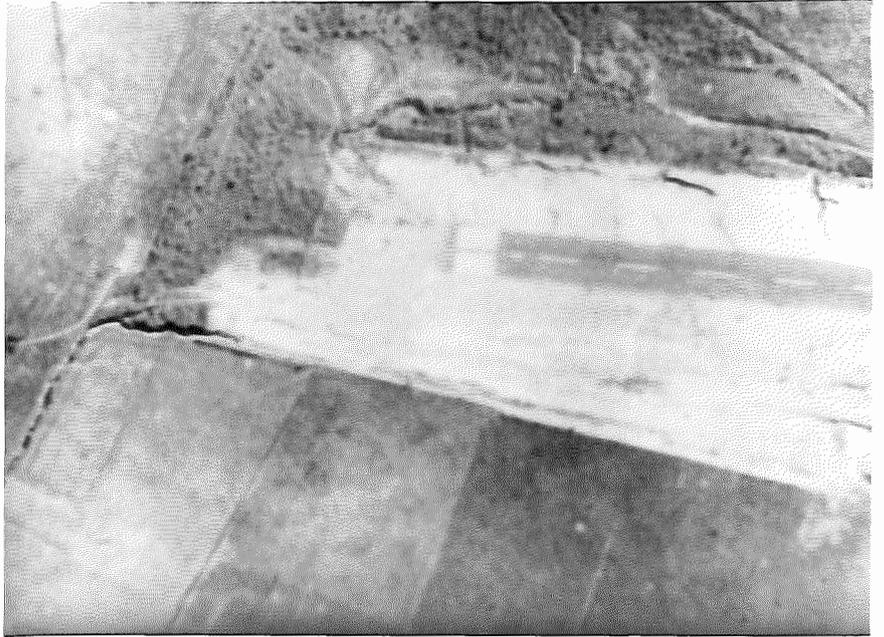
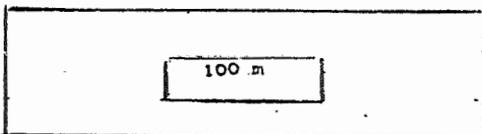


Foto 5.4.
Reprodução de foto aérea
de 1972 - Aeroporto

Foto 5.5.
Reprodução de foto aérea
de 1979 - Aeroporto



5.10.2.3. Classificação dos Geofatores "A"

Em proporção ao grau de risco, a classificação de geofatores na área pesquisada é feita de acordo com a Tabela 5.6.

CLASSE	TIPO DO GEOFATOR	SÍMBOLO NO MAPA
A I	a) sulcos não convergentes b) restrita desagregação de rochas e queda de blocos c) mínima probabilidade de boçorocas	- - -
A II	a) queda de blocos verificada b) escarpa com mais de 10m de altura com possibilidade de quedas de blocos c) presença de ravinas d) saias de aterros sujeitas a erosão ou instabilidade	g
A III	a) sulcos convergentes b) presença de boçorocas c) entulho em cabeceiras de erosão com espessura maior que 5 m	G

Tabela 5.6. Classificação dos Geofatores "A" na área de pesquisa

5.10.3. *Análise e Avaliação de Geofatores "B" de Limitações devidas a Propriedades de Rochas e Solos*

5.10.3.1. *Capacidade de Carga e aptidão para aterros*

A capacidade de carga de um solo é um atributo que, para ser avaliado, depende do tipo de estrutura a ser sobreposta e do tipo da fundação escolhida (Barata, 1984). Na prática, o que importa nos projetos é a capacidade de carga de uma dada fundação num dado terreno. A capacidade de carga é medida com base no limite suportável pelo elemento de fundação. Equivale à carga sobre este elemento que seja capaz de induzir em todos os pontos vizinhos uma tensão de cisalhamento igual à resistência ao cisalhamento do solo (Vargas, 1978). A vulnerabilidade do solo às rupturas nas proximidades de uma fundação sob carga é uma função da sua resistência ao cisalhamento. A capacidade de atrito ao longo de uma estaca, por exemplo, é proporcional ao coeficiente de atrito do solo onde ela é cravada.

Também pode ser entendido que um sistema de fundação é projetado com o fim de se evitarem recalques suficientemente grandes para danificarem a estrutura ou alterarem as suas funções (Lambe e Whitman, 1972). Os recalques estão relacionados principalmente a solos finos, devido à propriedade de adensamento.

A carga admissível é inferida pelo valor do recalque aceitável ou do fator de segurança adotada em função da tensão de ruptura.

No mapeamento geotécnico, com relação a fundações, independentemente das limitações do nível d'água, distinguem-se como atributos fundamentais os seguintes: compressibilidade, resistência ao cisalhamento, espessura do material inconsolidado e variações no perfil do solo (Zuquette, 1987).

As tabelas 5.7 e 5.8 distinguem as classes de terreno e a pressão admissível sob carga direta.

Com respeito aos atributos referentes a fundações, é discutível a definição de parâmetros para um zoneamento do terreno em "adequado", "razoável" e "inadequado". No entanto, como critério para o mapeamento geotécnico, podem ser adotados os valores de 0,1 MPa e 0,3 MPa para capacidade de carga admissível (no sentido de carga direta) que são limitantes entre as classes. Estes valores são os adotados no modelo aplicado à região de Bratislava, Tchecoslováquia.

GRUPO	SÍMB.	TIPO DE TERRENO	TENSÃO ADMISSÍVEL (kN/m ²)
ROCHAS	R	Rochas não fragmentadas de resistência baixa a elevada	>1000
SOLOS INCOERENTES	I1	Cascalhos e areias compactas	> 600
	I2	Cascalhos e areias de compactidade média	200 - 600
	I3	Cascalhos e areias soltas	200
	I4	Areias compactas	> 300
	I5	Areias de compactidade média	100 - 300
	I6	Areia solta	< 100
SOLOS COERENTES	C1	Argilas rijas e muito duras	300 - 600
	C2	Argilas duras	150 - 300
	C3	Argilas médias	75 - 150
	C4	Argilas moles	< 75
DEPÓSITOS DE VERTENTE	V	Variável	-
ATERROS	At	Variável	-

NOTA: Nos valores indicados para solos contou-se com sapatas de largura não inferior a 1m. O nível freático supôs-se a uma profundidade superior à largura da sapata.

Tabela 5.7. Possíveis valores de carga admissível sob carregamento estático vertical (Fonte: Anon, 1972 - Apud Zuquette, 1987).

CLASSE	SOLO	VALORES BÁSICOS (MPa)
1	Rocha sã, maciça, sem laminações ou sinal de decomposição.....	5
2	Rochas laminadas, com pequenas fissuras, estratificadas.....	3,5
3	Solos concrecionados.....	1,5
4	Pedregulhos e solos pedregulhosos, mal graduados, compactos.....	0,8
5	Pedregulhos e solos pedregulhosos, mal graduados, fofos.....	0,5
6	Areias grossas e areias pedregulhosas, bem graduadas, compactas.....	0,8
7	Areias grossas e areias pedregulhosas, mal graduadas, fofas.....	0,4
8	Areias finas e médias: Muito compactas.....	0,6
	Compactas.....	0,4
	Mediamente compactas.....	0,2
9	Argilas e solos argilosos Consistência dura.....	0,4
	Consistência rija.....	0,2
	Consistência média.....	0,1
10	Siltes e solos siltosos: Muito compactos.....	0,4
	Compactos.....	0,2
	Mediamente compactos.....	0,1

Tabela 5.8. Pressões admissíveis (Fonte: ABNT-NBR 6 122 - in Zuquette, 1987).

Na Tabela 5.9, resultados de ensaios de índices físicos referem-se a amostras de solos coluvial e aluvial.

AMOSTRA	PROF. (m)	DESCRIÇÃO		ρ_s (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	w (%)	ρ_d	e	S _r (%)	n (%)	w _{ot} (%)	ρ_{dot} (g/cm ³)	CLASSIFICAÇÃO	N _{SPT} (30cm)
A1/1	2,90 a 3,40	CORTE FACE SUL	areia fina, cor vermelha escura, orifícios esparsos	2,71	1,70	9,00	1,55	0,74	32,95	42,52	13,2	1,85	SC	
A4/1	3,10 a 3,50	CORTE FACE SUL	areia fina, cor vermelha alaranjada, pegajosa, nódulos ferruginosos	2,75	1,53	9,27	1,40	0,96	26,55	48,97	12,0	1,91	SC	
A5/3	3,10 a 3,50	CORTE FACE SUL	aluvião, cor preta, pegajoso, muitas trincas, raízes finas	2,70	1,95	21,88	1,59	0,70	84,39	41,18	11,5	1,85	OL	1
A11/1	2,80 a 3,10	POÇO IPEA	areia fina, vermelha escura, muitos orifícios	2,75	1,48	9,30	1,35	1,03	24,83	50,74	12,2	1,88	SC	
A15/1	2,70 a 3,00	POÇO	areia fina, cor vermelha escura, orifícios	2,75	1,52	6,40	1,42	0,94	18,72	48,45	12,0	1,89	SC	3
A18/1	3,20 a 3,60	CORTE FACE NORTE	areia enrijecida, cor alaranjada, poucos orifícios, sem raízes	2,71	1,71	5,40	1,62	0,67	21,84	40,12	9,6	1,91	SC	

SÍMBOLOS

ρ_s = massa específica de sólidos
 ρ = massa específica do solo
w = teor de umidade
 ρ_d = massa específica seca
e = índice de vazios
S_r = grau de saturação
n = porosidade
w_{ot} = umidade ótima (proctor)
 ρ_{dot} = massa específica seca ótima

Tabela 5.9. Resultados de determinação de índices físicos

As Tabelas 5.10, 5.11 e 5.12 reúnem dados de análise granulométrica e de limites de Atterberg, para amostras de solo coluvial, solo residual e solo aluvial.

AMOSTRA	PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO ARNT (%)					CLASSIFICAÇÃO MIT (%)					= 200 (%)	LIMITES			COMPACTADO (PROCTOR NORMAL)		CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA	N _{SPT} (30cm)
		ARGILA (mm) 0,005	SILTE (mm) 0,005 a 0,075	AREIA		ARGILA (mm) 0,002	SILTE (mm) 0,002 a 0,06	AREIA			LL		LP	IP	w _{ot} (%)	dot (%)			
				TOTAL	FINA (mm) 0,05 a 0,42			TOTAL	FINA (mm) 0,06 a 0,02	MÉDIA (mm) 0,02 a 0,6									
A1/1	2,70 a 3,00	18	5	77	77	16	11	73	66	7	69	26	15	11	13,2	1,85	SC		
A2	0 a 1,90	23	10	67	67	22	14	64	62	2	57	24	16	8	11,5	1,93	SC		
A3/1	1,00 a 2,00	20	6	74	74	18	11	71	55	16	66	26	15	11			SC		
A4/1	3,10 a 3,50	19	7	74	74	18	10	72	64	8	68	27	16	11			SC		
A7/1	1,00 a 4,00	21	8	71	71	20	12	68	61	7	63	26	15	11			SC		
A7/2	4,00 a 4,50	19	6	75	75	17	11	72	59	13	66	24	15	9	12,0	1,93	SC		
A7/3	4,50 a 6,00	19	6	75	75	16	14	70	53	17	65	25	15	10	11,9	1,92	SC		
A8/1	0 a 1,60	29	12	58	58	26	19	55	53	2	47	31	19	12	14,7	1,87	SC - CL	2	
A8/2	1,00 a 1,50	27	11	62	62	25	17	58	56	2	52	30	18	12			SC - CL	3	
A9/1	1,00 a 1,50	24	6	70	70	23	9	68	60	8	63	25	15	10			SC		
A10	2,00	23	6	71	71	22	11	67	66	1	62	25	16	9	11,9	1,92	SC	6	
A11/1	2,80 a 3,10	20	6	74	74	18	11	71	69	2	66	31	18	13	12,2	1,88	SC	5	
A12	1,00 a 1,50	25	10	65	65	24	14	62	61	1	63	35	9	16	13,5	1,83	SC	2	
A13	1,00 a 2,00	22	9	69	69	21	13	66	64	2	58	32	18	14	13,0	1,85	SC	3	
A14	0,50 a 1,50	23	8	69	69	21	13	66	64	2	62	32	19	13	13,4	1,87	SC	2	
A15/1	2,70 a 3,00	22	8	70	70	21	12	67	61	6	62	26	16	10	12,0	1,89	SC	3	
A15/2	3,00 a 4,50	22	6	72	72	22	8	70	60	10	65	28	16	12	13,3	1,87	SC	4	
A16/1	0 a 1,00	26	8	66	66	24	13	63	59	4	59	30	17	13	12,5	1,92	SC	2	
A16/2	1,00 a 2,00	26	7	67	67	25	10	65	62	3	60	28	16	12	12,9	1,89	SC	3	
A17/1	0,50 a 1,50	25	12	63	63	25	16	59	57	2	52	33	18	15	12,9	1,88	SC	2	
A17/2	1,50 a 2,50	30	12	58	58	27	19	54	50	4	47	36	20	16			SC	4	
A18	3,20 a 3,60	16	6	78	78	15	10	75	65	10	71	23	15	8			SC		

Tabela 5.10. Resultados de análise granulométrica e de limites de Atterberg para solo coluvial

AMOSTRA	PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO ABNT (%)				CLASSIFICAÇÃO MIT (%)					= 200 (%)	LIMITES			COMPACTADO (PROCTOR NORMAL)		CLASSIFI- CAÇÃO	N ^o SPT (30cm)	
		ARGILA (mm) 0,005	SILTE (mm) 0,005 a 0,05	AREIA		ARGILA (mm) 0,002	SILTE (mm) 0,002 a 0,06	AREIA				0,075 (mm)	LL	LP	IP	v _{ot} (%)			dot (%)
				TOTAL	FINA (mm) 0,05 a 0,42			TOTAL	FINA (mm) 0,06 a 0,62	MÉDIA (mm) 0,2 a 0,6									
A1/2	6,50 a 7,00	19	14	67	67	14	23	63	59	4	51	33	19	14	12,8	1,81	SC-CL		
A1/3	7,00 a 8,00	10	4	86	86	7	9	84	76	8	82	-	-	-	13,7	1,83			
A3/2	3,50 a 4,00	18	3	79	79	15	8	77	60	17	75	26	16	10			SC		
A6	1,00 a 1,50	15	4	81	81	15	8	77	60	17		-	-	-	9,6	1,91		5	
A7/4	6,00 a 7,00	21	14	65	65	18	21	61	56	5	54	29	17	12	12,8	1,85	SC		
A7/5	7,00 a 8,00	31	8	61	61	28	13	59	55	4	54	33	19	14	16,5	1,79	SC		
A9/2	9,00 a 11,00	26	7	67	67	24	12	64	61	3	59	35	20	15	14,5	1,82	SC		
A10/2	3,00 a 3,50	18	6	76	76	17	11	72	66	6	67	27	24	3	11,9	1,88	SC		
A11/3	4,00 a 5,50	20	12	68	68	17	23	60	56	4	47	34	19	15	12,5	1,93	SC-CL		

Tabela 5.11. Resultado de análise granulométrica e de limites de Atterberg para solo residual

AMOSTRA	PROF. (m)	CLASSIFICAÇÃO ABNT (%)				CLASSIFICAÇÃO MIT (%)					= 200 (%)	LIMITES			COMPACTADO (PROCTOR NORMAL)		CLASSIFI- CAÇÃO	N ^o SPT (30cm)	
		ARGILA (mm) 0,005	SILTE (mm) 0,005 a 0,05	AREIA		ARGILA (mm) 0,002	SILTE (mm) 0,002 a 0,06	AREIA				0,075 (mm)	LL	LP	IP	v _{ot} (%)			dot (%)
				TOTAL	FINA (mm) 0,05 a 0,42			TOTAL	FINA (mm) 0,06 a 0,62	MÉDIA (mm) 0,2 a 0,6									
A5/1	1,00 a 2,80	6	6	88	88	5	11	84	78	6	77	-	-	-	11,6	1,82		3	
A5/2	2,80 a 3,10	21	8	71	71	21	11	68	61	7	64	26	14	12	11,5	1,85		0	
A5/3	3,10 a 3,50	24	13	63	63	20	24	56	48	8	49	26	18	8			OL	0	

Tabela 5.12 Resultado de análise granulométrica e de limites de Atterberg para solo aluvial.

As Figuras 5.1 e 5.2 representam a distribuição granulométrica para o solo coluvial, com base nos resultados da Tabela 5.10.

A comparação das curvas das Figuras 5.1 e 5.2 com os gráficos das Figuras 5.3 e 5.4, relativos a amostras do levantamento geomorfológico da Bacia do Alto Santo Anastácio, mais um confronto com a representação da Figura 5.5, baseada em amostras do mapeamento pedológico, ressaltam a predominância da fração arenosa fina e a má graduação deste tipo de solo.

Na Figura 5.6, referente a aluviões, as curvas obtidas a partir de ensaios realizados em laboratório da CESP são comparadas aos gráficos fornecidos por dados do mapeamento pedológico, neste caso restritos a solo hidromórfico.

Nas curvas da Figura 5.7, pode-se observar a semelhança da distribuição granulométrica referente a solos residuais com os padrões determinados para solos coluviais e solos litólicos. Com relação a estes últimos, classificados no mapeamento geotécnico como "solos rasos", resultados de amostragem dos levantamentos geomorfológico e pedológico estão representados nas curvas da Figura 5.8.

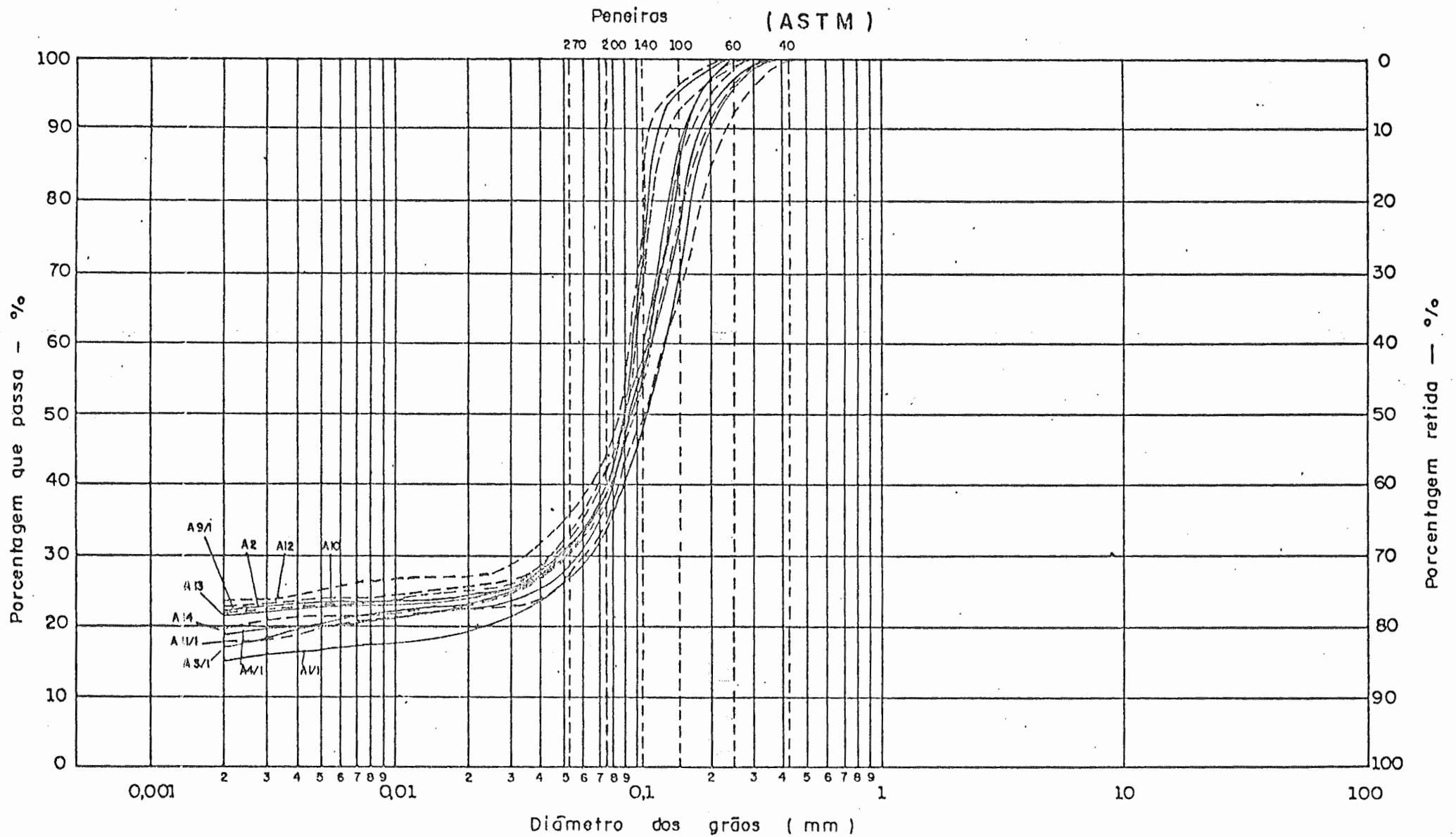
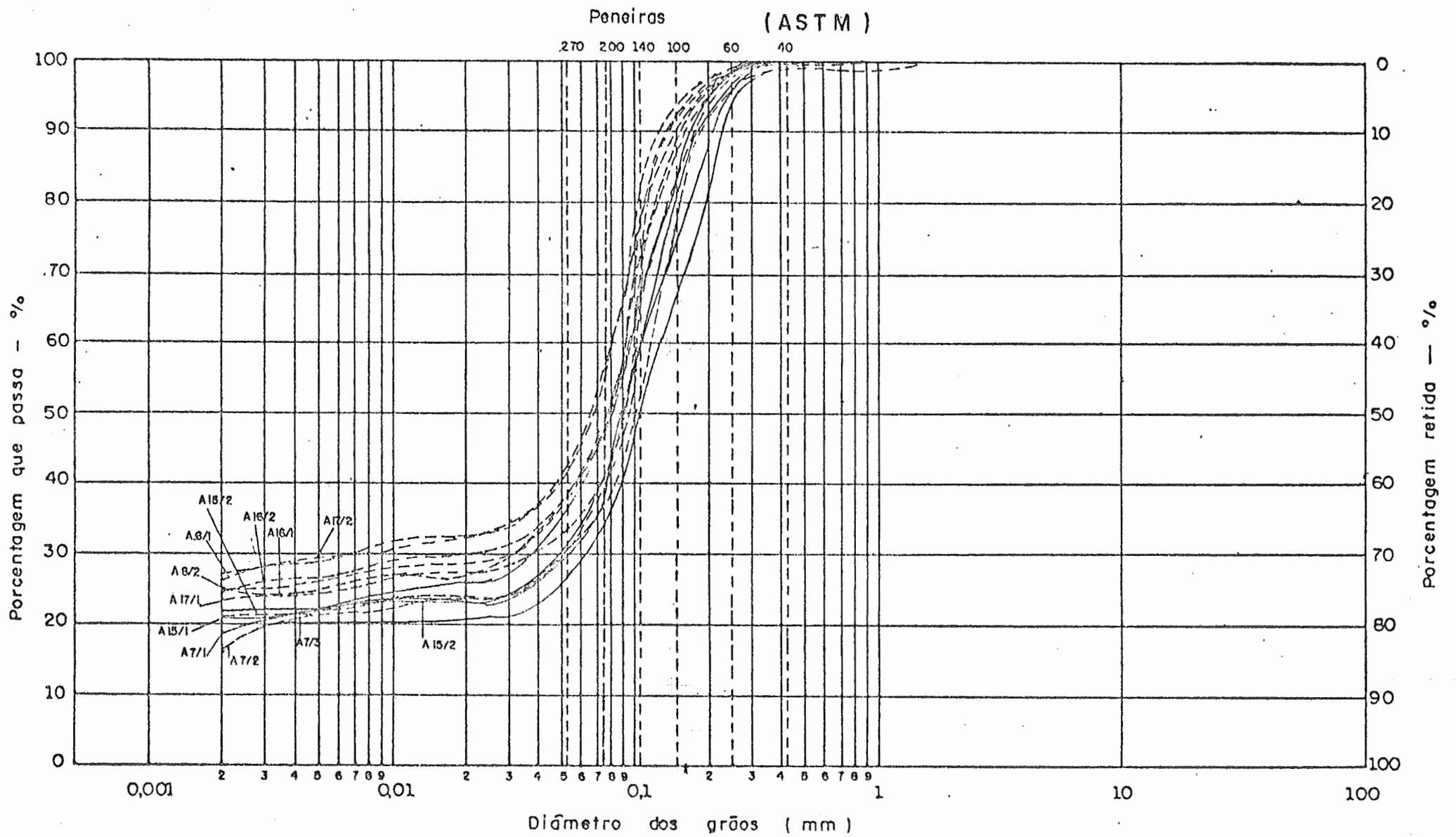


Figura 5.1: Distribuição granulométrica do solo coluvial cenozóico para 10 unidades de amostra



legenda

profundidade inferior a 2,00 m. - - - - -
" " superior a " " - - - - -

Tabela 5.2: Distribuição granulométrica para 12 amostras de solo coluvial

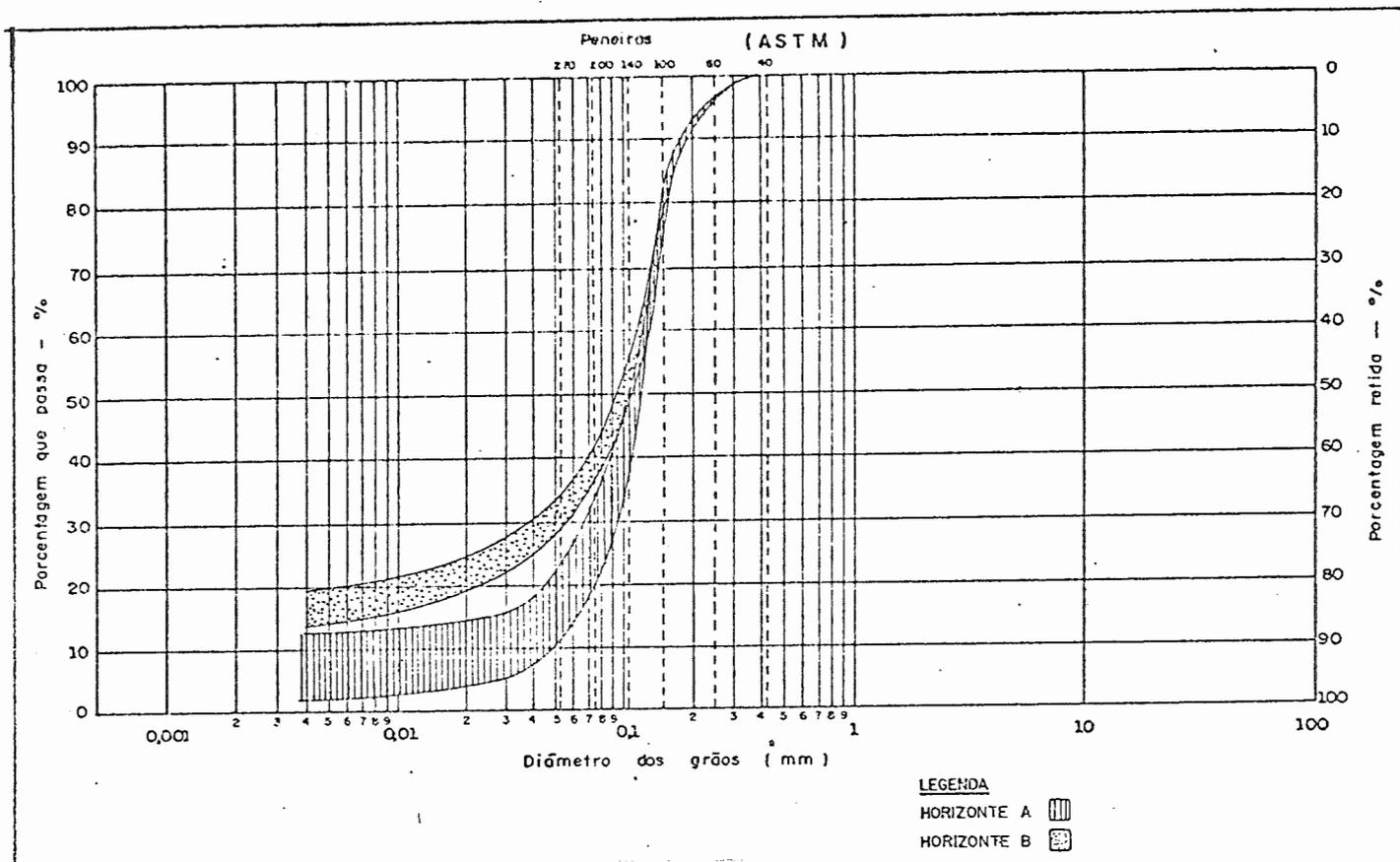


Figura 5.3: Distribuição granulométrica para solo podzólico de Lins e Marília em interflúvios colinosos - a partir de levantamento geomorfológico

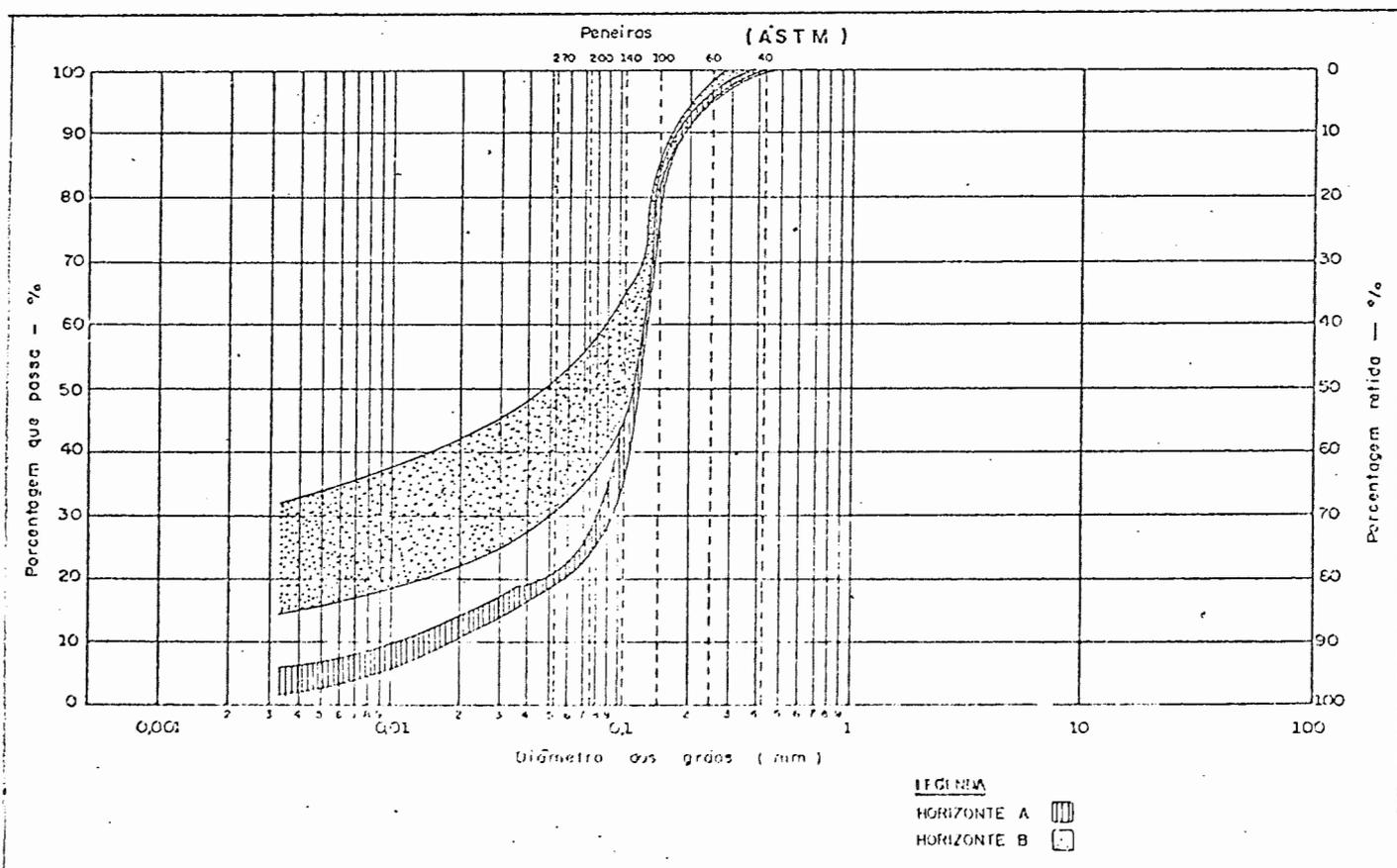


Figura 5.4: Distribuição granulométrica para solo podzólico de Lins e Marília em terraços estruturais a partir de levantamento geomorfológico.

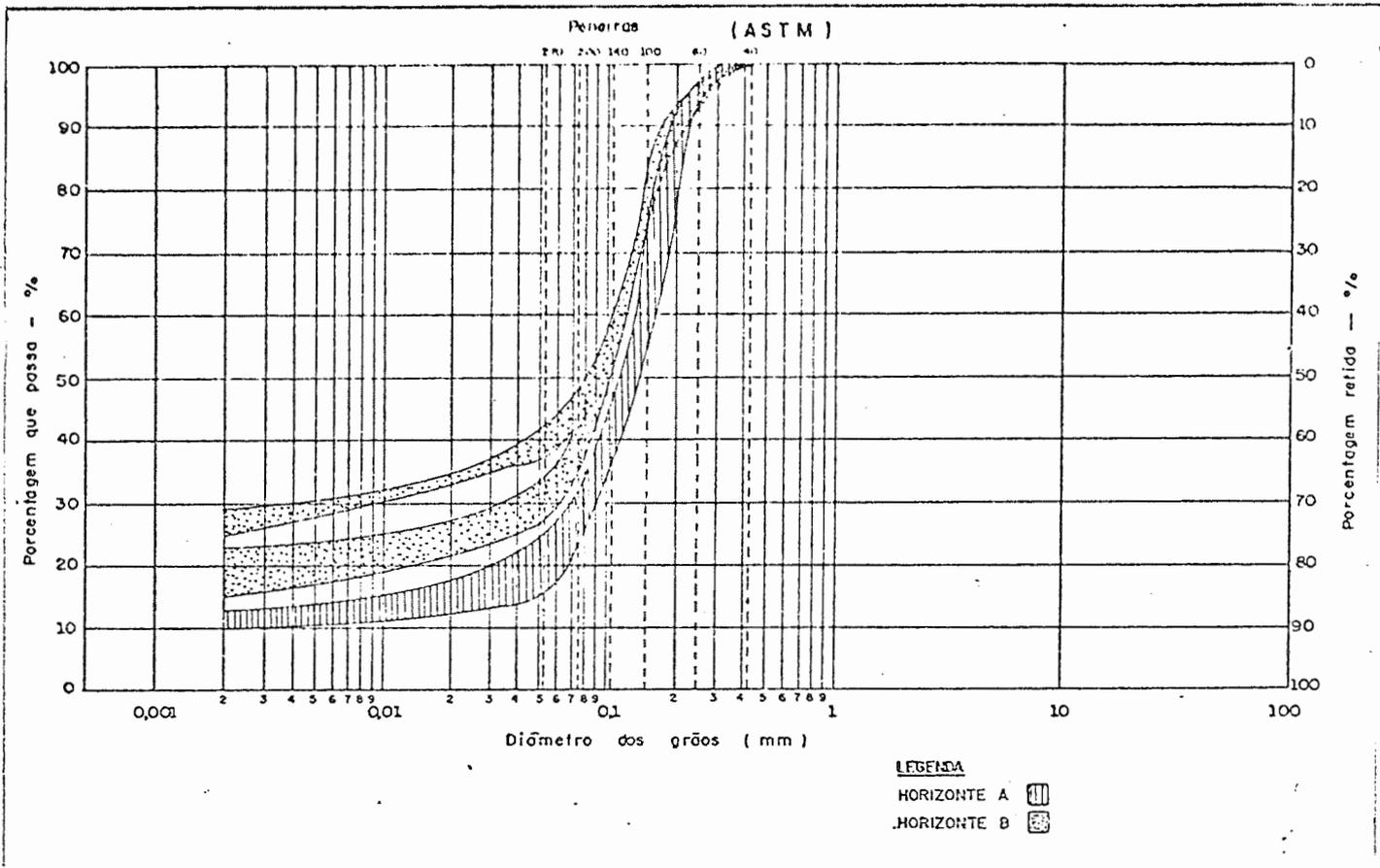


Figura 5.5: Distribuição granulométrica para solo podzólico a partir de mapeamento pedológico

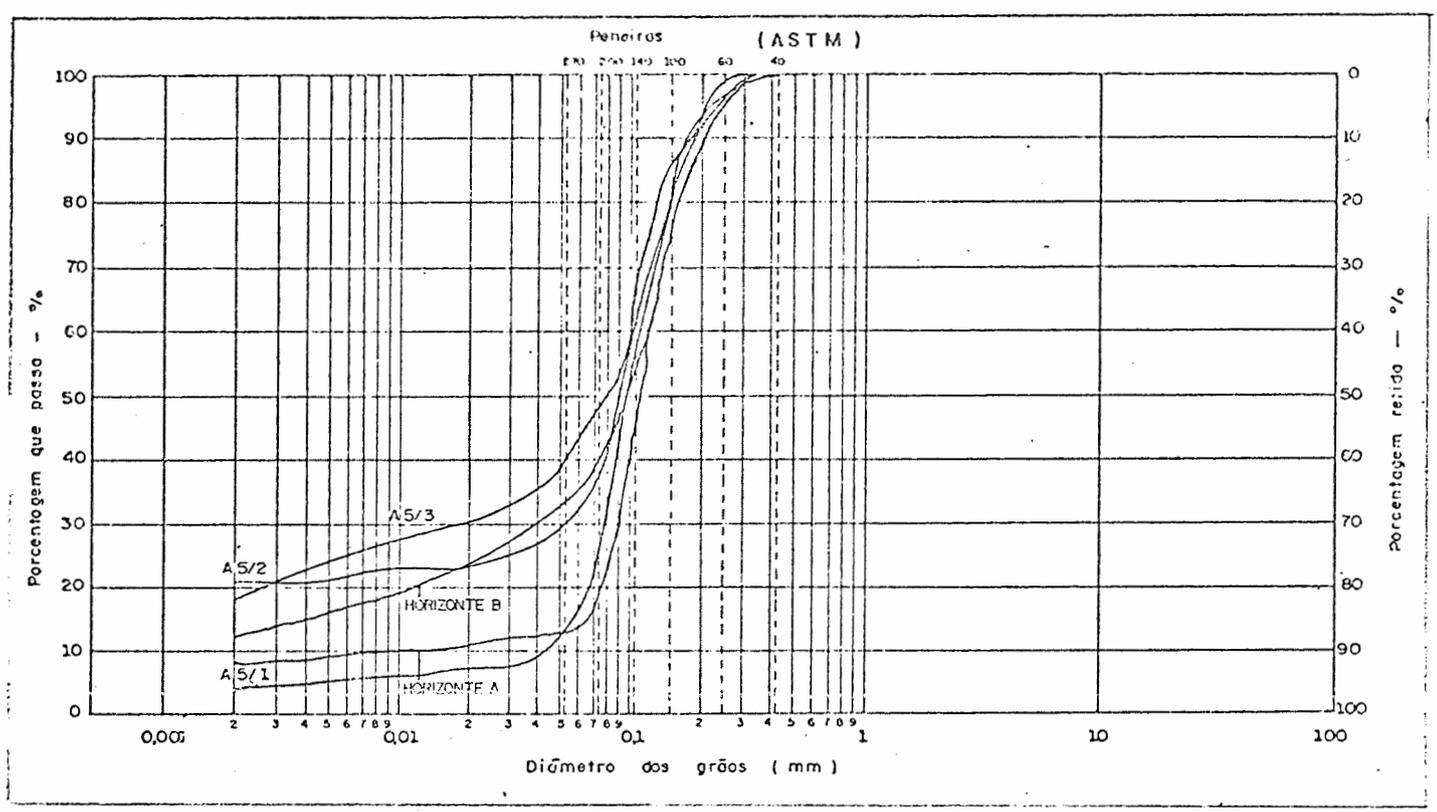


Figura 5.6: Distribuição granulométrica referente a aluvião e a solo hidromórfico.

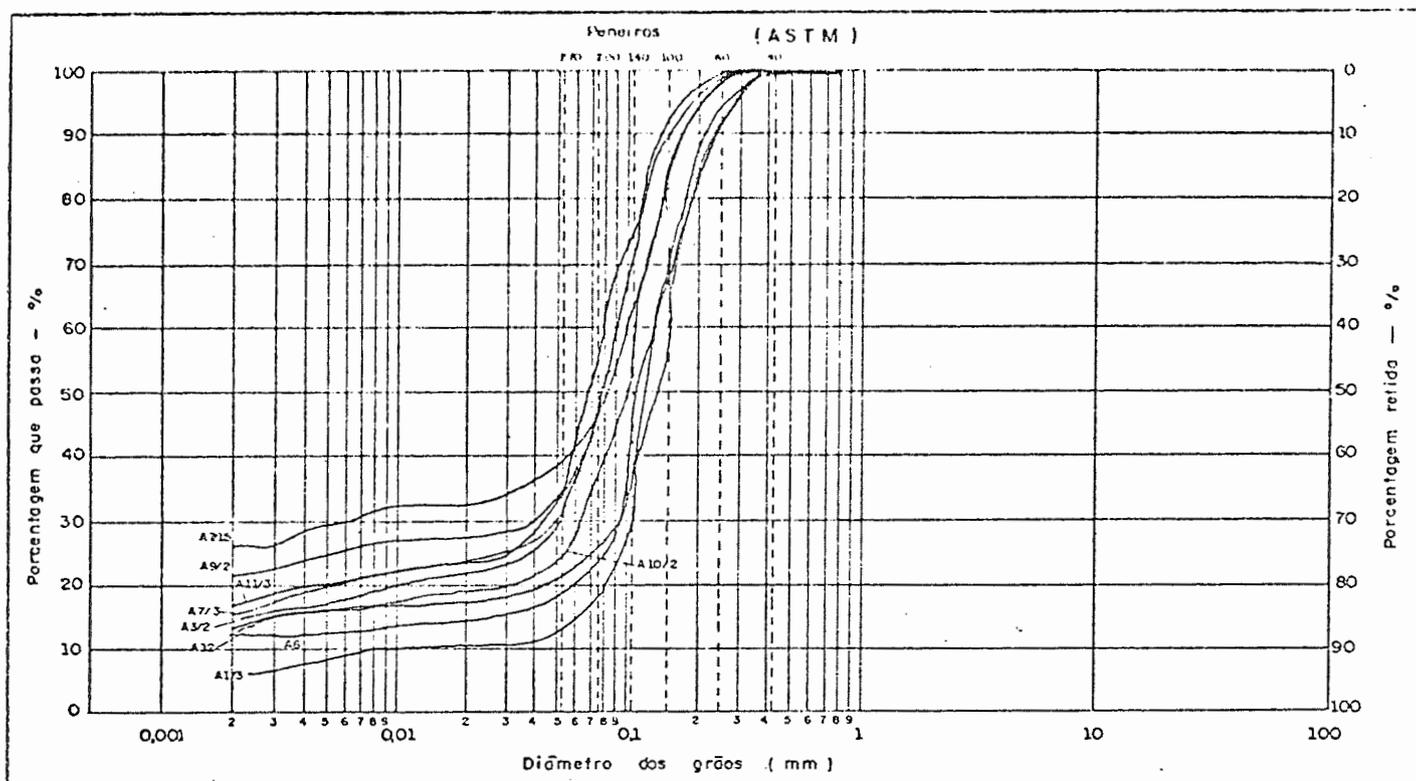


Figura 5.7: Distribuição granulométrica para solos residuais da Formação Adamantina

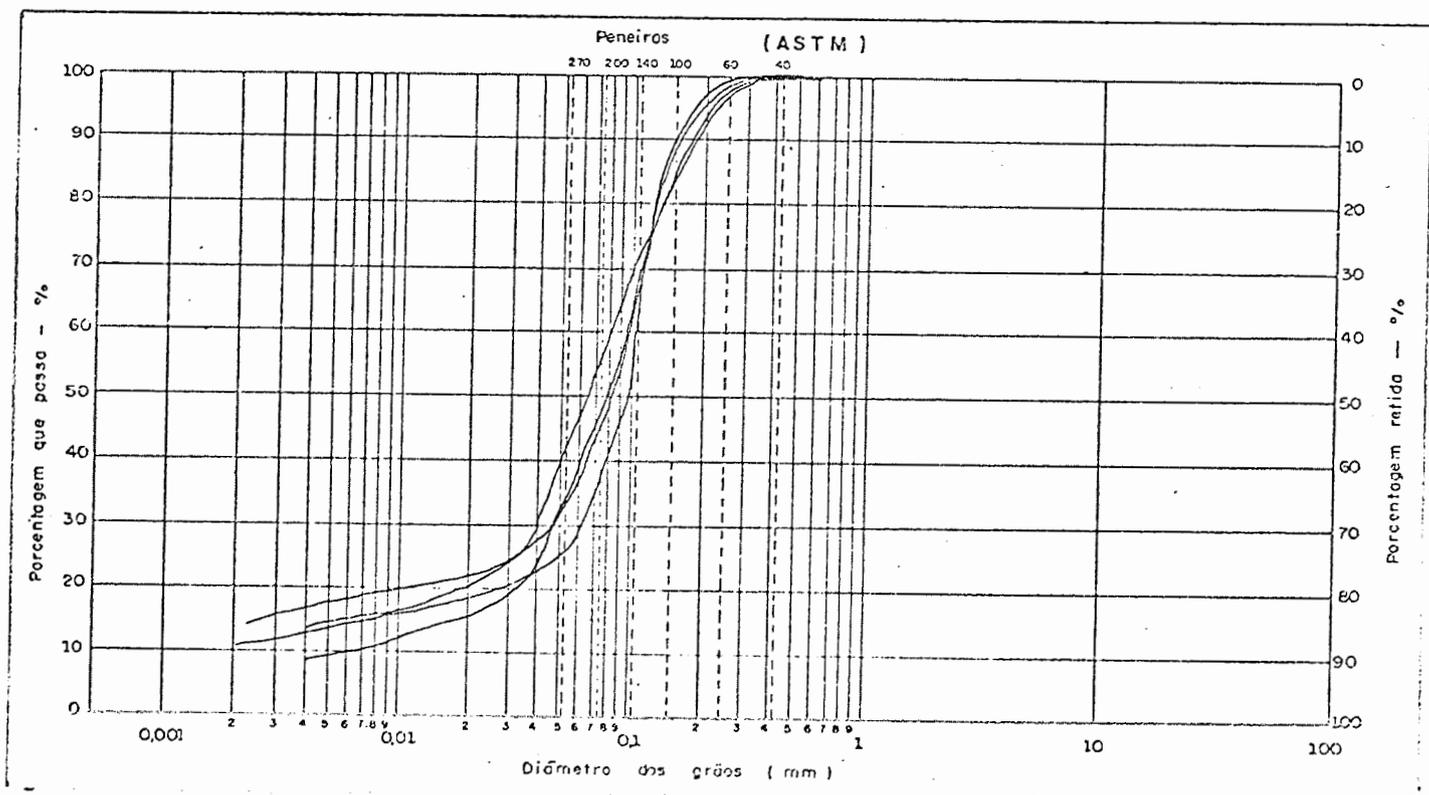


Figura 5.8: Distribuição granulométrica para solos litólicos a partir do levantamento geomorfológico e do mapeamento pedológico.

Na Figura 5.9., os valores obtidos em ensaios para limites de Atterberg estão localizados numa carta de plasticidade.

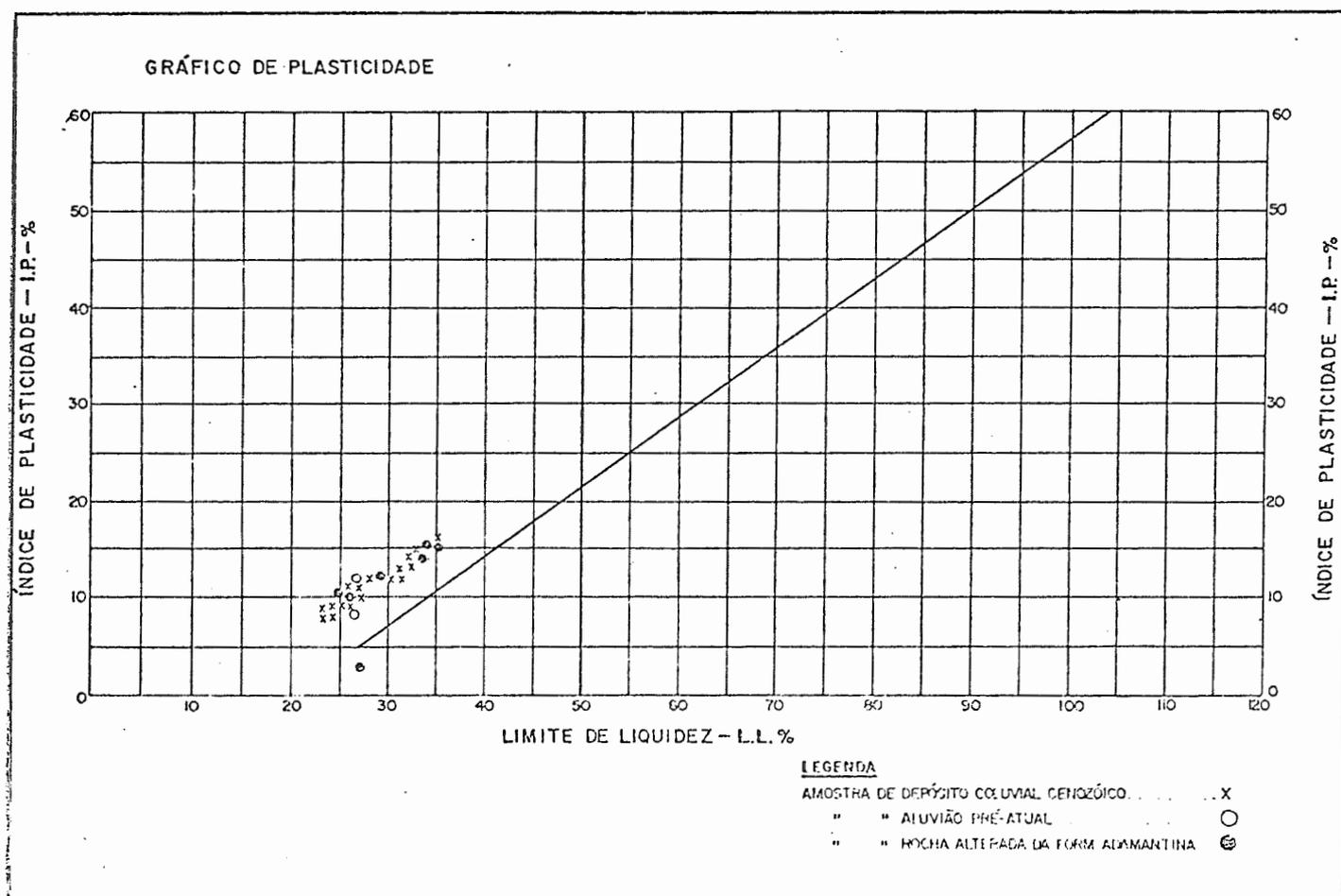


Figura 5.9: Comparação de resultados de ensaios para limites de Atterberg - Solos coluvial, aluvial e residual

A Tabela 5.13 reúne os dados fornecidos pelo laboratório do D.E.R. de Presidente Prudente. Observa-se por estes dados a característica de predominância de areia fina no solo coluvial, assim como a sua aptidão para aterros e pavimento rodoviário.

Com relação ao solo coluvial, os resultados da investigação "in loco" e dos ensaios de laboratório permitem as seguintes constatações:

- espessura irregular, condicionada às variações topográficas e às irregularidades do contacto inferior, com valores mais comuns entre 2,00 m e 4,00 m, ultrapassando 7,00 m em áreas restritas dos topos aplainados dos interflúvios mais extensos;
- uniformidade granulométrica, constituição areno-argilosa, graduação má, predominância de areia fina (escalas ABNT e MIT); plasticidade baixa no geral;
- porcentagem de argila ligeiramente maior entre 0,50 m e 2,00 m de profundidade, provavelmente devido a fatores de pedogênese;

- valores de médio a alto para a porosidade (n) e índice de vazios (e), com uma discrepância para menos no índice de vazio ($e = 0,67$) e na umidade ($w = 5,40\%$) em uma amostra retirada em locais de enrijecimento do solo por crostas cimentantes;
- predominância das classes SC, com poucas variações para SC - CL, deduzindo-se por esta classificação uma qualidade de boa trabalhabilidade como material de construção, assim como uma compressibilidade baixa;
- boa aptidão para material de aterro.

Quanto ao solo residual, as características deduzidas são:

- semelhança textural com o depósito coluvial cenozóico;
- plasticidade e compressibilidade baixas;
- menor uniformidade granulométrica em comparação com o solo coluvial, provavelmente devido à heterogeneidade litológica da Formação Adamantina.

Nº AMOSTRA	PROF. (m)		GRANULOMETRIA (porcentagem que passa)				LIMITES (%)			CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO PROCTOR			
	DE	ATÉ	2,00 (mm)	0,42 (mm)	0,15 (mm)	0,75 (mm)	LL	LP	IP	HRB	IG	NORMAL		ESPECIAL	
												Ds MAX (g/cm³)	W _{ot} (%)	Ds MAX (g/cm³)	W _{ot} (%)
C 1	0,50	3,00	100	100	65	33	20	17	3	A-2-4	0	1,98	11,5	2,10	9,6
C 2			100	100	74	37	23	19	4	A-4	0				
C 3	0,50	3,00	100	100	74	38	22	18	4	A-4	0	1,92	12,9	2,05	10,3
C 4	0,50	3,00	100	100	63	34	-	-	NP	A-2-4	0	1,95	11,5	2,05	9,3
C 5			100	100	91	46	23	19	4	A-4	1				
C 6	0,50	3,00	100	100	90	47	22	19	3	A-4	0	1,91	12,0	2,01	10,3
C 7			100	100	85	45	25	14	11	A-6	2				
C 8			100	98	79	50	22	15	7	A-4	2				
C 9			100	100	86	42	20	17	3	A-4	0				
C 10			100	100	92	54	28	17	11	A-6	3				
C 11	0,50	3,00	100	100	69	30	21	16	4	A-2-4	0	1,83	14,7		
C 12			100	100	89	45	24	18	6	A-4	1				
C 13	0,50	3,00	100	100	75	36	23	15	8	A-4	0	1,93	11,2	2,06	9,5
C 14	0,50	3,00	100	100	72	35	22	20	2	A-2-4	0	1,93	12,8	2,02	11,0
C 15/1			100	99	79	44	23	17	6	A-4	1				
C 15/2			100	99	85	47	23	18	5	A-4	1				
C 15/3			100	99	85	51	25	16	9	A-4	2				
C 16			100	100	83	39	21	16	5	A-4	0				
C 17			100	100	82	37	22	17	5	A-4	0				
C 18			100	100	74	40	22	16	6	A-4	0				
C 19			100	98	70	30	21	16	5	A-2-4	0				
C 20			100	99	75	36	23	15	8	A-4	0				
C 21			100	98	72	35	20	16	4	A-2-4	0				

Tabela 5.13: Informações do DER referentes a solos do Município de Presidente Prudente - SP.

A Tabela 5.14 resume a distribuição dos valores de N e das sondagens de simples reconhecimento até 5,00 m de profundidade, de acordo com a localização das perfurações em solo coluvial ou solo raso (litológico). Este cálculo simplificado de frequências baseou-se no resultado de 1452 m de perfurações em solo coluvial e 180 m em solo raso. Tomando-se por base a Tabela de correlações 5.15, deve-se classificar o solo coluvial como fofo a pouco compacto.

CATEGORIA	VALOR DE N						
	TIPO DE SOLO	50	40-50	30-40	20-30	10-20	10
Coluvial Cenozóico		2,1%	1,0%	2,1%	2,4%	6,2%	86,2%
Raso		34,3%	10,5%	7,7%	11,3%	14,0%	22,2%

Tabela 5.14: Distribuição em porcentagem de valores de N_{SPT} para solo coluvial e solo raso.

Solo	Índice de Resistência à Penetração	Designação
Arcias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5-10	Pouco compacta(o)
	11-30	Medianamente compacta(o)
	31-50	Compacta(o)
	> 50	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3-4	Mole
	5-8	Média(o)
	9-15	Rija(o)
	16-30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)

Tabela 5.15: Designações correlacionadas a índices de resistência à penetração, de acordo com Terzaghi - Peck - Standard Penetration Test (Fonte: Lima, 1980).

O exame dos registros de sondagem e dos perfis traçados de acordo com eles, possibilitou as seguintes constatações válidas para os depósitos coluviais cenozóicos:

- valores de N entre 2 e 7, aumentando gradualmente neste intervalo, conforme a profundidade;
- variação abrupta ou gradual a partir do limite admitido de $N=7$, em dependência da espessura do solo residual, da proximidade do nível freático e da constituição do substrato.

Para os solos rásos, os resultados de sondagens de simples conhecimento de modo geral mostram um nível de valores próprios de solos aptos para fundações diretas, de acordo com as regras mais usuais para cálculos de fundações resumidas em Alonso (1983) e Barata (1984). Neste tipo de terreno em geral, várias edificações de porte diverso assentam-se sobre fundações rasas. Os valores de índice de resistência à penetração, embora muito variáveis, indicam uma profundidade pequena para o impenetrável em comparação com os terrenos recobertos pelo solo coluvial.

Quanto ao solo coluvial, um relatório sobre ensaios SPT executados em 23 furos contém descrições pormenorizadas sobre estes depósitos aluviais (DAEE, 1985). O levantamento referente a pontos localizados à beira dos córregos do Veado e Limoeiro, vale como uma síntese quanto às características de interesse para o mapeamento geotécnico dos aluviões pré-atuais encontrados na área da pesquisa. A Tabela 5.16 resume os dados do relatório.

TIPO DE MATERIAL	espessura		frequência nos furos	índice N/SPT	
	intervalo	média		intervalo	média
entulhos	1,30 m a 3,45 m	2,43 m	6	1 a 5	2,3
colúvio	0,80 m a 3,00	1,88 m	7	0 a 7	1,8
areia branca a cinza clara	0,53 m a 6,00 m	2,92 m	8	0 a 8	3,0
areia argilosa, fofa, branca ou cinza esverdeada	1,00 m a 1,85 m	1,34 m	4	0 a 6	3,5
areia fofa, parda, cinza escura ou preta	0,70 m a 4,03 m	1,77 m	9	0 a 4	2,3
argila cinza amarelada ou esverdeada	0,50 m a 4,00 m	1,82 m	4	0 a 5	2,4
argila cinza ou marrom escura ou preta	1,00 m a 4,11 m	3,07 m	11	0 a 3	0,7

Tabela 5.16: Resumo de dados do Relatório DAEE/DTLE/1985, referente a material aluvial com presença secundária de colúvio e aterro sobrepostos.

De acordo com os perfis apresentados no relatório, a espessura média do sedimento aluvial ou colúvio-aluvial, descontando-se as camadas de entulhos, é calculada em 5,60 m.

De modo geral, as camadas de cor mais escura e mais ricas em argila jazem abaixo de estratos mais arenosos. Em algumas faixas marginais aos córregos, estes depósitos mais argilosos caracterizam-se pela regularidade na sua presença, alcançando extensões de mais de 300 m.

Do relatório vale destacar, nos registros de resistência à penetração, a alta frequência do valor de N igual a zero. De um total de 93 unidades referentes ao aluvião, 17 apresentam valor nulo, o que significa uma frequência de 18,3% para este valor de índice.

A Tabela 5.16 contribui para uma interpretação das características dos solos aluviaes em termos de limitação a fundações. Pelos valores de espessura e de N obtidos, depreende-se que as condições são pouco favoráveis à maioria dos tipos de fundação.

Com referência aos aterros, no mapeamento constam de preferência aqueles mal compactados, entulhos de toda espécie de material e "lixões" enterrados. Devem ser considerados de modo geral como impróprios a fundações.

5.10.3.2. Resistência à escavação - escavabilidade e escarificabilidade

As normas brasileiras DNER - ES - T - 03 - 70 para operações de corte em rodovia estabelecem um critério de classificação segundo o qual se distinguem estas categorias de materiais:

- material de primeira: escavável sem uso de ríper;
- material de segunda : escavável com auxílio de ríper e limitado uso de explosivo;
- material de terceira: exige o desmonte a explosivo.

Estas normas também especificam algumas características físicas válidas para as distinções entre as categorias citadas. Na prática, as referências de características recomendadas pelas normas revelam-se inaplicáveis, prevalecendo, para a classificação, as solicitações de emprego de uma ou outra técnica, verificadas em testes "in loco" (Ricardo e Catalani, 1976).

Constata-se na região de Presidente Prudente que os solos coluvial e aluvial cenozóicos se comportam como material de primeira. Quanto ao solo raso ou a rocha existentes na área pesquisada, a classificação é dificultada principalmente por fatores de irregularidades faciológicas e de variação no estado das camadas da Formação Adamantina.

Outra dificuldade de caráter prático deve ser levada em conta nesta avaliação. Trata-se da diferença no desempenho dos equipamentos, em função da sua capacidade nominal e do seu estado de conservação. Na

área pesquisada, a investigação do comportamento do solo e da rocha em face da atuação dos equipamentos foi baseada em acompanhamento "in loco" das operações com diversos modelos de unidades escavo-empurradoras ou escavo-transportadoras. O procedimento mais adequado para a avaliação deste comportamento orientou-se por uma distinção preliminar: para o que se apresentou escavável, considerou-se indiferente a categoria ou condição de funcionamento dos equipamentos; para o que deve ser diferenciado como material de segunda ou de terceira, foram selecionadas as operações com o trator D8-Catterpillar, com a informação auxiliar, dentro do possível, sobre ano de fabricação e estado de conservação. O trator D8 e os ríperes adequados a ele são o que as maiores empreiteiras de engenharia rodoviária em atividade na região possuem de mais eficiente quanto ao poder de penetração e desagregação.

Foi possível uma observação dos resultados conseguidos com este tipo de equipamento em muitos locais, em virtude dos seguintes fatores: o volume grande de obras de terraplanagens na região e a localização em faixas relativamente bem definidas do material de segunda ou de terceira.

No levantamento, baseado no acompanhamento de obras e numa amostra composta de 156 unidades, identificaram-se as variáveis importantes que influem na resistência à penetração mecânica dos ríperes. Estas variáveis podem ser distinguidas como:

- porcentagem de cimento;
- grau de faturamento;
- espessura da camada mais resistente;
- distribuição granulométrica;
- tipo de cimento;
- teor de umidade;
- grau de alteração e
- estrutura sedimentar

A Tabela 5.17 reúne os resultados gerais de amostragem.

Para o grau de fraturamento, o exame de campo baseou-se na classificação proposta pela ABGE, citada por Maciel (1987) e aplicável ao levantamento de campo ou à descrição de testemunhos de sondagem. A Tabela 5.18 refere-se a esta classificação.

Tabela 5.17: Resultado geral da amostragem de rocha sã e alterada

AMOSTRA	RESISTÊNCIA COMPRESSIVA TAB. 5.21	GRAU DE FATURAMENTO	CIMENTO Al. aque C/He-1 (t)	CIMENTO PARBENTICO (t)	ENTERRA DE ENTERRA (m)	CATEGORIA DE EXCAVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
B1/1	R5	F2	2,59		2,0-4,0	2ª	cutre antigo
B1/2	R6	F2	37,96		2,0-4,0	3ª	cutre antigo
B2/1	R4	F3	1,61		2,0-4,0	2ª	cutre antigo
B2/2	R4	F3	1,52		2,0-4,0	2ª	cutre antigo
*B3/1	R2	F4	1,70		2,0-4,0	1ª	cutre antigo - <u>Arenito Siltoso</u>
*B3/2		F4	2,70		1,0-2,0	1ª	cutre antigo - <u>Siltito</u>
*B4	R2	F3	7,20	4,62	1,0-2,0	1ª	cutre antigo - <u>Arenito</u>
B5	R6	F1	6,43		1-2,0	3ª	cutre antigo
B6/1	R3		0,15			1ª	umidade nítida
B7/1	R4	F4	10,80		4,0	2ª	cutre antigo, micrendu-
B7/2	R4	F4	19,60	7,25	4,0	2ª	lação e queda de
B7/3	R4	F4	6,94		4,0	2ª	fragmentos
B8	R2	F5	2,65		4,0	1ª	foto nº 41
B9/1	R5	F2	18,01			3ª	
B9/2	R5	F2	10,05			3ª	
B10/1	R6	F1	33,79		0,5	3ª	em alternância de camadas
B10/2	R4	F2	11,30		0,5	1ª	laminação cruzada
B10/3		F4	11,87		0,5	1ª	parte mais exposta de B10/2
B10/4	R5	F2	21,96		0,5	2ª-3ª	
B10/5			7,70			2ª	
B10/6			2,63			1ª	parte mais exposta de B10/4 e B10/5
B10/7	R5	F1	10,05		0,5	2ª-3ª	
*B11/1	R5	F2	41,85	13,78		2ª	mosqueado, com seixos de argila, laterização - <u>Arenito</u>
B11/2	R5	F2	45,08		0,5	2ª	B11/1 mais laterizado
B11/3	R5	F1	16,79		0,5	3ª	em alternância de camadas
B11/4	R2	F3	6,95			1ª	aparente abundância de finos
B13/1	R5	F2	9,88			2ª	
B13/2	R6	F1	42,46		0,5	3ª	em contacto com B13/3
B13/3	R6	F1	37,31		0,5	3ª	
B14	R3	F2	0,97			1ª	
B15/1		F4	6,80	1,88	0,5-1,0	1ª	queda de blocos
B15/2			0,60			1ª	
B16	R4-R5	F2	0,54			2ª	
B17	R5	F3	1,20			2ª	cutre antigo
B18	R2	F3	9,35			1ª	laminação e umidade nítidas - <u>Argila</u>
B19	R2		5,40				cutre antigo
B20	R4	F4	1,96		4,0	1ª-2ª	laterizado
B21/1	R2		2,21		1,0-2,0	1ª	umidade e alteração nítidas
B21/2	R2		2,49		1,0-2,0	1ª	
B22/1	R2	F4	1,09		1,0-2,0	1ª	laminação e alteração nítidas
B22/2	R2	F4	1,93		1,0-2,0	1ª	
B22/3	R2	F4	1,09		1,0-2,0	1ª	
*B23	R3-R4	F4	1,02		1,0-2,0	1ª	<u>arenito siltoso</u>
B24/1	R2	F4	0,01			1ª	laminação e alteração nítidas
B24/2	R3	F2	0,30			2ª	
B24/3	R3	F2	0,15			1ª	
B25	R3	F1	2,46			2ª	laminação cruzada
B26	R4	F2	2,96		2,0-4,0	2ª	laterizado
B27/1	R6	F1	2,37			3ª	cutre antigo, mosqueado, com nódulos aparente abundância de finos
B27/2	R3	F4	0,79			1ª	cutre antigo
B27/3	R5	F2	0,14		0,5-1,0	2ª	

* Análise granulométrica realizada

Cutre antigo = mais de 6 meses de existência

Tabela 5.17: Continuação

AMOSTRA	RESISTÊNCIA CONFINADA TAB. 5.21	GRAU DE MATURAMENTO	CIMENTO At. que C/Hcl (%)	CIMENTO CALCEOLÍTICO (%)	ESPESURA DE ESTRATO (m)	CATEGORIA DE EXCAVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
B27/4	R3	F1	0,06		1,0-2,0	1ª	
B27/5	R4	F3	0,09		0,5	1ª	laminação nítida
B28	R6	F2	5,55	2,58			Poço IPEA-Profundidade de 14,00 m.
B29/1	R2		0,16		2,0-4,0	1ª	umidade e laminação nítidas
B29/2	R2		0,07		2,0-4,0	1ª	umidade e laminação nítidas
B29/3	R3	F2	2,50			1ª	umidade e laminação nítidas
B30	R4	F3	1,70			2ª	
B31	R5		1,30			2ª	laminação com placas resistentes.
B32/1	R2	F3	3,76			1ª	laminação e alteração nítidas
B32/2	R2	F4	3,77			1ª	
B32/2	R4	F2	3,76			2ª	umidade e presença de finos nítidas
B33/1	R1		4,90			1ª	laminação nítida
B33/2	R3		3,16			1ª	laminação nítida
B34	R2		4,50			2ª	
B35	R2		2,20			1ª	aparente abundância de finos
B37/1	R5	F3	4,07		2,0-4,0	1ª	
B37/2	R5	F5	4,83		2,0-4,0	1ª-2ª	
B37/3	R5	F3	4,79		2,0-4,0	2ª	siltito arenoso
B37/4	R5	F2	2,26		2,0-4,0	2ª	
B38	R2		0,39		1,0-2,0		Poço Colégio Cristo Rei, Argilito
B39		F2	2,80			2ª	
B40			2,75			2ª	laminação nítida
B42/1	R3	F4	0,39		1,0-2,0	1ª	laminação nítida
B42/2	R3	F4	0,30		1,0-2,0	1ª	laminação nítida
B42/3	R3	F4	0,15		1,0-2,0	1ª	laminação nítida
B43	R4	F4	0,30			1ª	
B44/1	R5	F2	4,69	3,84	1,0-2,0	2ª	Siltito/Arenito
B44/2	R5	F2	7,56	5,07	1,0-2,0	2ª	aparente abundância de finos-siltito
B44/3	R5	F3	3,60		1,0-2,0		laminação nítida
B45	R4	F4	5,50			1ª	aparente abundância de finos
B46		F4	0,77			1ª	arenito siltoso
B47	R4		12,75			2ª	corte antigo
B48	R3	F3	6,12			1ª	corte antigo, laminação cruzada
B49/1	R6	F2	16,21	9,20	0,5	3ª	corte antigo, alternância de estratos
B49/2	R5	F3	10,25		0,5	3ª	corte antigo, alternância de estratos
B49/3	R5	F4	6,80		0,5	3ª	corte antigo, alternância de estratos
B49/4		F4	1,96		0,5	2ª	B49/2 alterado
B49/5	R5	F2	2,20		0,5	2ª-3ª	
B49/6	R5	F2	14,30	7,28	0,5	3ª	
B50	R3	F4	1,96		2,0-4,0	1ª	corte antigo, umidade nítida
B51/1	R6	F2	3,34	2,43	0,5	2ª	corte antigo
B51/2	R6	F1	2,70		0,5	3ª	corte antigo
B51/3	R6	F1	3,40		0,5	3ª	corte antigo
B52	R3	F4	2,30	2,06		1ª	corte antigo, umidade nítida e queda de blocos
B53/1	R3	F4	1,78		1,0-2,0	1ª	
B53/2	R5	F2	12,56		1,0-2,0	2ª	estratificação cruzada
B53/3	R3	F3	11,93		1,0-2,0	1ª	
B53/4	R5	F2	17,98	11,94	4,0	3ª	siltito/arenito
B54		F3	5,55	3,45	2,0-4,0	1ª	laminação nítida
B55	R6		22,80		0,50	3ª	corte antigo
B56	R5		3,05	2,37	0,50	1ª	corte antigo
B57/1	R3	F2	1,88		1,0-2,0	1ª	corte antigo
B57/2	R4	F3	2,30		1,0-2,0	2ª	

* Análise granulométrica realizada

Corte antigo - Mais de 6 meses de existência

Tabela 5.17: Continuação

AMOSTRA	RESISTÊNCIA COMPRIME TAB. 5.21	GRAU DE FRATURAMENTO	CIMENTO Ataque C/Hcl (%)	CIMENTO CARBONÁTICO (%)	ESPESSURA DE ESTRATO (m)	CATEGORIA DE EXCAVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
B57/3	R4	F2	2,19			2ª	
B57/4	R5	F2	2,31			2ª	
B58	R4	F3	0,21		1,0-2,0	2ª	laminação e umidade nítidas
B59/1	R3		0,66		1,0-2,0	1ª	
B59/2	R3		0,52		1,0-2,0	1ª	
B59/3	R3		0,23		1,0-2,0	1ª	
B60	R2	F2	2,01			1ª	tubulão , umidade nítida
B61	R2	F4	2,79			1ª	fossa
B62/1	R2	F4	2,63			1ª	laminação nítida
B62/2	R3	F3	0,65			1ª	
*B63/1	R5	F4	1,70			1ª	laterizado - arenito siltoso
*B63/2	R4	F3	1,84			1ª	arenito argiloso
*B63/3	R5	F3	1,60			2ª	
*B64	R4	F4	1,50		4,0	1ª	arenito siltoso
B66	R2	F4	1,67			1ª	
*B67	R1	F5	7,55	7,50	0,50	1ª	
B68	R4	F4	9,07	6,07	0,50	1ª	siltito argiloso
B69/1	R5	F3	7,77		0,50	3ª	cutelo antigo
B69/2	R6	F3	12,80		0,50	3ª	cutelo antigo
B70	R6	F2	11,84		0,50	3ª	cutelo antigo
*B71/1	R4	F2	10,90	6,95	2,0-4,0	2ª	arenito
*B71/2	R2		6,50			1ª	arenito
B72/1	R3	F4	1,19			1ª	cutelo antigo, laminação cruzada
B72/2	R4	F4	1,90			1ª	cutelo antigo
B73/1	R6	F2	23,11		0,5	3ª	cutelo antigo, queda de blocos
B73/2	R6	F2	24,41		0,5	3ª	
B73/3	R5	F4	20,19			2ª	laminação cruzada
*B74	R2	F4	0,77		4,0	1ª	alteração e umidade nítidas, arenito
B75	R6	F2	10,34		0,5	2ª	
B76	R1	F4	2,00			1ª	umidade nítida
*B77	R1		0,30			1ª	argilito
B78/1	R2	F4	2,90			1ª	
B79	R3	F4	3,80		2,0-4,0	1ª	cutelo antigo
B80/1	R4	F3	14,10			1ª	aparente abundância de finos
B80/2	R5	F4	27,80		0,5	2ª	queda de blocos
B81/1	R6	F1	6,30	6,30	0,5	2ª	
B81/2	R4		1,70			2ª	laterizado
B82/1	R4		4,10		0,5	1ª	
B82/2	R4	F4	0,80			1ª	
B82/3		F3	4,56			1ª	
*B82/4	R3-R4	F4	0,80			1ª	arenito siltoso
B83	R5	F3	2,20			3ª	laminação nítida
B85	R3	F4	4,30	2,95		1ª	laminação e presença de finos nítidas
B86	R5	F1	10,10		4,0	3ª	cutelo antigo
B87	R5	F1	7,30	5,75	4,0	3ª	cutelo antigo
B88	R4	F3	1,73		4,0	2ª	cutelo antigo, laminação nítida
B89/1	R2	F4	3,30	2,29		1ª	cutelo antigo, estratificação cruzada
*B89/2	R2	F3	1,70			1ª	arenito siltoso
B89/3	R3		4,60			1ª	cutelo antigo, laminação nítida
B90	R4		1,20			1ª	cutelo antigo
B91	R5	F2	10,50	6,04	4,0	3ª	

* Análise granulométrica realizada

Cutelo antigo = mais de 6 meses de existência

CLASSE	DESIGNAÇÃO	FRATURAS/m	ESPAÇAMENTO (m)
F1	ocasionalmente fraturado	1	100
F2	pouco fraturado	1-5	100-200
F3	medianamente fraturado	6-10	20-10
F4	muito fraturado	11-20	10-5
F5	em fragmentos	20	5

Tabela 5.18: Classificação proposta pela ABGE para grau de fraturamento (Fonte: Maciel, 1987).

A determinação do grau de fraturamento nas camadas da Formação Adamantina exige um cuidado especial, somente valendo para exposições recentes. Na área de pesquisa, ela foi executada principalmente na porção central de cortes de rodovias, em cortes de alargamento de vias, em paredes de tubulões e em testemunhos de sondagem rotativa. A comparação das medidas obtidas em exposições recentes com as provenientes de cortes com mais de 2 anos mostram em geral uma tendência à maior intensidade de fraturamento nestes últimos.

A correlação entre grau de fraturamento e a classificação do material quanto à escavabilidade e à esscarificabilidade revelou-se de fundamental importância. Verifica-se, por exemplo, que arenitos com mais de 8% de cimento são esscarificáveis em caso de apresentarem um grau F3, enquanto arenitos com 3% de cimento e grau F1 exigem desmonte.

Quanto aos tipos de cimento nos arenitos, eles são diferenciados em: carbonático, ferrífero e argiloso. Para uma determinação prática da porcentagem do cimento depositado por processo químico, utilizou-se o ataque com ácido clorídrico em proporção de 1/5 de diluição em água. Com esta dissolução, foram obtidos alguns valores elevados de cimentação, atingindo-se até uma porcentagem de 42,5% em um dos exemplos. Em uma amostra parcial de 23 unidades, com grau de cimentação variável, separou-se o cimento carbonático através do ataque por solução de ácido acético tamponada para pH = 4,5 com acetato de sódio. A comparação dos resultados obtidos nos dois tipos de tratamento indica uma variação am

pla na proporção de cimento carbonático em relação aos valores totais do que é dissolvido no ataque com ácido clorídrico.

Quanto ao cimento argiloso, é importante localizar as camadas areníticas onde ele é mais abundante, uma vez que ele representa um fator de diminuição na resistência ao corte. A heterogeneidade litológica e estrutural das camadas da Formação Adamantina dificulta a separação entre a argila presente como cimento e aquela encontrada na forma de lâminas típicas de algumas estruturas sedimentares.

A variação do grau de cimentação é muito ampla, conforme se nota na Tabela 5.17. Desta maneira, a adoção de parâmetros de classificação não serve como indicativo de graus diversos de resistência à escarificação.

A textura, assim como a cimentação, pode ser correlacionada ao grau de fraturamento. Estratos predominantemente argilosos ou siltos, em exposição às intempéries, deterioram-se com relativa facilidade, observando-se neles comumente graus de fraturamento F3, F4 ou F5. Em taludes artificiais, após um período de exposição de 6 meses, o fraturamento nos lamitos avança algumas dezenas de centímetros para o interior do maciço. A Tabela 5.19 fornece alguns dados para uma possível correlação entre a textura e o grau de resistência.

AMOSTRA	AREIA >0,065mm (%)	SILTE 0,065mm a 0,002mm (%)	ARGILA < 0,002mm (%)	RESISTÊNCIA (TAB. 5.21)	ESCARIFICA- BILIDADE
B3/1	47,38	43,98	8,64	R2	1ª
B3/2	16,14	79,24	4,62		1ª
B/4	17,70	76,94	5,36	R2	1ª
B11/1	65,02	20,65	14,33	R5	2ª
B18	30,26	31,54	38,20	R2	1ª
B23	66,22	25,86	7,92	R3-R4	1ª
B37/3	28,30	63,70	8,00	R5	2ª
B38	26,50	13,24	60,32	R2	1ª
B44/1	46,22	46,52	7,19	R5	2ª
B44/2	39,14	50,58	10,28	R4	2ª
B46	70,04	22,78	7,19		1ª
B53/4	41,36	42,58	16,06	R5	3ª
B63/1	67,26	28,34	4,40	R5	1ª
B63/2	61,97	6,02	32,01	R4	1ª
B63/3	54,18	40,62	5,20	R5	2ª
B64	78,49	13,81	7,70	R4	1ª
B67	5,88	57,40	36,72	R1	1ª
B71/1	74,98	17,07	7,95	R3	1ª
B71/2	83,94	7,56	8,50	R4	1ª
B74	81,50	15,28	3,22	R2	1ª
B77	9,50	38,18	52,26	R1	1ª
B82/4	48,70	45,38	5,92	R4	1ª
B89/2	69,74	24,32	5,92	R2	1ª

Tabela 5.19: Resultado de análise granulométrica em amostras da Formação Adamantina, de acordo com técnicas adotadas pela pedogogia

Quanto à espessura das camadas, valem para arenitos, como fator de resistência à penetração dos ríperes, as condições apresentadas na Tabela 5.20.

CIMENTAÇÃO (%)	FRATURAMENTO	ESPESSURA (m)	
		ESTRATO	ALTERNÂNCIAS COM OUTROS
4	F1 , F2	0,50	0,20
2-4	F1	1,50	-

Tabela 5.20: Indicações sobre influência da espessura de Camadas mais resistentes para a resistência à escarificação.

Dentre as estruturas sedimentares, destacam-se a estratificação cruzada e as micro-ondulações como as mais efetivas no enfraquecimento das rochas analisadas. A presença de lâminas argilosas entre as lâminas arenosas diminui consideravelmente a resistência à escarificação.

Quanto à umidade, aparentemente até uma determinada porcentagem favorece a escavação. Com a praça de trabalho molhada, verifica-se a dificuldade de operação de alguns tipos de equipamento.

Não foi possível, no entanto, estabelecer correlações, devido às dificuldades de ordem prática na determinação do grau de umidade simultaneamente com a observação de campo.

Sob o aspecto de alteração, não se aplicam às camadas da Formação Adamantina as classificações em estágios, válidas para outras rochas no sentido de se inferir a sua intensidade. Constata-se, através dos cortes mais altos nestas camadas, uma correspondência entre o avanço da alteração e o crescente fraturamento. Através da manifestação de planos de fraqueza, a alteração das camadas, a partir de um determinado estágio, favorece consideravelmente a escavação.

A correlação entre as classes de resistência do material e as características-chave revelou sua utilidade prática num zoneamento efetuado na área-núcleo da pesquisa. Foi possível reproduzir esta correlação em toda a área mapeada, sem grande dificuldade. Quanto à porcentagem de cimento, a extrapolação baseou-se com ajuste satisfatório em padrões estabelecidos conforme o reconhecimento visual dos arenitos bem cimentados e a classificação representada na Tabela 5.21.

GRAU	DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DE CAMPO	CAMPO APROXIMADO DE VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COM PRESSÃO UNIAXIAL (MPa)
R ₀	Rocha extremamente fraca	Marcada pela unha	0,25 - 1,0
R ₁	Rocha muito fraca	Esmigalha-se sob impacto da ponta do martelo de geólogo, pode ser raspada por canivete	1,0 - 5,0
R ₂	Rocha fraca	Pode ser raspada por canivete com dificuldade, marcada por firme pancada com a ponta do martelo de geólogo	5,0 - 25
R ₃	Rocha mediamente resistente	Não pode ser raspada por canivete, amostras podem ser fraturadas com um único golpe do martelo de geólogo	25 - 50
R ₄	Rocha resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturar-se	50 - 100
R ₅	Rocha muito resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturar-se	100 - 250
R ₆	Rocha extremamente resistente	Amostras podem somente ser lascadas com o martelo do geólogo	250

Tabela 5.21: Formas de identificação de materiais no campo
(Fonte: Zuquette, 1987).

5.10.3.3. Classificação de Geofatores "B" Referentes a Propriedades de Rochas e Solos

Deve-se complementar o que foi exposto nos itens anteriores com dados obtidos na observação "in loco" de obras de fundação e de drenagem. Nestes aspectos, são constatadas as seguintes diferenças no tratamento em função da natureza do terreno:

- a) solo raso - uso de fundação direta, mínimo lastro em estruturas de drenagem, escavação possível na maior parte dos casos;

b) colúvio e aluvião - uso de estacas e tubulões, necessidade de berço reforçado em estruturas de drenagem, erosão ao longo de galerias, escavação possível na maior parte dos casos.

Na Tabela 5.22 estão relacionados os geofatores devidos à natureza de solos e rochas, com indicação dos respectivos símbolos no mapa de recomendação (Anexo 8).

CLASSE	TIPO DE GEOFATOR	SÍMBOLO NO MAPA
B I	a) aptidão para fundações diretas, escavação possível e capacidade boa de suporte para obras de drenagem	-
B II	a) necessidade de tubulões, estacas e de berço reforçado para tubos e galerias de drenagem b) colapsividade c) necessidade de ríper para escavação	s
B III	a) muito baixa capacidade de carga b) necessidade de desmonte a explosivo	S

Tabela 5.22: Classificação de geofatores devidos à natureza da rocha e do solo.

5.10.4. Geofatores "B" devidos ao relevo

5.10.4.1. Critérios para a escolha das classes

De maneira indireta, no mapeamento geotécnico, as informações de natureza geomorfológica prestam-se a inferências geológicas ou sobre a geodinâmica externa. Diretamente, elas comparecem quase que exclusivamente em termos de valores de declividade. É importante, no entanto, associar o componente da declividade àqueles referentes à irregularidade e à dissecação do relevo. No modelo adotado na região de Bratislava, Tchecoslováquia, estas características são incluídas entre os geofatores.

No aspecto de fixação de parâmetros, a declividade, sendo expressa em valores de porcentagem, pode ser representada de acordo com escalas. Os valores são obtidos, em geral, a partir de folhas topográficas. A declividade de uma encosta pode ser definida como uma relação percentual entre o desnível e a distância horizontal medida na direção

de maior inclinação. A medida de desnível é fornecida pelo intervalo das curvas de nível, sendo a distância determinada entre duas curvas consecutivas em direção perpendicular a elas (De Biase, 1970). Também é utilizada, como dado complementar, a indicação em mapa do sentido de declividade. A aplicação da variável relacionada aos declives requer a distinção em classes, por um critério de avaliação dependente de maior ou menor influência na orientação de uso do terreno. As classes devem ser estabelecidas em função de declives críticos, admitidos para a ocupação em geral ou para ocupações ou atividades específicas. Mais comumente as classes de declive adotadas são:

0-2% , 2-5% , 5-10% , 10-15% e 15-20%

Estes limites concordam com os valores de declives toleráveis para vários usos. Um exemplo de escala é fornecido na Tabela 5.23.

Valores críticos	Atividades e Ocupações Específicas
1%	pistas de aeroportos internacionais
2%	principais linhas de ferrovia pistas de aeroportos locais
4%	rodovias
5%	máquinas agrícolas densidade elevada de ocupações com habitações
8%	habitações e estradas desenvolvimento urbano áreas de recreio intensivo
9%	ferrovias em geral
10%	máquinas agrícolas pesadas projetos industriais de grandes dimensões
15%	desenvolvimento local tratores de lagarta
20%	habitações individuais

Restrito para ocupações em geral, devido a problemas de inundação e de drenagem

Tabela 5.23: Valores toleráveis de declividade conforme a categoria de ocupação do terreno (Fonte: Cooke e Doorkamp, 1974 - in Coelho, 1980).

Um outro exemplo de classificação é representado na Figura 5.10. O critério que prevalece neste exemplo é o de declives ótimos.

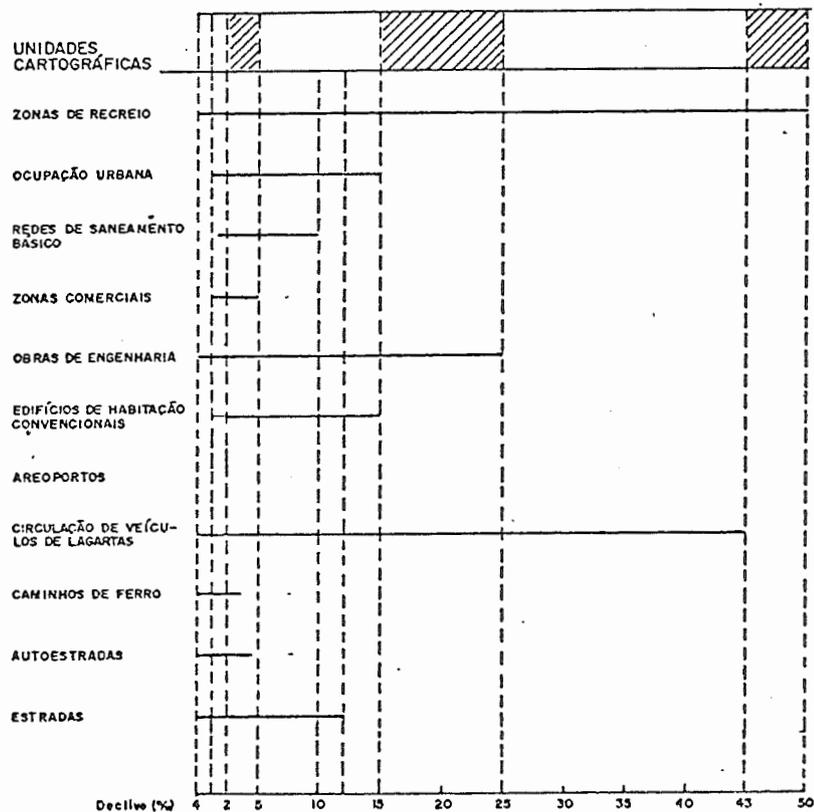


Figura 5.10: Classes de declives ótimos para vários tipos de construções e atividades (Fonte: Kansas Geological Survey, 1968 - in Coelho, 1980).

Na área da pesquisa, optou-se pelas seguintes classes: 0-10%, 10-20% e acima de 20%. Embora declives superiores a 15% não sejam recomendados para ocupação urbana, procurou-se respeitar a orientação baseada em 3 graus de influência:

- I - o que é adequado ou importa com custos relativamente baixos;
- II - o que impõe custos relativamente altos;
- III - o que é totalmente inadequado.

Os valores de 10% e 20%, além de corresponderem a diferentes condições para a terraplanagem em geral, para a infraestrutura de abastecimento de água e saneamento e para habitações, tem um significado especial quanto aos problemas de drenagem. Na região nota-se, pela densidade de sulcos no terreno, que declives superiores a 10% acarretam problemas de escoamento superficial, enquanto a declividade de 20% é suficiente para comprometer a pavimentação de vias, em razão de dificuldades de drenagem.

Quanto às limitações relativas a declives inferiores a 2%, na área devem ser considerados de importância secundária. Os terrenos representativos desta classe restringem-se a pequenas áreas de divisores de água ou aos chamados "terraços estruturais".

Com relação às limitações devidas à irregularidade do relevo, na região de Presidente Prudente, elas são significativas. Em virtude da existência de muitas cabeceiras de erosão, o feitiço topográfico em torno do espigão principal é complexo, impondo muitos aterros e cortes à implantação da malha urbana. No entanto, para os fins práticos de classificação, é complexa a separação entre o que é medianamente irregular ou dissecado e o que corresponde ao grau superior neste aspecto. É mais adequado considerar apenas o que é irregular ou dissecado, admitindo-se o grau B-III para as respectivas limitações de uso.

O zoneamento de declividade na área pesquisada exige um cuidado à parte com a base cartográfica. Para a cobertura de cerca de 80 km² de plantas e folhas topográficas em escala de 1:10.000 ou maiores, a delimitação foi executada sobre as cartas disponíveis, sem prejuízos quanto à transposição para uma base única em escala 1:25.000. Com relação ao restante da área, a base cartográfica consistiu numa ampliação de parte da folha em escala, 1:50.000. A comparação de resultados conseguidos nas folhas de escala maior e na ampliação mostrou nesta última a menor precisão nos seguintes aspectos: formato das zonas, escalonamento de vertentes e posição das encostas mais íngremes junto aos cursos d'água. Procurou-se reduzir esta discrepância onde se fazia necessário, através de fotos aéreas, registrando-se no "overlay" as rupturas positivas de encostas e as zonas de estrangulamento das várzeas. Em parte das áreas de nascentes, medidas "in loco" através de clinômetro auxiliaram as correções.

5.10.4.2. Classificação

A Tabela 5.24 resume a classificação de geofatores "B" correspondentes a limitações do relevo, mencionando-se os símbolos correspondentes, que figuram no mapa designado por "Anexo 8".

CLASSE	CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO EM MAPA
B-I	0-10% de declive	-
B-II	10-20% de declive	c
B-III	a) declive maior que 20% b) dissecação e/ou irregularidade	D

Tabela 5.24: Classificação de geofatores "B" devidos ao relevo na área da pesquisa.

5.10.5. Geofatores "B" devidos à presença da água

5.10.5.1. Importância

De acordo com o modelo adotado na área em estudo, estes geofatores referem-se a: profundidade do lençol freático, condições de escoamento superficial e problemas de inundação. Estas variáveis estão interrelacionadas, dependendo também de fatores geológicos, topográficos e climáticos.

A presença de água tem importância indiscutível como geofator, em virtude da sua interferência em obras de fundações ou obras enterradas de um modo geral, além de outros usos do terreno. A saturação ou a impossibilidade de drenagem de um solo constituem obstáculos para escavações, no sentido de contribuírem para a elevação considerável do seu custo ou para a sua inviabilidade.

5.10.5.2. Drenabilidade

A drenabilidade de um terreno é avaliada pela sua capacidade de permitir o escoamento livre das águas. Está relacionada à permeabilidade do próprio terreno e à profundidade do lençol freático.

No aspecto da permeabilidade, as classes recomendadas para solos e rochas pela Comissão de Mapeamento Geotécnico da IAEG (Anon, 1976), concordam com as escalas para estudos geotécnicos em geral, propostas por vários outros. Estas classes estão relacionadas na Tabela 5.25.

CLASSE	COEFICIENTE K (M/SEG) DE PERMEABILIDADE	DESIGNAÇÃO
1	10^{-2}	muito alta
2	$10^{-2} - 10^{-4}$	alta
3	$10^{-4} - 10^{-5}$	moderada
4	$10^{-5} - 10^{-7}$	baixa
5	$10^{-7} - 10^{-9}$	muito baixa
6	10^{-9}	praticamente impermeável

Tabela 5.25: Classes de drenabilidade propostas pela IAEG (Fonte: Anon, 1976).

Zuquette (1987a) recomenda esta classificação baseada em 3 intervalos do coeficiente de permeabilidade K:

permeável	-	K	10^{-3}	cm/seg
semi-permeável	-	10^{-5}	K	10^{-3} cm/seg
impermeável	-	K	10^{-5}	cm/seg

Na área da pesquisa, os setores problemáticos em relação à drenagem podem ser delimitados através da foto-interpretção. A densidade de sulcos aponta os terrenos correspondentes ao solo raso e rocha aflorante como aqueles onde o escoamento superficial é relativamente mais volumoso, com tendência a intensificar-se conforme aumenta a declividade das encostas. Em outro sentido, as várzeas e algumas áreas dos terraços estruturais são dificilmente drenadas, em virtude das condições topográficas e de lençol freático.

5.10.5.3. Nível da água subterrânea

O nível do lençol freático também é conhecido como "superfície livre de aquífero" (CETESB, 1978). A determinação precisa da profundidade desta superfície é dificultada por alguns fatores, sendo os principais: a oscilação sazonal, a presença de mais de uma zona de saturação e a interferência humana pela exploração da água ou pelas modificações da paisagem. A localização de mais de uma zona de saturação no perfil do terreno identifica a existência de um lençol levantado. Esta forma de disposição natural da água subterrânea não é rara em camadas sedimentares, uma vez que a descontinuidade vertical devida às variações faciológicas resulta comumente em barragem de infiltração por estratos menos permeáveis. Na região de Presidente Prudente, os aquíferos levantados, embora estejam distribuídos em vários maciços de rochas sedimentares, têm importância limitada, em virtude da pequena extensão das respectivas zonas saturadas. Nos locais onde estes aquíferos suspensos intersectam a superfície topográfica, a surgência é muito pobre em vazão; em poços caseiros, estas zonas intermediárias de saturação facilmente são esgotadas por bombeamento.

A análise do comportamento do lençol freático na região é resumida nas seguintes informações:

- em todas as áreas de ocorrência de depósito coluvial cenozóico, o nível freático está localizado abaixo do contacto deste depósito com o solo residual;
- nos interflúvios colinosos e topos aplainados recobertos por estes colúvios, a profundidade varia entre 10,50 m e 16,00 m;

- nos interflúvios colinosos e morretes despojados de colúvios, a profundidade é maior que 20,00 m;
- nos espigões mais elevados, onde se expõe a rocha sã ou ligeiramente alterada, a profundidade ultrapassa 30,00 m;
- as zonas onde o lençol é mais raso situam-se ao longo dos cursos d'água, em áreas circunjacentes às cabeceiras de erosão e em um dos terraços estruturais (Fazenda Pagador);
- as feições de relevo diferenciadas em perfis escalonados, em costas convexas ou côncavas, vales de padrões diversos e tipos distintos de depósitos aluviais correspondem a diferenças no comportamento do nível d'água e a padrões distintos de emergências.

A associação de estruturas com as emergências pode ser localizada com relação a apenas uma das prováveis zonas de falhamento. Um trecho desta zona estende-se pela área do Parque do Povo, o qual é implantado ao longo do córrego do Veado. Neste trecho foram mapeadas emergências que se dispõem em direção concordante com a da faixa de alinhamentos estruturais inferidos. Nesta zona também foi determinada a maior concentração de medidas de nível freático com menos de 2,00 m de profundidade.

5.10.5.4. Áreas inundáveis

A possibilidade de inundação no Município de Presidente Prudente é evidenciada por eventos decorrentes de precipitações convectivas e períodos de chuva contínua. Na bacia do Alto Santo Anastácio, foram analisadas as consequências de episódios de chuvas muito intensas sobre o comportamento dos cursos d'água (Sudo, 1980). As constatações provenientes dessa análise foram complementadas com aquilo que se observou a partir do evento de alta pluviosidade de janeiro de 1988, mencionado no item 3.3 ("Clima Atual da Região") deste texto. Abaixo, estão referidas as condições favoráveis à inundação que são particularmente observadas na área da pesquisa:

- a) papel regulador acentuado do curso principal de uma bacia como nível de base dos afluentes;
- b) gradiente claramente mais elevado nos tributários do que no canal receptor;
- c) estreitamento do vale do curso principal a algumas dezenas de metros a jusante da barra do córrego afluente e alargamento no trecho da confluência e no trecho situado a montante desta;

- d) área de drenagem do afluente formada por um leque amplo de cabeceiras;
- e) fluxos concentrados nas nascentes dos córregos afluentes;
- f) interferência antrópica nítida no canal ou em áreas marginais.

5.10.5.5. Classificação de geofatores devidos à presença da água.

Na Tabela 5.26 estão relacionados os geofatores "B" devidos à presença da água.

CLASSE	TIPO DE GEOFATOR	SÍMBOLO NO MAPA
B-I	a) lençol freático a mais de 5m de profundidade , problemas facilmente solúveis de águas superficiais e de inundação	-
B-II	a) lençol freático entre 2 e 5 m de profundidade	h
B-III	a) lençol freático a menos de 2 m de profundidade; b) fluxo em sulcos convergentes; c) possibilidade de inundação anual; d) surgências	H

Tabela 5.26: Classificação de Geofatores "B" devidos à presença da água na região.

5.10.6. Análise e Classificação dos Geofatores "C"

5.10.6.1. Áreas a serem protegidas

Em Presidente Prudente, as áreas a serem protegidas são de natureza variada, compreendendo principalmente:

- a) bacias de captação de reservatórios para abastecimento de água;
- b) áreas de alimentação do Balneário da Amizade;
- c) áreas de recarga de aquíferos;
- d) zonas de ocorrência de solos férteis;
- e) áreas ricas em materiais de construção e matérias-primas de tijolos maciços;
- f) áreas protegidas por leis ou atos administrativos em geral.

5.10.6.2. Observações sobre poluição do Lençol Freático

Na região do Oeste Paulista, a poluição por substâncias de origem orgânica alcança o lençol freático com relativa facilidade. Comumente os boletins do laboratório Adolfo Lutz, referentes a fontes d'água localizadas nesta região, acusam a presença de nitrogênio em grande quantidade nas amostras analisadas. Em estudos sobre águas minerais ou águas potáveis de mesa, é associada a contaminação por componentes orgânicos nitrogenados a dejetos de gado bovino (Falcão, 1978). Estes exemplos de contaminação através de infiltração de águas pluviais podem ser admitidos como uma indicação sobre a vulnerabilidade da cobertura cenozóica e de rochas alteradas do Grupo Bauru à poluição por dejetos orgânicos.

5.10.6.3. Informações sobre abastecimento de água para a cidade

De acordo com o Eng^o Paulo José dos Santos Jr, da Coordenadoria de Programas e Empreendimentos da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, as orientações e projetos sobre este serviço público podem ser resumidas pelas seguintes informações:

- manutenção do reservatório do Alto Santo Anastácio como fonte prioritária de abastecimento para a cidade de Presidente Prudente;
- destinação da captação no rio do Peixe apenas para abastecimento complementar, em razão do custo alto de transporte através de uma adutora de 40 km de extensão;

- baixo aproveitamento do poço jorrante do aquífero Botucatu, com 1744,00 m de profundidade e potencial de vazão de 500.000 l/hora, devido ao conteúdo de 13 ppm de flúor dissolvido na água fornecida por ele (muito acima da taxa de 0,8 ppm tolerável para o fim em vista) e em virtude também da deposição de crostas carbonáticas ao longo da parede não revestida deste poço;
- perfuração de um segundo poço, com 1.700 m de profundidade, vazão prevista de 500.000 l/h, a ser revestido inteiramente;
- existência de 16 poços de exploração do aquífero Bauru para a eventual necessidade de regularização do abastecimento;
- manutenção da captação na represa do Balneário da Amizade, para o fim de emergência.

Além destas informações oficiais, outras são obtidas de um levantamento sobre poços do aquífero Bauru. A maior parte dos poços tubulares no Município são de uso particular de indústrias, hospitais, associações esportivas, instituição de ensino, hotéis, restaurantes, edifícios de apartamento e propriedades rurais. O aquífero explorado é o Bauru, variando a profundidade dos poços entre 80,00 a 260,00 m. Verifica-se um aumento mensal no número destes poços e a inexistência, com relação a eles, de um controle normativo quanto à distância entre um e outro, à vazão tolerável e à profundidade de instalação dos filtros.

5.10.6.4. Condições de serviço de esgoto doméstico na cidade

De acordo com a fonte de informação da SABESP, mencionada em 5.4.2, a situação atual e os projetos referentes ao serviço de esgoto em Presidente Prudente resumem-se em:

- providências de saneamento ainda em curso, com a situação atual de lançamento total do esgoto doméstico "in natura", diretamente na rede hidrográfica;
- emissário principal de coleta, localizado ao longo dos córregos do Veado e do Limoeiro, em fase de implantação, com a finalidade de reunir a carga dos coletores-tronco articulados a coletores de primeira etapa;
- vantagem natural do escoamento por gravidade até o emissário para os coletores que servem os bairros situados nas vertentes dos córregos mencionados;
- necessidade de reversão por bombeamento do esgoto atual e do futuramente provindo dos setores localizados na porção norte e nordeste (bacia do Ribeirão Mandaguari), setores sul e

sudeste (bacia do Alto Santo Anastácio) e do setor noroeste (bacia de alimentação do Balneário da Amizade), localizados no perímetro urbano oficial;

- previsão de 18 estações elevatórias apenas para o atendimento da demanda atual de coleta;
- projeto de estação de tratamento por filtro biológico, a ser localizada nas proximidades do córrego Limoeiro, a jusante da área urbanizada dentro do seu vale;
- séria limitação de orçamento para implantação de outros emissários, devido ao custo excessivo do material de canalização;
- limitada possibilidade de localização de emissário ou estação de tratamento nos setores sul, sudeste e noroeste da cidade, em virtude de incompatibilidade da sua implantação com as condições exigidas para a proteção do reservatório do Alto Santo Anastácio e do reservatório complementar do Balneário da Amizade;
- situação de agosto de 1988 no atendimento do serviço de 69,16% em relação à demanda.

5.10.6.5. Condições de disposição do lixo doméstico na cidade

Foi decidido pelos poderes públicos locais que todo o lixo doméstico da cidade de Presidente Prudente será tratado por processo industrial de compostagem. O terreno destinado à implantação deste sistema foi adquirido pela Prefeitura Municipal, através do Decreto de Desapropriação baixado a 03 de maio de 1988 sob nº 6505/88.

Outras soluções, além da compostagem podem ser admitidas para o problema do lixo doméstico em Presidente Prudente. A disposição em locais criteriosamente selecionados é uma delas. De acordo com Zuquette e Gandolfi (1987), a localização de áreas para este fim deve basear-se principalmente em requisitos de declividade do terreno, nível de lençol freático e propriedades de espessura, capacidade de troca catiônica (CTC) e permeabilidade no tocante à cobertura inconsolidada. Na região de Presidente Prudente, áreas localizadas nos interflúvios colinosos e espigões principais satisfazem a maior parte destes requisitos, podendo ser adaptadas ao fim em apreço através de algumas medidas complementares.

5.10.6.6. Condições de disposição do rejeito industrial no Município.

Em Presidente Prudente as categorias de indústrias capazes de causarem poluição nos cursos d'água e aquíferos subterrâneos estão resumidas nesta relação:

- a) frigoríficos (em número de 3);
- b) curtumes (em número de 3);
- c) indústria de óleo lubrificante (com 1 unidade);
- d) fábrica de massa de tomate (com 1 unidade);
- e) indústrias de bebidas (com 4 unidades).

Na região, conjuntamente com as destilarias de álcool, merecem uma fiscalização regular da CETESB aquelas instalações mencionadas em (a), (b) e (c). Nenhuma destilaria de álcool está localizada no Município de Presidente Prudente. Com relação a efluentes líquidos, as indústrias, sob risco de incorrerem em multas ou atos de fechamento, são obrigadas a cumprirem a Lei Estadual nº 997 de 31/05/1976 (CESP, 1986). Esta lei é regulamentada pelo Decreto nº 8468 de 08/09/1976, que, através de classificações de substâncias nocivas ao meio ambiente, determina os padrões de emissão toleráveis. A exigência da adaptação às determinações legais tem sido o recurso principal de controle da poluição por rejeitos de indústria instalada anteriormente à vigência da Resolução do CONAMA nº 001 de 23/01/1986. De acordo com este ato administrativo, o projeto de qualquer unidade industrial somente é deferido mediante a aprovação do RIMA - Relatório de Impacto do Meio Ambiente.

O controle efetivo da poluição de rejeitos industriais no Município de Presidente Prudente é sintetizada na Tabela 5.27, elaborada a partir de informações do escritório local da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental na pessoa do Engº Nelson Gonçalves da Silva.

CATEGORIA DE INDÚSTRIA	TIPOS DE EFLUENTES	SUBSTÂNCIAS NOCIVAS	TRATAMENTO APROVADO	SITUAÇÃO DE CUMPRIMENTO DA LEI
FRIGORÍFICOS	• Sólido • Líquido	• Matéria Orgânica	• Células de Transformação em Adubos. • Lagoos, Células	• Satisfatório • Parcial
CURTUMES	• Sólido • Líquido	• Matéria Orgânica, Cr ⁺³ , Sulfetos	• Reaproveitamento e Tonque de Decantação. • Lagoos, Células	• Parcial • Parcial
INDÚSTRIA DE ÓLEOS LUBRICANTES	• Sólido • Líquido	• Borra Ácida, Terra Fuller • Graxas, Óleos	• Células e Trincheiros. • Células	• Satisfatório • Satisfatório
INDÚSTRIA DE BEBIDAS	• Líquido	• Matéria Orgânica • Sodo Cáustico	• Tonque de Decantação • Tonque de Neutralização e Decantação	• Sem Tratamento Nenhum • Satisfatório
FÁBRICA DE MASSA DE TOMATES	• Sólido	• Matéria Orgânica	• Reaproveitamento como Adubo	• Satisfatório

Tabela 5.27: Situação do controle de rejeito industrial em Presidente Prudente em Setembro/89 de acordo com a CETESB

5.10.6.7. Recarga de Aquíferos na Região

A questão da proteção dos aquíferos não deve ser encarada como independente das questões relativas à deposição dos rejeitos sólidos ou ao tratamento dos efluentes líquidos. Os poluentes devidos aos rejeitos acabam sendo conduzidos até as reservas de água subterrânea por água de infiltração ou pela água de escoamento superficial, da qual uma parcela penetra nas camadas armazenadoras.

A recarga de aquíferos pode acontecer através da infiltração da água pluvial, da transferência de outros aquíferos e também por águas superficiais (Tognon, 1985). A permeabilidade textural das camadas e as descontinuidades de estratificação influem na velocidade de penetração da água. Zonas de fraturamento e de falhas podem também contribuir para uma aceleração de recarga.

Na região de Presidente Prudente, o aquífero de melhor potencial, que é o Botucatu, está protegido naturalmente por uma espessura de cerca de 1.200 m de corpos basálticos da Formação Serra Geral. Os aquíferos do Grupo Bauru, atualmente muito solicitados na região, localizam-se a profundidades de topo menores do que 150 m em relação à superfície do terreno. A descrição de testemunhos referentes a 3 perfurações (2 no campus da UNESP e 1 no Colégio Cristo Rei) e as informações sobre níveis de instalação de filtros em vários poços possibilitam a formulação de uma hipótese sobre a posição estratigráfica e a litologia das camadas de características hidráulicas mais favoráveis à exploração. Com uma profundidade variável entre 100 m e 150 m em relação à cota de boca, estas camadas constituem-se de um arenito de cor vermelha escura, granulação média a fina, teor de matriz baixo e grãos de quartzo cobertos por película ferruginosa. Este padrão litológico corresponde ao que é caracterizado como Formação Santo Anastácio (Petri e Fúlfaro, 1983). A zona mais favorável dos aquíferos Bauru provavelmente se localizam no interior desta formação ou em camadas de contacto interdigitado desta unidade com a Formação Adamantina. Em vários poços, no entanto, filtros são instalados em cotas superiores às desta zona, recebendo a contribuição de camadas aquíferas da Formação Adamantina ou mesmo no lençol freático.

Um estudo de água subterrânea no Estado de São Paulo, destinado à orientação quanto ao abastecimento público, discute a questão do funcionamento hidráulico dos sistemas na região (DAEE, 1979). Este estudo conclui que os arenitos cretácicos se comportam regionalmente como aquíferos livres. A superfície piezométrica está de tal forma associada à morfologia da paisagem, que a localização de seus divisores tende a concordar com os da bacia hidrográfica. As linhas izopiezas estão conformadas às orientações dos espigões e planaltos. Os fluxos são orientados a partir dos divisores para calhas dos principais cursos d'água, que

tem caráter efluente, isto é, recebem a contribuição das águas subterrâneas. Os gradientes hidráulicos variam de 8 a 10 m/km nas áreas a montante das bacias e entre 3 e 5 m/km a jusante, sendo tais valores considerados como muito elevados. A recarga natural é proporcionada diretamente pela água das chuvas em toda a extensão destas unidades.

No referido estudo não se sugere nenhum modelo de recarga em que a estrutura tenha influência significativa. Os elementos estruturais, analisados em escala 1:250.000 com relação ao Oeste do Estado, revelam movimentações relativamente pouco expressivas e uma imposição de estruturas do substrato basáltico às feições estruturais encontradas nas camadas Bauru (Paulipetro, 1982). Na área da pesquisa e redondezas, verifica-se uma combinação de ocorrência de um alto topográfico, um alto estrutural, um espessamento das camadas do Grupo Bauru e a ocorrência de maiores espessuras de saturação nestas unidades estratigráficas.

Da interpretação sobre o funcionamento do sistema hidráulico na região, depreende-se que, na determinação do sentido de fluxo, a influência do seu comportamento como aquífero livre superpõe-se à influência devida à atitude das camadas, tornando indistinto o efeito das estruturas sobre o mecanismo de recarga.

Concluindo-se, portanto, que o padrão de recarga é pouco influenciado pela litologia ou pela estrutura, admite-se um risco elevado de poluição do aquífero Bauru indiferentemente em toda a área pesquisada. Esta indeterminação de áreas preferenciais dificulta o mapeamento de zonas diferenciadas conforme o grau de tendência à recarga.

5.10.6.8. *Bacias de reservatórios*

A bacia de captação do principal reservatório de água superficial para o abastecimento da população de Presidente Prudente compreende as zonas de cabeceiras e um trecho do alto curso do rio Santo Anastácio. Localiza-se ao sul e a sudoeste da cidade. A proteção legal vigente para a área deste reservatório é limitada apenas ao que é previsto no Código Florestal da Federação, promulgado sob Lei nº 4771/65 e nas determinações da resolução nº 4/1985 do CONAMA.

Quanto ao Balneário da Amizade, trata-se de um represamento do alto curso do córrego Limoeiro, nas proximidades de suas cabeceiras. Faz parte da divisa entre os Municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente, localizando-se a oeste e a noroeste da área pesquisada. Pela Lei municipal nº 2063/79, é determinada uma faixa de proteção, pela qual se interdita a ocupação residencial e a ocupação industrial, respectivamente, até 150 m e até 600 m de distância do limite correspondente ao máximo nível possível da lâmina d'água.

As principais ameaças a estes recursos naturais a partir da ocupação urbana referem-se à possibilidade de assoreamento, poluição por lixo industrial e doméstico e por dejetos de esgoto. De acordo com pla

nejamentos relativos às duas bacias, a ocupação é orientada apenas no sentido de se evitar poluição por lixo industrial. Verifica-se um risco maior quanto aos prejuízos devidos à ocupação residencial, pela falta de restrições legais adequadas aos loteamentos para este fim nas bacias em questão. De acordo com a Lei Municipal nº 2110/80, que dispõe sobre loteamento urbano, não é obrigatória a infraestrutura de coletores de esgoto para o deferimento dos projetos de ocupação urbana. A lei permite o uso de fossa séptica em caso de não existência prévia da rede de esgotos.

No âmbito das duas bacias, ainda são utilizadas fossas, que ao menos nos próximos 5 anos continuarão existindo, devido ao atraso de instalação de coletores em relação à expansão urbana e a custos elevados referentes a emissários. O risco de contaminação através destas fossas com respeito ao aquífero livre e às nascentes alimentadas por ele, impõe algumas restrições à implantação de novos loteamentos. As limitações relacionadas às fossas sépticas são praticamente de mesma natureza que às referentes ao lixo caseiro, salvo em algumas poucas especificidades (Zuquette e Gandolfi, 1987). Nas áreas das bacias em apreço, deve ser considerada como principal impedimento para este tipo de receptor de dejetos a proximidade de nascentes de cursos d'água.

Deve-se lembrar, no entanto, uma dificuldade particular na região com referência à localização dos cursos d'água. Uma parcela significativa dos cursos de primeira e segunda ordens é precariamente definida neste sentido, devido ao seu caráter de intermitência ou à ocultação por assoreamento. Por este motivo e em face das limitações de escala de mapeamento, recomenda-se um afastamento da malha urbana da ordem de 100 m com relação aos nichos de nascentes e cabeceiras de erosão ou de recepção possíveis de serem localizadas nos mapas utilizados. No mapa do Anexo 7, referente a áreas a serem protegidas da ocupação urbana, as cabeceiras de erosão estão designadas como "zonas de nascentes com entalhamento nítido". Estas restrições são válidas não somente para estas duas bacias mas para toda a área da pesquisa.

5.10.6.9. Georrecursos referentes à fertilidade do solo

A aptidão à prática agrícola depende de várias condições. A produtividade de um solo deve ser analisada de acordo com as opções da cultura a ser praticada e vários outros fatores além da fertilidade (Wutke, 1976). A fertilidade é uma característica intrínseca do solo, dizendo respeito à disponibilidade de nutrientes para as mais variadas culturas. Os estudos de aptidão também podem ser uma atribuição da edafologia. Este ramo da ciência agrícola estuda o solo sob o aspecto da produção de plantas cultivadas, em particular as fornecedoras de alimen

tos ou fibras (Lépsch, 1976). Pelo seu sentido de resolução de problemas práticos, em seu escopo ela difere da pedologia, esta última interessada fundamentalmente na origem, na evolução e na classificação dos solos.

Quanto à necessidade de proteção, ela é válida para áreas onde o solo, graças à sua alta fertilidade, se torna um bem natural importante. Podem ser citados exemplos brasileiros de eliminação do acesso a esta riqueza natural através de ocupação urbana efetuada sem o devido planejamento do uso do terreno (Riedel et alii, 1987).

O levantamento pedológico adequado ao âmbito de municípios deve ser efetuado ao nível das categorias taxonômicas de detalhe. De acordo com Buckman (1979), tomando-se como exemplo a classificação norte-americana (sétima aproximação, 1975), estas categorias seriam "família" e "série". No levantamento disponível para o Município de Presidente Prudente, adotou-se uma taxonomia de uso geral no Estado de São Paulo, sem uma correlação nítida entre as classes e a escala.

Este mapeamento fornece os dados básicos para se tentar a delimitação de terrenos especialmente férteis. Pelo seu resultado, verifica-se uma correspondência entre o zoneamento pedológico e a delimitação de zonas de significado geotécnico (em termos de cobertura inconsolidada). Esta correlação é resumida no quadro 5.7.

CLASSE DE MATERIAL DE COBERTURA	GRAU DE PEDOGÊNESE	CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA	SÍMBOLO
a) Depósitos colúviais pré-atuais	maduro	- podzólico vermelho amarelo	PVe
b) Solo raso	imaturo	- solo litológico ou rocha	
c) Depósitos alúviais pré-atuais	maduros	- solos hidromórficos com horizonte glei distinto e horizonte preto azulado - (com pigmentos de compostos ferrosos)	HG
	imatuross	- solos aluviais	

Tabela 5.28: Correlação entre Material de Cobertura e Unidades Pedológicas no Município de Presidente Prudente

Com relação à fertilidade, o estudo mencionado fornece alguns dados úteis à análise de georrecurso:

- os vários tipos de solo encontrados são eutróficos, isto é, férteis de um modo geral;
- na área em geral o teor de fósforo assimilável revela um valor baixo, o teor de cálcio apresenta-se acima do grau considerado médio e o pH é baixo;
- geomorfologicamente predomina para o podzólico a fase de relevo ondulado, reconhecendo-se para o solo litólico a tendência para a fase de relevo fortemente ondulado;
- análises feitas no laboratório da ESALQ/USP, correspondentes a 15 perfis em topo-sequência, não caracterizam nenhuma diferenciação na fertilidade conforme os horizontes ou posições em encostas;
- os índices relativos a comportamento químico não obedecem a padrões de distribuição correspondentes a classes determinadas no mapeamento;
- as propriedades físicas (textura, cor, espessura, macroestrutura, etc), diferentemente das propriedades químicas, prestam-se à distinção das categorias determinadas na área, assim como à separação dos horizontes A e B em cada uma delas.

A coleção de dados de análises químicas referentes ao mapeamento pedológico foi complementada com uma série de boletins do laboratório da UNESP local, relativos a um convênio firmado com a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente. A este conjunto de dados foram acrescentados os resultados de amostras pontuais, colhidas com a finalidade de tornar a amostragem mais representativa conforme o critério de distinção das classes de solo.

Os critérios adotados para a interpretação dos valores obtidos para os vários índices de fertilidade são aqueles recomendados por Wutke (1976), em combinação com as indicações de tabelas fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas/SP. A avaliação da fertilidade foi realizada para cada unidade pedológica em separado. Independentemente do critério de amostragem e das técnicas de análise química, os resultados apresentaram em comum o comportamento dispersivo dos índices. Por este motivo, não puderam ser definidos padrões de qualidade para as diferentes classes de solo encontradas na região. Deste modo, na área pesquisada, quanto à fertilidade dos solos, não se observam tendências nítidas na distribuição dos resultados que possibilitam um mapeamento de zonas diferenciadas de acordo com as unidades pedológicas.

5.10.6.10. Matérias-Primas Minerais

Na área da pesquisa, não se encontram jazidas de areia ou cascalheiras em condições de serem exploradas como material de construção. Em depósitos aluviais, o material explorável restringe-se a sedimentos ricos em argila e em matéria orgânica, os quais supriam de matéria-prima numerosas olarias produtoras de tijolo maciço. Atualmente estas pequenas indústrias estão desativadas, em virtude da relação custo/preço da mercadoria fabricada. Deve-se considerar também, como argumento contrário a inclusão destes materiais na categoria de recursos a serem protegidos, o fator da interferência da sua lavra num meio físico muito importante para o equilíbrio ambiental, o qual é representado pelas bacias hidrográficas.

5.10.6.11 Restrições determinadas por Leis e Atos Administrativos

As restrições legais referem-se a:

- reservas de vegetação natural;
- sítios arqueológicos, protegidos por leis específicas a bens de valor científico;
- vale do córrego do Cedro;
- zonas de ruído na área do aeroporto e redondezas.

As reservas de mata natural distinguem-se em:

- reservas ecológicas situadas ao longo de cursos d'água e em nascentes permanentes ou temporárias, protegidas em conformidade com o Código Florestal;
- remanescente da floresta nativa conhecida como "Mata do Furquim", protegida e transformada em Parque Florestal através do Decreto Municipal nº 6504/88.

5.10.6.12 Classificação de Geofatores "C"

De acordo com o exposto nos itens anteriores, na Tabela 5.29 é resumida a avaliação relativa a esta categoria de geofatores.

CLASSE	CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO EM MAPA
C I	a) Ausência de georrecurso <u>s</u> ou geoambien <u>tes</u> dignos de proteção especial	nenhum
C II	a) Localização em domínios da bacia de captação do reservatório da SABESP e do Balneário da Amizade b) Área inferida do sítio arqueológico da Fazenda Pagador c) Zonas de nascentes com entalhamento ní <u>ti</u> do	r
C III	a) Terreno ocupado pela Mata do Furquim b) Terreno ocupado por floresta nativa dentro do Colégio Agrícola e do Insti <u>tu</u> to Biológico c) Zona de ruído do aeroporto d) Reservas de mata natural em áreas de nascentes e) Faixa de mata ciliar para repovoamento vegetal	R

Tabela 5.29: Classificação de Geofatores "C"

Quanto aos sítios arqueológicos, eles tem sido localizados no Município de Presidente Prudente por uma equipe composta de pesquisadores da Fundação do Museu Paulista, da Universidade de São Paulo e da UNESP local. Dentro da área do mapeamento geológico-geotécnico, as descobertas restringem-se a dois locais situados na Fazenda Pagador (Kunzli, 1987).

5.10.7. Confecção de Mapas

5.10.7.1. Simbologia

Em cada um dos mapas referentes aos variados temas, optou-se por padrões de comunicação visual que fossem bem discerníveis entre si. Esta preocupação com a legibilidade acabou resultando na escolha de padrões concordantes com aqueles adotados em vários exemplos de aplicação da cartografia geotécnica.

5.10.7.2. Anexo 1 - Mapa Topográfico e de Ocupação já Existente

Este mapa mostra a configuração topográfica da área pesquisada, podendo nele ser reconhecido um divisor de águas principal e divisores subordinados, os quais se estendem segundo as direções gerais da rede hidrográfica. Ao seu conteúdo básico foram acrescentadas informações referentes à distribuição dos loteamentos, sem prejuízo da legibilidade desejada.

No mapa também aparece distintamente uma área-núcleo da pesquisa. Delimita-se em especial esta área pelo fato de nela se concentrar um grande número de informações, as quais ainda contam com uma documentação mais precisa em comparação com os dados da área pesquisada em geral.

5.10.7.3. Anexo 2 - Mapa de Dados

Neste mapa estão identificados os pontos de coleta de dados, de acordo com o meio de prospecção empregado em cada um deles. Não são assinalados vários locais referentes a descrições de campo, devido ao problema do seu número muito elevado. Também não constam dados relativos aos levantamentos geomorfológicos anteriores ao mapeamento geotécnico, dada a complexidade dos padrões adotados na sua representação original.

5.10.7.4. Anexos 3, 4, 5, 6 e 7 - Mapas referentes aos Geofatores

Os mapas temáticos referentes aos geofatores foram diferenciados de acordo com a classificação "A", "B" e "C" de restrições à ocupação urbana. As informações sobre os geofatores B, também designados como "limitantes da aptidão para áreas de construção" em virtude da sua grande variedade, tiveram de ser desdobradas em 3 diferentes mapas, cujos temas consistem em: características das rochas e dos solos (Anexo 4) classes de relevo (Anexo 5) e presença da água (Anexo 6).

5.10.7.5. Anexo 8 - Mapa de Planejamento de Ocupação do Terreno

Este mapa representa a síntese da avaliação dos geofatores considerados. Aqui estão representadas as áreas classificadas como "reco-

mendáveis", "áreas com algumas restrições" e "áreas não recomendáveis". Como critério de diferenciação, optou-se por delimitar zonas de concentração de restrições, em lugar de se fracionar a área mapeada em setores de extensão pouco significativa.

Nas várias zonas diferenciadas, letras identificam o geofator influente no local assinalado, assim como o seu grau de atuação. O significado destas letras é esclarecido na Tabela 5.30.

CLASSE DO GEOFATOR	IDENTIFICAÇÃO	GRAUS E SÍMBOLOS	
		II	III
A	Geodinâmica Externa	g	G
B	Características das Rochas e dos Solos	s	S
	Classes de Relevo	d	D
	Presença da Água	h	H
C	Áreas a serem protegidas	r	R

Tabela 5.30: Símbolos usados no Anexo 8 - Mapa de Planejamento de Ocupação do Terreno, referentes aos graus de influência dos Geofatores

6. CONCLUSÕES

As conclusões da pesquisa podem ser apresentadas de acordo com tres enfoques principais:

- discussão do tema básico, que é o levantamento do meio físico para fins de planejamento regional e urbano;
- conhecimento do geoambiente da região e
- aplicação prática dos resultados.

Quanto ao primeiro destes itens, a revisão bibliográfica possibilita as seguintes constatações:

- para o levantamento do meio físico com finalidade de planejamento regional ou urbano, têm sido desenvolvidas metodologias de cartografia temática dentro dos campos da geociência e áreas de conhecimento correlatas.
- em vários países, pesquisas de cartografia geotécnica tem

sido executadas com o amparo de órgãos oficiais ou através de programas de estudo nos meios especializados da Geotecnia ou Geologia de Engenharia;

- as pesquisas comportam uma ampla variedade de recursos de abordagem sobre o meio físico;
- a análise das variáveis do geoambiente conta com múltiplas opções quanto às técnicas de investigação;
- na execução dos mapeamentos, é admitida uma amplitude grande de escalas, as quais são adaptadas aos objetivos dos projetos;
- os documentos produzidos na aplicação da cartografia geotécnica retratam o meio físico de um modo tão significativo que facultam a tomada de decisões no planejamento físico-territorial;
- o desenvolvimento da cartografia geotécnica confere a esta uma condição de autonomia, como um campo de pesquisas dentro da geociência e áreas afins;
- a análise dos exemplos de mapeamento geotécnico no território brasileiro, especialmente no Estado de São Paulo, contribui para se firmar o reconhecimento das potencialidades da cartografia geotécnica.

Com referência ao geoambiente da região, a pesquisa possibilita estas conclusões, além de várias outras:

- são identificados sinais claros de uma ruptura no equilíbrio natural do ambiente;
- as causas principais desta ruptura são o desmatamento, as práticas agrícolas inadequadas aos propósitos conservacionistas e a implantação de equipamentos acessórios à urbanização operada sem uma previsão de impactos ambientais;
- o atual estágio de desequilíbrio determina características peculiares no comportamento do ambiente;
- na análise dos fenômenos que são do interesse do mapeamento geotécnico, é importante identificar os aspectos essencialmente relacionados ao nível de deterioração ambiental alcançado;
- com a marcha da degradação, o ambiente tende a ser cada vez mais sensível à interferência antrópica;
- os projetos de urbanização que não se orientam pela compreensão da dinâmica ambiental representam ameaças de um agra

vamento considerável destas condições de instabilidade;

- neste ambiente deteriorado, os locais de nascentes de cur sos d'água são particularmente vulneráveis aos efeitos da intervenção antrópica;
- estes locais de nascentes merecem um estudo acurado no sentido da compreensão da dinâmica ambiental associada a eles e para a delimitação adequada das respectivas zonas de pro teção.

No tocante aos resultados práticos da pesquisa, as conclusões são:

- a experiência de adoção de uma metodologia tcheca para um mapeamento geotécnico no Oeste do Estado de São Paulo foi bem sucedida, tendo-se em vista os resultados alcançados;
- nesta aplicação da metodologia referida, são necessárias adaptações apenas quanto a detalhes de procedimentos para a avaliação dos atributos envolvidos e no tocante a alguns pa râmetros das variáveis utilizadas;
- são respeitados os princípios básicos da metodologia, assim como os critérios adotados nela para a avaliação dos atribu tos;
- com a aplicação do referido modelo, promoveu-se o zoneamen to da área pesquisada, caracterizando-se nitidamente as zo nas menos recomendáveis à urbanização;
- o mapeamento executado, por seu caráter de levantamento bá sico, pode oferecer subsídios importantes para a elaboração de um Plano Diretor do Município;
- a classificação de áreas conforme o grau de restrição apon ta várias opções de urbanização;
- com estas opções, casos de ocupação inadequada do terreno, a exemplo de alguns loteamentos existentes na cidade, são perfeitamente evitáveis;
- nota-se uma concentração de restrições em áreas de vales e a menor concorrência de restrições nos topos aplainados;
- à maior parte destas zonas de vale deve ser vedada a urbani zação;
- todo empreendimento relativo a estas zonas deve ser decidi do com base numa definição criteriosa de prioridades de pla nejamento físico-territorial;

- para o estabelecimento de tais prioridades, são importantes as orientações das cartas produzidas pelo mapeamento geotécnico;
- pelas informações sobre as características ambientais da região e pelos seus resultados em geral, o mapeamento geotécnico relativo a Presidente Prudente deve constituir-se em material de consulta para a elaboração de Relatórios de Impacto do Meio Ambiente.

BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA

- ANON.(1980) - Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping. Part 1: Rock and soil materials - Report of the commission of Engineering Geological Mapping of the International Association of Engineering Geology, I.A.E.G., 19: 364-371, Krefeld.
- ÁVILA, I.G. et alii (1985): Carta Geotécnica da Grande São Paulo, Comunicação Técnica 358, IPT, 13p. e mapa anexo.
- BORTOLUCCI, A.A. (1983): Caracterização Geológico-geotécnica da Região Urbana de São Carlos-SP, a partir de Sondagens de Simples Reconhecimento, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 67 p. (Dissertação de Mestrado).
- COELHO, A.M.L.G. (1980): A Cartografia Geotécnica no Planejamento Regional e Urbano - Experiência de Aplicação na Região de Setúbal, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 157 p. (Tese para Concurso de Especialista).
- COTTAS, L.R. (1983): Estudos Geológico-geotécnicos Aplicados ao Planejamento Urbano de Rio Claro-SP, São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2 volumes (Tese de Doutorado).
- COULON, F.K. (1985): Mapeamento Geotécnico das Folhas de Morretes e Montenegro-RS, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Tese de Doutorado).
- DEARMAN, W.R; MATULA, M. (1976): Environmental Aspects of Engineering Geological Mapping - I.A.E.G., 14: p. 141-146, Krefeld.
- FERRANTE, J.E.T.; GANDOLFI, N. (1984): Metodologia fotointerpretativa de estudos básicos para um planejamento integrado, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 4, Anais..., Belo Horizonte, ABGE, 4 (Tema 2: Planejamento do Uso e Ocupação do Solo): 227-239.
- FINLAYSON, A.A. (1981): The P.U.C.E., System for Terrain Analysis - A Summary, Australian Geomechanics News, 2, July 1981: 37-44.
- GANDOLFI, N.; ZUQUETTE (1982): Discussão e adaptação de metodologia para mapeamento geotécnico, in: Congresso Latino-Americano de Geologia, Buenos Aires, 5 (III): 245-258.
- _____ (1986): Study of the applied comparison between two engineering geological mapping methodologies - International I.A.E.G. Congress, 5, Proceedings, Buenos Aires, 6, 1, 7: 1769-1780.
- GOLODKOVSKAJA, G.A. et alii (1968): Engineering Geological Mapping in the URSS, in: International Geological Congress, 23, Proceedings, Praga, International Association of Engineering Geology: 9-17.



- GRANT, K. (1975): The P.U.C.E. Program for Terrain Evaluation for Engineering Purposes, Division of Applied Geomechanics Technical Paper nº 15, V.I - Principles e nº 19, V.II - Procedures for Terrain Classification.
- GREHS, S.A. (1970): O papel do Geólogo no Planejamento, in: Boletim do Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, (446): 1-15.
- HRASNA, M.; VLCKO, (1987): Engineering Geological Models for Land-use Planning Documents - Acta Geologica et Geographica Universitatis Comenianae Geologica, 42: 137-148, Bratislava.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1980): Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente - Condicionantes para o Planejamento da Ocupação Urbana, Série Monografias 3, 3lp., mapa anexo.
- LEGGET, R.F. (1973): Cities and Geology - McGraw Hill, New York: 624 p.
- LORANDI, R. (1985): Caracterização dos Solos das Áreas Urbanas e Suburbanas de São Carlos (SP) e suas Aplicações, Piracicaba, Escola de Agronomia Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Tese de Doutorado): 181 p.
- MACIEL Fº, C.L.; GASPARETTO, N.V.L. (1987): Metodologia empregada no mapeamento geotécnico das folhas de Canobi e Santa Maria, RS, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, Anais..., São Paulo. A.B.G.E., 2: 291-301.
- MATULA, M; PASEK, V. (1964): Engineering geological maps in Czechoslovakia Socialist Republic, in: International Geologic Congress, 22, Proceedings, Nova Delhi: 440-449.
- MATULA, M.; LETKO, V. (1980): Engineering Geology in Planning the Metropolitan Region of Bratislava, I.A.E.G., 22: 139-145, Krefeld.
- MATULA, M. et alii (1986): Engineering geological maps for land use planning documents, in: International I.A.E.G. Congress, 5, Proceedings, Buenos Aires, V.6: 1821-1827.
- PEJON, O.J. (1987): Estudos Geológico-geotécnicos da Região Urbana de Araraquara-SP, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2 v. (Dissertação de Mestrado).
- PRANDINI, F.L. et alii (1974): Condicionantes Geológicos e Geotécnicos da Degradação Ambiental - Alguns casos Brasileiros, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, (1): 1-11, São Paulo.
- PRANDINI, F.L.; GUIDICINI, G.; GREHS, S.A. (1976): Geologia Ambiental ou de Planejamento, in: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Anais..., Porto Alegre, A.B.G.E., 7: 273-290.

- RENGERS, N.; SOETERS, J.R. (1980): Regional Engineering Geological Mapping from Aerial Photographs, I.A.E.G., 21: 103-11, Krefeld.
- SANEJOUAND, R. (1972): La Cartographie Géotechnique en France, Paris, Ministère de L'Équipement et du Logement, D.A.F.U.- A.R.M.N.I.N.E.S.- L.C.P.C.: 95 p.
- SEIGNEMARTIN, C.L. (1979): Geologia de Áreas Urbanas: o Exemplo de Ribeirão Preto-SP, São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2 volumes (Tese de Doutorado).
- SERGEYEV, Y.M. (1977): The Tasks of Engineering Geology in Connection with the Rational Utilization of Geological Environment, I.A.E.G., 15: 23-25, Krefeld.
- YAGUE, A.G. (1986): Principal problems to make the geotechnical maps of Madrid, Spain, in: International Congress of Engineering Geology, 5, Proceedings, Buenos Aires, 6.1.9.: 1789-1796.
- ZUQUETTE, L.V. (1981): Mapeamento Geotécnico Preliminar da Região de São Carlos, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2 volumes (Dissertação de Mestrado).
- _____ (1985): Mapeamento Geotécnico: Estado da Arte, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Disciplina "Seminários Gerais em Geotecnia".
- _____ (1987): Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para Condições Brasileiras, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 3 volumes (Tese de Doutorado).
- ZUQUETE, L.V.; GANDOLFI (1987): Mapeamento Geotécnico aplicável a rejeitos Sêpticos, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, Anais..., São Paulo, 2: 313-322.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ALMEIDA, F.F.M. (1964): Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista, Bol. Inst. Geog. e Geol., (41): 169-263, São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M.; MELO, M.S. (1981): A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico - in Mapa Geológico do Estado de São Paulo, I.P.T., V.I : 46-81, São Paulo.
- ALMEIDA, M.A. et alii (1981): Geologia do Oeste Paulista e áreas fronteiriças dos Estados de Mato Grosso do Sul e Paraná, in: Mesa redonda A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes, S.B.G. (7): 31-47, São Paulo.
- ALONSO, V.R. (1983): Exercícios de Fundações, São Paulo, Edgard Blucher Ltda., 201 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1980): Execução de Sondagens de Simples reconhecimento dos Solos, A.B.N.T., N.B.R. 6484/80.
- ATLANT, Y.; FELLER, C. (1980): Application de la pédologie à la Caractérisation Geotechnique des sols fins du Sénégal, Congrès International de Géologie, Comptes rendus, Paris (resumée).
- ÁVILA, I.G. et alii (1981): Algumas características geológicas e geotécnicas de depósitos coluvionares do Estado de São Paulo, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 3, Anais..., Itapema, 3, (Tema 3: Geologia de Engenharia nas Regiões Sul e Sudeste): 19-32.
- _____ (1982): A exigência e a importância de laudos geológicos na implantação de novos loteamentos, in: Congresso dos Municípios do Estado de São Paulo, 26, Praia Grande, A.B.G.E., 22 p.
- BARATA, E.E. (1984): Propriedades Mecânicas dos Solos - uma Introdução ao Projeto de Fundações, 1ª Edição, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 150 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1985): Conservação do Solo, Piracicaba, Livroceres, 329 p.
- BIGARELLA, J.J. (1974): Structures Developed by Dissipation of Dune and Beach Ridge Deposits, Catena (2): 107-159, Giessen.
- _____ (1985): Visão Integrada da Problemática da Erosão, Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 3, Livro-Guia, Maringá, (colaboração de J.Z. Mazuchowski), 329 p.
- BLOOM, A.L. (1970): Superfície da Terra, Série Textos Básicos de Geociência, São Paulo, Edgard Blucher Ltda. - Universidade de São Paulo, 184 p.

- BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1960): Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo - Contribuição à Carta de Solos do Brasil, Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agrônômicas - Comissão de Solos, 634 p. e mapa anexo.
- BRASIL - MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1970): Especificações Gerais para Obras Rodoviárias - Terraplanagem, D.N.E.R.-EST 03-70.
- BUCKMAN, H.O. (1979): Natureza e Propriedade dos Solos, (revisto por Nyle O.C.Brady, tradução brasileira de B.N.Figueiredo F^o), 5^a Edição, Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 647 p.
- CAMPOS, J.O.; VICELLI NETO, O. (1987): Ponderações sobre o comportamento geotécnico da Formação Rio Claro, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, Anais..., São Paulo, 2: 323-335.
- CAMPOS, J.O. et alii (1987): Formação Corumbataí - Caracterização geotécnica de suas propriedades: os exemplos de Piracicaba e Rio Claro, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, Anais..., São Paulo, 2: 163-178.
- _____ (1988): Primeiro Relato do Comitê de Estudos Geotécnicos de Rochas Sedimentares, A.B.G.E., Artigo Técnico nº 15, São Paulo, 160 p.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. (1986): Legislação de Conservação da Natureza, 4^a Edição, São Paulo, CESP - Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 720 p.
- CENTRO DE PESQUISAS E ESTUDOS URBANÍSTICOS (1969): Plano Diretor de Presidente Prudente, São Paulo, CPEU/FAUUSP - CIBPU, 3 volumes, 441 p e mapas anexos.
- COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ-URUGUAI (1968): Projeto de um Distrito Industrial em Presidente Prudente, CIBPU - CPEU/FAUUSP.
- DAY, P.R. (1965): Particle Fractionation and Particle - Size Analyses, in: Methods of Soil Analysis, C.A. Black, Agron. 8, Madison, American Society of Agronomy.
- DE BIASI, M. (1970): Cartas de Declividade: Confecção e Utilização, Geomorfologia, Inst. Geogr. USP (10): 8-13, São Paulo.
- FALCÃO, H. (1978): Perfil Analítico de Águas Minerais, DNPM, 49, V.2, Rio de Janeiro, 109 p.
- FIGUEIREDO, A. (1970): Notas Preliminares sobre a Elaboração da Carta Geomorfológica do Sítio Urbano de Presidente Prudente, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente (3): 56-67.

- GANDOLFI, N. et alii (1983): Contribuições para a caracterização geotécnica de rochas sedimentares do Grupo Bauru, in: Simpósio sobre Geotecnia da Bacia do Alto Paraná, Anais..., São Paulo, ABMS - NRSP - (Tema 2-B): 127-143.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. (1976): Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavações, São Paulo, Edgard Blucher Ltda - USP, 170 p.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ESTUDOS AMBIENTAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE - (1981): Mapeamento Pedológico do Município de Presidente Prudente-Relatório Trienal de Cleide Cavichioli junto ao Departamento de Ciências Ambientais, UNESP/IPEAPP.
- IWASA, D.Y.; PRANDINI, F.L. (1980): Diagnóstico da origem e evolução de boçorocas: condição fundamental para a prevenção e correção, in: Simpósio Nacional sobre o Controle de Erosão, 1, Anais..., Curitiba (Tema 2): 6-33.
- JOHNSON DIVISION (1978): Água Subterrânea e Poços Tubulares. 2ª Edição Brasileira, São Paulo, CETESB, 482 p.
- KOEPPEN, W. (1948): Climatologia, México, Fondo de Cultura Económica, 478 p.
- KOSHIMA, A. (1982): Estudos geotécnicos em Materiais Brandos - Caso de um Arenito do Grupo Bauru Cortado por um Canal, São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, (Dissertação de Mestrado)
- KUNZLI, R. (1987): Arqueologia Regional: Primeiros Resultados das Pesquisas Realizadas na Área de Presidente Prudente-SP, Revista do Museu Paulista - Nova Série, (32): 223-247, São Paulo.
- LAMBE, J.W.; WHITMAN, R.V. (1972): Mecânica de Suelos, México, Limusa.
- LANDIM, P.M.B. et alii (1984): O Estudo Morfoestrutural pela Análise de Superfícies de Tendência, Geociências, UNESP (3): 77-89, São Paulo.
- LEITE, J.F. (1972): A Alta Sorocabana e o Espaço Polarizado de Presidente Prudente, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente, p (Tese de Doutorado).
- _____ (1979): As reservas ecológicas do Sudeste Paulista, Congresso Estadual de Municípios, 23, Praia Grande, 38 p.
- LEPSCH, I. (1976): Solos - Formação e Conservação, São Paulo, Melhoramentos - USP, 157 p.
- LIMA, M.J.C.P. (1980): Prospecção Geotécnica do Subsolo, 2ª Edição, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 103 p.
- LUEDER, D.R. (1959): Aerial Photographic Interpretation -Principles and Application, New York, Mc Graw Hill, 462 p.

- MELO, M.S.; PONÇANO, W.L. (1983): Gênese, Distribuição e Estratigrafia dos Depósitos Cenozóicos no Estado de São Paulo. IPT - Monografias nº 9, São Paulo, 74 p.
- MIOTO, J.A. (1984): Mapa de Risco Sísmico do Sudeste Brasileiro - IPT - Monografias nº 10, São Paulo, 48 p.
- MONTEIRO, C.A.F. (1973): A Dinâmica Climática e as Chuvas do Estado de São Paulo - Atlas, São Paulo, Instituto de Geografia/USP.
- MONTICELLI, J.J. (1986): Influências da Compartimentação Geológico- Geotécnica de Maciços Rochosos no Projeto de Fundações de Barragens- Fase de Viabilidade - Síntese de tese 06 - ABGZ, 112 p.
- PANIUKOV, P.N. (1981): Geologia Aplicada a la Ingeniería - Moscou, Mir, (tradução espanhola: Virgilio Lanos Mas.), 312 p.
- PASTORE, E.L.; MIOTO, J.A. (1981): Fenômenos da desagregação superficial em Rochas da Formação Bauru no Estado de São Paulo, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 3, Anais..., Itapema, 3: 235-254.
- PAULIPETRO - Consórcio CESP/IPT (1982): Análise morfoestrutural com uso de imagens MSS - Landsat e Radar para pesquisas de hidrocarbonetos no Estado de São Paulo, V.3 - Anexos, Relatório RT- 165/82.
- PENTEADO, M.M.; RANZANI, G. (1973): Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados, Marília, São Paulo, IGEOG/ USP (Sedimentologia e Pedologia, 6).
- PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. (1983): Geologia do Brasil (Fanerozóico) , São Paulo, J.A. Queiroz: USP, 631 p.
- PONÇANO et alii (1981): Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Monografia 5, V.I, 94 p e V.2 - mapa.
- PONÇANO, W.L. et alii (1987): Fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos no desenvolvimento de boçorocas na Bacia do Peixe - Paranapanema, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, Anais..., São Paulo, ABGE, 2: 413-422.
- _____ (1987 a): Discriminação de áreas com diferentes susceptibilidades à erosão por boçorocas e ravinas na Bacia do Peixe-Paranapanema, in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, Anais..., São Paulo, ABGE, 2: 423-430.
- QUEIROZ, R.C. (1986): Aplicação do Método de Retroanálise no Estudo da Estabilidade de Taludes de Estradas Situadas em Solos Oriundos da Formação Adamantina, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 98 p. (Dissertação de Mestrado).

QUEIROZ NETO, J.P. (1975): Observações Preliminares sobre Perfis de Solos com Bandas Onduladas no Estado de São Paulo, Sedimentologia e Pedologia, IGEOG/USP (7): 34p., São Paulo.

RAIJ, B.V. (1981): Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto de Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 142p.

RICARDO, H.S.; CATALANI, G. (1976): Manual prático de escavação (Terra planagem e escavação de rocha). Mc Graw Hill do Brasil, 488 p.

RIEDEL, P.R.; MATOS, J.T.; RUEDA, J.R. (1987): Uso de sensoriamento remoto no estudo das formações superficiais visando o desenvolvimento econômico integrado - caso exemplo: região de Rio Claro. Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal.

RODRIGUES, J.E. (1982): Estudo de Fenômenos Erosivos Acelerados - Boçorocas, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 162 p. (Tese de Doutorado).

_____ (1984): Estudo geotécnico de fenômenos erosivos acelerados (boçorocas), in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 4, Anais..., Belo Horizonte, 2: 169-182.

SÃO PAULO, ESTADO DE - Secretaria de Obras e Meio Ambiente - Departamento de Águas e Energia Elétrica (1979): Estudo de Águas Subterrâneas das Regiões Administrativas 10 e 11 - Presidente Prudente e Marília, 3 volumes.

_____ - (1985): Sondagem a Percussão - Projeto de canalização do Córrego Limoeiro, Presidente Prudente, Relatório D.T.L.E/1985.

_____ - Secretaria de Agricultura e Abastecimento (1986): Classificação dos Solos do Estado de São Paulo, Campinas, Centro de Tecnologia em Recursos Naturais - CATI.

_____ - (1986): Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária, Bol.Tec.nº 1.

SPURR, S.H. (1960): Photogrammetry and Photo-Interpretation, Ronald Press Company, 472 p., New York.

SUDO, H. (1980): Bacia do Alto Santo Anastácio - Estudo Geomorfológico, São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 235 p. e anexos (Tese de Doutorado).

_____ (1981): A problemática de erosão em solos derivados do Arenito Bauru na Região Extremo-Oeste do Estado de São Paulo, in: Simpósio Regional de Controle de Erosão, 2, Anais..., São Paulo, 2: 185-194.

- TOGNON, A.A. (1985): Glossário de termos técnicos de Geologia de Engenharia - 1ª edição, São Paulo, ABGE, 139 p.
- UTIYAMA, H. et alii (1977): Pavimentação econômica: solo arenoso fino. Revista DER: nº 124, maio/1977, São Paulo, 58 p.
- VARGAS, M. (1981): Introdução à mecânica dos solos. Mc Graw Hill/ USP, São Paulo/SP, 509 p.
- VILAR, O.M. et alii (1985): Geotechnical characteristics of tropical cenozoic sediment from São Carlos Region, Brazil, International Conference in Tropical Lateritic and Saprolitic Soil, 1, Proceedings, Brazil, Tropics, (1): 461-470.
- _____ (1986): The phenomenon of silicification in slopes, in: Congresso Internacional da IAEG, 5, Anais..., Buenos Aires, (7): 931-934.
- WUTKE, A.C.P. (1972): Análise química na avaliação da fertilidade, in: MONIZ (coordenação) Elementos de Pedologia. EDUSP/Polígono, São Paulo/SP, pp.225-229.
- YAMABE, T.H.; BERROCAL, J.; BASSINI, A.M. (1988): Estudo da Atividade Sísmica em Presidente Prudente/SP - XXX Cong. Bras. de Geologia - 10ª Reunião anual da Sociedade Brasileira de Geofísica (no prelo).