

*Universidade de São Paulo*  
*Escola de Engenharia de São Carlos*

Mapeamento Geotécnico da Quadrícula  
de Mogi-Guaçu/SP

*Autor: Giuliano De Mio*

1992

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

*Mapeamento Geotécnico da Quadrícula  
de Mogi-Guaçu /SP*

Autor : Giuliano De Mio

Orientador : Nilson Gandolfi

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geotecnia.

São Carlos

1992

à Geisa,  
pela compreensão e  
apoio nos momentos  
de dificuldade

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Nilson Gandolfi, pela orientação, apoio e estímulo na realização deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo e recursos financeiros para a elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Bertoldo de Oliveira, do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, pelo fornecimento dos resultados dos ensaios laboratoriais referentes ao Levantamento Pedológico da Quadricula de Mogi-Guaçu.

A todos os funcionários do Departamento de Geotecnia da EESC-USP pela ajuda e amizade, em especial ao Décio Aparecido Lourenço pelo acompanhamento e auxílio na execução dos trabalhos de campo.

A todos os professores do Departamento de Geotecnia, da EESC-USP, em especial aos Professores Antônio Airton Bortolucci, Orêncio Monje Vilar e José Eduardo Rodrigues, pela constante troca de informações e auxílio na execução dos trabalhos.

Aos colegas Geol. José Antônio Gonçalves e Eng. M.Sc. Newton Moreira de Souza, pela amizade, companherismo e discussões sempre profícuas.

Aos meus pais, Lívio e Ivanete e aos meus irmãos, Rômulo, Bianca, Tiago e Camila, pela estrutura familiar que eles representam, além de muita amizade e apoio em todos os momentos.

## **SUMÁRIO**

<b>RESUMO</b> . . . . .	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> . . . . .	<b>ii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> . . . . .	<b>iii</b>
<b>LISTA DE TABELAS E FOTOGRAFIAS</b> . . . . .	<b>v</b>
<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2.0 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>2.1 PRINCÍPIOS GERAIS</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>2.2 METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>2.2.1 Metodologia IAEG</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>2.2.2 Metodologia Francesa</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2.2.3 Metodologia PUCE</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>2.2.4 Metodologia de Zuquette</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>3.0 AVALIAÇÃO DE TERRENOS ("LAND EVALUATION")</b> . . . . .	<b>23</b>
<b>4.0 CARATERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO</b> . . . . .	<b>30</b>
<b>4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO</b> . . . . .	<b>30</b>
<b>4.2 USO E OCUPAÇÃO</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>4.3 CLIMA</b> . . . . .	<b>33</b>

4.4	HIDROGRAFIA . . . . .	35
4.5	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS . . . . .	37
4.6	ASPECTOS GEOLÓGICOS . . . . .	40
4.6.1	Unidades do Substrato Rochoso . . . . .	41
	A- ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO . . . . .	41
	B- ROCHAS DA BACIA DO PARANÁ . . . . .	48
4.6.2	Unidades de Materiais de Cobertura . . . . .	51
	A- CONSIDERAÇÕES GERAIS. . . . .	51
	B- ENSAIOS LABORATORIAIS . . . . .	56
	C- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES . . . . .	57
4.7	UNIDADES DE TERRENO DA ÁREA . . . . .	70
4.7.1	Sistemática de Avaliação . . . . .	70
4.7.2	Utilização de Perfís . . . . .	71
5.0	AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA DA ÁREA . . . . .	77
5.1	METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DOS TRABALHOS . . . . .	77
5.2	ASPECTOS GEOTÉCNICOS GERAIS . . . . .	79
5.2.1	Mapa de Limitações à Ocupação . . . . .	80
5.2.2	Considerações sobre a disposição de rejeitos . . . . .	83
5.2.3	Considerações sobre os materiais de construção . . . . .	88
6.0	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES . . . . .	90
6.1	QUANTO AOS ASPECTOS METODOLÓGICOS . . . . .	90

6.2 QUANTO AOS ASPECTOS DA ÁREA DE TRABALHO . . .	92
7.0 BIBLIOGRAFIA . . . . .	94

## ANEXOS

Anexo 1 - Mapa de Documentação

Anexo 2 - Mapa de Águas Superficiais

Anexo 3 - Mapa de Declividades

Anexo 4 - Mapa de Substrato Rochoso

Anexo 5 - Mapa de Materiais de Cobertura

Anexo 6 - Mapa de Unidades de Terreno

Anexo 7 - Descrição das Unidades de Terreno

Anexo 8 - Mapa de Limitações à Ocupação

Anexo 9 - Aspectos Geotécnicos da Área de Interesse para  
Engenharia

## RESUMO

O Mapeamento Geotécnico é uma ferramenta indispensável, básica na elaboração de planejamento da ocupação, que procura caracterizar as propriedades do terreno de interesse para Engenharia e Planejamento e prever as interações entre os processos do meio físico, o homem e suas obras.

As sucessivas agressões ao meio ambiente tornam necessária a elaboração de planejamentos abrangentes, que tenham uma base geomorfológica segundo o conceito de Avaliação dos Terrenos ("Land Evaluation").

O presente estudo abrange a Quadrícula de Mogi-Guaçu, situada na porção centro-leste do Estado de São Paulo e com aproximadamente 715 Km<sup>2</sup>, sendo elaborado embasando-se nas propostas metodológicas de Zuquette (1987) e PUCE (item 2.2.3) com modificações.

A apresentação dos resultados é feita de maneira descritiva, por meio de mapas e tabelas, incluindo, além dos mapas tradicionalmente apresentados, um mapa de sistemas de relevo, um mapa de limitações à ocupação e uma tabela com propriedades geotécnicas de interesse para a engenharia.



## ABSTRACT

The Geotechnical Mapping is an important tool in planning the occupation of lands. It deals with properties that are interesting to Engineering and Planning, and try to foresee the relations between the natural processes, the man and his works.

The successive agressions to the land has required the elaboration of a wide planning with a geomorphological base, using the concept of Land Evaluation.

The present study include the Mogi-Guacu area, in the central-east portion of São Paulo State, with about 715 Km<sup>2</sup>. The work follows the Zuquette (1987) and PUCE methodologies, with modifications.

The results are presented in maps and tables, including a relief system map, a map of limitations to occupation, and a table with geotechnical properties of interest to engineering.

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura nº 1</i> - Localização Geográfica da área em estudo . . . . .	31
<i>Figura nº 2</i> - Divisão Administrativa da área em estudo . . . . .	32
<i>Figura nº 3</i> - Uso da Terra na área em estudo (IGC,1980) . . . . .	34
<i>Figura nº 4</i> - Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo (IPT,1981) . . . . .	36
<i>Figura nº 5</i> - Mapa Geomorfológico da área em estudo (IPT,1981) . . . . .	37
<i>Figura nº 6</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade RTA1 . . . . .	57
<i>Figura nº 7</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade RTCe . . . . .	58
<i>Figura nº 8</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade REJK . . . . .	60
<i>Figura nº 9</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade RET1 . . . . .	62
<i>Figura nº 10</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade RET2 . . . . .	63
<i>Figura nº 11</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade REGr . . . . .	64
<i>Figura nº 12</i> - Curva Granulométrica dos materiais da	

unidade REGa . . . . .	65
<i>Figura nº 13</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade REGq . . . . .	66
<i>Figura nº 14</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade REGc . . . . .	68
<i>Figura nº 15</i> - Curva Granulométrica dos materiais da unidade REct . . . . .	69
<i>Figura nº 16</i> - Características da Unidade de Terreno 2.2 (Anexos 6 e 7) . . . . .	73
<i>Figura nº 17</i> - Características da Unidade de Terreno 3.1 (Anexos 6 e 7) . . . . .	74
<i>Figura nº 18</i> - Características das Unidades de Terreno 4.4 e 4.6 (Anexos 6 e 7) . . . . .	75
<i>Figura nº 19</i> - Exemplos de perfís de alteração em unidades geotécnicas . . . . .	76

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela nº 1</i> - Resultado de ensaios granulométricos - IAC . . . . .	54
<i>Tabela nº 2</i> - Resultado de ensaios em solos da área e classificações geotécnicas . . . . .	55

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<i>Fotografia nº 1</i> - Contraste geomorfológico entre a Unidade de Terreno 4.4 e a 4.6 (Anexos 6 e 7). . . . .	72
<i>Fotografia nº 2</i> - Instalação de processos erosivos na unidade REGq (Anexos 5 e 9) . . . . .	81
<i>Fotografia nº 3</i> - Processos erosivos instalados na unidade REGq (Anexos 5 e 9) . . . . .	82
<i>Fotografia nº 4</i> - Detalhe da transição entre unidade RTCe (superior) e TU2 . . . . .	92

## 1.0 INTRODUÇÃO

A intensificação da utilização dos terrenos pelo homem, normalmente de maneira agressiva e inadequada, tem resultado em uma progressiva degradação ambiental e em um aumento no custo de implantação de obras, devido ao conhecimento insuficiente das características do meio físico. Desta maneira tem surgido um interesse crescente no aprofundamento do conhecimento dos processos do meio físico e nas interações entre este, o homem e suas obras.

A necessidade deste conhecimento faz-se sentir pelas consequências desastrosas resultantes de utilizações inadequadas do meio pelo homem. Desta maneira, a poluição das águas subterrâneas e superficiais, o esgotamento dos solos em função de processos erosivos acelerados, grandes deslizamentos resultando em elevado número de mortes e perdas materiais, etc., são exemplos típicos provocados por uma ocupação inadequada dos terrenos.

A conscientização para a necessidade do conhecimento do meio físico, principalmente em termos de Brasil, encontra-se muito incipientemente desenvolvida. A solução para a grande maioria destas ocorrências é a realização de um planejamento abrangente, que inclua diretrizes para a adequada ocupação,

considerando como premissas básicas as aptidões inerentes a cada tipo de terreno.

Portanto, as agressões ao meio físico tendem a alcançar níveis cada vez mais alarmantes, os quais obrigarão a definição de atitudes adequadas, entre as quais insere-se o conhecimento das potencialidades das diversas regiões visando sua utilização e/ou ocupação de maneira equilibrada, resultando em prejuízos mínimos para o meio ambiente e um barateamento do custo de implantação das obras civís.

O mapeamento geotécnico regional constitui-se em ferramenta indispensável na definição das potencialidades de cada área, o qual associado a outros ramos do conhecimento resulta na precisa caracterização do meio físico.

Dentre as áreas utilizadas para os mais diversos fins, deve-se destacar aquelas onde o meio físico seja mais frágil para áreas de preservação ambiental.

Este conhecimento do meio físico tornar-se-á extremamente útil quando existir vontade política em se executar um planejamento regional de uso e ocupação dos terrenos. Sua necessidade é patente como fonte de dados auxiliar na execução de EIAs, de RIMAs e de projetos de recuperação de áreas degradadas(IPT,1991). Paralelamente, devem ser avaliados os parâmetros geotécnicos referentes a cada tipo de terreno, sendo que a precisão desta avaliação está intimamente associada à escala de execução dos trabalhos e à disponibilidade de dados. Muitas vezes, em grandes áreas e pequenas escalas(1:100.000 e menores), a avaliação do comportamento geotécnico global dos solos e rochas pode e deve ser feita qualitativamente, priorizando a avaliação de atributos de fácil obtenção. Com o aumento da escala (1:25.000 ou 1:10.000), pode-se avaliar os parâmetros e atributos geotécnicos de maneira mais precisa, devendo-se realizar uma quantidade representativa de ensaios que resultem na obtenção de parâmetros compatíveis com a aptidão a ser avaliada.

## 2.0 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

### 2.1 PRINCÍPIOS GERAIS

O Mapeamento Geotécnico, como ferramenta de avaliação do potencial geotécnico de uma área, pode ser realizado de várias maneiras e é função basicamente dos objetivos a que se propõe, considerando a escala do trabalho, a complexidade da região e as características particulares do local onde está sendo executado.

A cartografia geotécnica aplicada ao planejamento regional e urbano teve um forte desenvolvimento na década de 1960 em países da Europa Ocidental onde, em função da inexistência da propriedade privada, podia-se planejar a ocupação das terras sem que houvesse conflito com a especulação imobiliária(Coelho,1980). Gradativamente, surgiu uma conscientização para a necessidade de se executar planejamentos regionais e urbanos, considerando o meio físico como fator de extrema importância.

Mundialmente, existe uma ampla variedade de metodologias e sistemáticas de execução da Cartografia Geotécnica desenvolvidas normalmente respeitando características físicas, políticas e sociais dos locais onde foram elaboradas.

No entanto, os fatores a serem avaliados são via de regra os mesmos em todas elas. Revisões amplas sobre as características particulares de cada metodologia podem ser encontradas em Cottas(1983), Coelho(1980) e principalmente Zuquette(1987). Este último realiza extensa revisão bibliográfica sobre o assunto, propõe uma base metodológica para execução de trabalhos de cartografia geotécnica para algumas condições brasileiras e a aplica na quadrícula de Campinas(1:50.000). Os volumes 19 e 20 do Boletim da Sociedade Internacional de Geologia de Engenharia(IAEG) apresentam uma compilação de diversos trabalhos relacionados a Cartografia Geotécnica, e pode funcionar como uma excelente orientação para quem deseja aprofundar-se no assunto.

Em termos de Cartografia Geotécnica Regional no Brasil e que visa fornecer subsídios para a elaboração de um planejamento consistente com as condições do meio físico, os trabalhos desenvolvidos no Departamento de Geotecnia da EESC/USP tem sido pioneiros. Entre os mais recentes, inclui-se o de Lollo(1991) que procura, através de uma avaliação paramétrica de aspectos geomorfológicos, uma caracterização de unidades geotécnicas. Apesar de ser um trabalho preliminar, é inédito no fato de procurar correlacionar aspectos externos do terreno(geomorfológicos) às propriedades geotécnicas, sugerindo que o aprofundamento das pesquisas nesta área pode trazer resultados úteis na avaliação geotécnica preliminar de grandes áreas. Os trabalhos de Nishiyama(1991) , Brollo(1991) e Aguiar(1987) são frutos da aplicação metodológica proposta por Zuquette(1987), podendo ser considerados como trabalhos representativos de sua aplicação nas escalas 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 respectivamente, além de tecerem críticas consistentes com relação a diversos aspectos positivos e negativos desta metodologia. As comparações entre os trabalhos de Nishiyama(op.cit.), Zuquette(1981) e Aguiar(op.cit.), realizados na região de São Carlos, em diferentes escalas (respectivamente 1:100.000, 1:50.000, e 1:25.000), são de extrema importância na avaliação dos efeitos da relação extensão areal x escala x detalhamento no mapeamento geotécnico.



Zuquette(1987) subdivide as metodologias e sistemáticas em dois grupos, quando se considera os fins a que devem atender:

1-Uso Geral: possíveis de aplicar em várias escalas e nas quais os atributos mapeados não atendem a um fim específico. Como exemplo, cita as metodologias Francesa, da IAEG, Russa, da Espanha, PUCE, de Brink. A aplicação em outros países implica mudanças e adaptações em diversos níveis.

2-Uso Específico: metodologias desenvolvidas para um fim específico, em áreas especiais, ou complementando áreas amplas, tais como: Froelich, de Kiefer, ZERMOS, de Hinoja e Leon, entre outras.

Da análise das diversas metodologias e sistemáticas existentes considera-se que nenhuma delas pode ser aplicada fora do país ou região onde foi desenvolvida, sem que se realizem mudanças consistentes no seu arcabouço. A intensidade das adaptações será função da disponibilidade de dados, do objetivo, das condições sócio-econômicas e políticas e da disponibilidade de profissionais capacitados. *Portanto, ao se pretender realizar a cartografia geotécnica de uma região, o bom senso da equipe executora é indispensável na obtenção dos objetivos propostos.*

Na definição da IAEG(1976), o mapeamento geotécnico é um tipo de mapa geológico com a representação generalizada daqueles componentes do ambiente geológico de significância no planejamento do uso da terra e no projeto, manutenção e construção aplicados a Engenharia Civil e de Minas.

Na concepção de Zuquette(1987), o mapeamento geotécnico é um processo que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, etc. Tais informações devem ser manipuladas de maneira que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agricultura e outros, através de processos de seleção, generalização, adição e transformação para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e, no final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos,

sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico.

Conforme Cerri(1990), a cartografia geotécnica deve tratar da representação cartográfica das características do meio físico natural de imediato interesse às obras de engenharia. Engloba, desta maneira:

- a distribuição espacial dos diferentes tipos de solos e rochas,
- as propriedades geológicas e geotécnicas destes solos e rochas,
- as formas de relevo e a dinâmica dos principais processos atuantes,
- as eventuais alterações decorrentes da implantação de diferentes formas de uso e ocupação do solo e
- os reflexos da ocorrência dos processos (naturais ou induzidos) nas formas de uso e ocupação.

Das definições acima, observa-se que o mapeamento geotécnico é um "processo" ou ferramenta extremamente amplo e que deve, indispensavelmente, ser utilizado seja nas etapas de planejamento da ocupação ou na detecção de áreas de riscos geológicos, onde se concentram elevadas perdas materiais e humanas.

## 2.2 METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

### 2.2.1 Metodologia IAEG

A IAEG -International Association of Engineering Geology-, sociedade que congrega profissionais ligados à Geologia de Engenharia, propôs um guia para a execução de trabalhos de cartografia geotécnica (IAEG,1976). Expõe-se abaixo alguns princípios básicos dessa metodologia e que devem nortear qualquer trabalho de cartografia geotécnica. Em função de algumas exigências, como a proposição de um número muito grande de dados para definição das unidades geotécnicas, torna-se onerosa a aplicação direta desta metodologia em países pouco desenvolvidos e com poucos dados disponíveis.

O objetivo de uma abordagem geotécnica dos terrenos é prover engenheiros, planejadores e projetistas com informações que os ajudem a criar estruturas de engenharia e promover o desenvolvimento em melhor harmonia possível com o ambiente geológico. Deve-se também fazer um prognóstico das influências do ambiente nas obras de engenharia e vice-versa, contribuindo para um planejamento racional da investigação "in situ", bem como na interpretação de seus resultados.

A elaboração dos trabalhos de mapeamento deve ser dirigida para:

- a natureza e relações dos componentes geológicos individuais,
- o entendimento das relações entre o ambiente geológico e as situações de engenharia,

- os processos geodinâmicos ativos e previsão das consequências das mudanças no meio.

As situações naturais são extremamente complexas, sendo necessária portanto uma simplificação dos modelos do terreno e que dependem principalmente de:

- propósito e escala do mapa,
- importância relativa de fatores geotécnicos e suas interrelações,
- precisão das informações e
- técnicas de representação utilizadas.

Na confecção dos mapas geotécnicos devem ser avaliados o tipo de rocha e solo, suas características gerais, condições hidrogeológicas, condições geomorfológicas e fenômenos geodinâmicos.

Os mapas geotécnicos podem ser classificados em três categorias:

1-quanto a finalidade:

- finalidade especial
- multifinalidade

2-quanto ao conteúdo:

-mapas analíticos: avaliação de componentes individuais do ambiente geológico,

-mapas abrangentes: englobam os mapas das condições geotécnicas e os mapas de zoneamento geotécnico, onde considera-se a uniformidade das condições geotécnicas.

-mapas auxiliares: que apresentam dados factuais, como mapa de documentação,

-mapas complementares: são aqueles que apresentam os dados básicos, como geologia e pedologia.

### 3-quanto a escala:

- grande > 1:10.000
- médio 1:10.000 - 1:100.000
- pequeno < 1:100.000

Na definição dos princípios de classificação, a metodologia aborda uma infinidade de fatores relacionados aos tipos rochosos, condições hidrogeológicas, condições geomorfológicas e condições geodinâmicas. Dentre todos estes, as condições litológicas são de extrema importância na definição dos graus de homogeneidade das unidades geotécnicas. Desta maneira, são definidos quatro níveis de hierarquização com base litológica:

1- Tipo Geotécnico : unidades uniformes nas características litológicas e estado físico,

2- Tipo Litológico : unidades homogêneas na composição, textura e estrutura, mas não no estado físico,

3- Complexo Litológico : unidades que correspondem a associação de tipos litológicos geneticamente relacionados,

4- Suite Litológica : unidades que correspondem a complexos litológicos desenvolvidos em condições paleogeográficas e tectônicas semelhantes.

A escala e a complexidade litológica são inversamente proporcionais.

### 2.2.2 Metodologia Francesa

Metodologia exposta em Sanejouand(1972) e que representa uma classificação dos vários tipos de documentos geotécnicos elaborados na França. No Brasil, foi utilizada com modificações, por exemplo nos trabalhos de Seignemartin(1979) e Zuquette(1983).

As cartas geotécnicas elaboradas na França são classificadas em níveis relativos aos órgãos públicos utilizadores ou níveis de planejamento correspondentes. Estas cartas podem ser classificadas segundo:

#### ESCALA:

- a. 1:100.000 - 1:50.000, cartas para planejamento de áreas metropolitanas
- b. 1:25.000 - 1:10.000, manejo de áreas urbanas
- c. 1:10.000 - 1:5.000, planos de ocupação ou fins específicos
- d. > 1:5.000, zonas de planejamento.

#### CONTEUDO E FORMA:

a. Cartas Analíticas- onde são feitas as representações de um ou mais fatores condicionantes de estudos geotécnicos, constituindo síntese de dados: carta hidrogeológica, carta de formações superficiais, etc.

a1. Cartas de fatores normais : retratam fatores que são estabelecidos durante um estudo geotécnico, sendo o primeiro passo para a elaboração dos documentos sintéticos,

a2. Carta de fatores especiais : são aquelas resultantes do tratamento dos dados das cartas de fatores normais, visando a solução de um problema particular concreto.

b. Cartas Sintéticas : representam uma síntese, em termos de utilização, dos diferentes fatores, definindo zonas homogêneas para um dado tipo de utilização. Correspondem às cartas de aptidão dos terrenos, tais como de Fundações, de Materiais de Construção, etc.

Um zoneamento geotécnico pode ser apresentado de duas maneiras distintas, em função da complexidade do terreno e do objetivo da carta:

-zoneamento considerando uma classificação do terreno em um pequeno número de categorias pré-definidas (bom, médio, mau; adequado ou inadequado, etc.)

-zoneamento considerando a delimitação de áreas com características geotécnicas suficientemente semelhantes, explicitando-se as condições que se encontrará em cada zona (Carta de Zoneamento Geotécnico).

Sanejouand (op.cit.) propõe a análise dos seguintes fatores, durante um estudo geotécnico: natureza e propriedade das rochas, hidrogeologia, geomorfologia, geodinâmica externa, geodinâmica interna, materiais naturais e modificações do meio natural causadas pelo homem.

A maior ou menor ênfase a cada um dos fatores será função dos objetivos finais do trabalho.

As questões básicas que devem ser analisadas no transcorrer dos trabalhos são:

-qual a precisão sobre o comportamento geotécnico dos terrenos que os usuários solicitarão nos diferentes estágios de planejamento e projeto?

-com que precisão os estudos geológicos permitirão prever o comportamento geotécnico do terreno ao nível solicitado?

As cartas de aptidão representariam zonas homogêneas em relação a um conjunto de fatores. Quando se pretende a avaliação de vários problemas, o número destas cartas se amplia demasiadamente. Portanto, em função da escala em que se trabalha, uma inadequada caracterização dos problemas a serem tratados pode tornar a elaboração destas cartas de aptidão específica inviáveis.

Esta metodologia sugere, portanto, que a lógica na realização das cartas de síntese seja:

- elaboração da Carta de Zoneamento Geotécnico geral,
- elaboração eventual de uma ou várias cartas de aptidão, com base na carta de zoneamento geotécnico geral, para permitir a solução de um ou vários problemas bem definidos.

Para elaboração deste zoneamento geotécnico geral deve-se basicamente estabelecer uma classificação destas zonas e a definição dos critérios de zoneamento nas diferentes escalas. Isto implica no estabelecimento de uma hierarquia de fatores em função da escala. É necessário que se enfoque de maneira específica :

- a ordenação dos fatores e da carta de zoneamento geotécnico,
- a classificação geotécnica dos diferentes fatores: rochas, solos, formas de relevo, fenômenos geodinâmicos, etc.



### 2.2.3 Metodologia PUCE (Austrália)

A metodologia de avaliação de terrenos PUCE ( Pattern, Unity, Component, Evaluation) foi elaborada no final da década de sessenta visando a avaliação de grandes regiões na Austrália. O objetivo inicial era o levantamento das condições geotécnicas como subsídio na construção de estradas para o transporte do gado ("beef road"). Posteriormente, foi utilizada na avaliação de áreas onde seriam implantados distritos minerais. É um sistema abrangente, que permite a avaliação dos terrenos para vários fins.

O princípio básico, conforme exposto em Grant e Finlayson(1978) e Finlayson(1982), é o de que áreas com geologia similar, submetidas às mesmas condições climáticas tendem a apresentar solos e parâmetros rochosos semelhantes e, como resultado, os mesmos problemas e propriedades em termos de engenharia e planejamento. Desta maneira, os critérios de separação das unidades são geomorfológicos, tanto geomórficos como morfométricos. O processo de análise consiste inicialmente em uma classificação dos terrenos com base nas similaridades e homogeneidades de certos atributos; posteriormente, é feita uma avaliação (qualitativa e quantitativa) das propriedades do terreno que são significativas para o propósito desejado. A classificação dos terrenos é feita através de sensoriamento remoto, acompanhado de trabalhos de campo. São determinadas características de taludes, solos, vegetação e outros parâmetros naturais que serão utilizados na elaboração de uma ordenação hierárquica de classes que incluem províncias, padrões de terreno, unidades de terreno e componentes do terreno, descritos a seguir.

#### PROVINCIA

É a classe hierárquica superior, definida por aspectos geológicos. Uma Província pode ser caracterizada como uma área contendo:

- 1- rochas sedimentares ou vulcânicas, com geologia uniforme em nível de grupo;
- 2- rochas de origem plutônica, com litologia e idade uniforme;
- 3- aluviões e coluviões, ocorrentes em uma divisão de drenagem simples;
- 4- material eólico, com litologia uniforme em um embasamento continental.

Normalmente, pode ser determinada a partir de mapas geológicos em escala 1:250.000.

#### PADRÃO DE TERRENO

Pode ser definido como uma área contendo topografia repetitiva, mesma associação de solos e mesmas formações vegetais naturais. É essencialmente uma paisagem uniforme com amplitude de relevo local uniforme, padrão de drenagem característico e densidade de drenagem uniforme. Deve ser representado por uma área com aspecto distinguível em fotografia aérea de escala adequada.

#### UNIDADE DE TERRENO

É definida como área constituída por uma simples paisagem, apresentando uma associação de solos e formações vegetais características. Estas paisagens inserem-se em classes tendo uma associação característica de taludes e uma amplitude de relevo local uniforme, como segue:

- superfícies planas ou com graus variados de ondulação (não dissecada, dissecada, erodida)
- talude entre duas superfícies de terreno: suave, forte, tipo escarpa, etc.

- colinas isoladas , serras,
- montanhas vulcânicas,
- montanhas dobradas,
- linhas de drenagem, lagos, pântanos.

São definidas também classes de associações características de solos:

- afloramentos rochosos (ausência de solo),
- solos argilosos,
- solos siltosos,
- solos estratificados.

Dentro destas classes, deve-se fazer uma distinção entre o tipo de perfil existente: homogêneo, gradacional, etc.

As formações vegetais características são separadas em classes: terreno nú, gramíneas, arbustos, mata aberta, floresta aberta, floresta úmida, etc.

#### COMPONENTE DO TERRENO

Pode ser definido como uma área que apresenta:

1-taxa constante da mudança de curvatura das vertentes, considerando um par de linhas paralelas ao maior e menor eixos do talude.

2-uma litologia uniforme em um ambiente estrutural uniforme,

3-uma associação de solos compatíveis, sendo que cada camada do solo pode ser expressa segundo a Classificação Unificada e com subdivisão do perfil uniforme.

4-uma associação vegetal característica.

Desta maneira, estabelece-se um sistema de classificação hierárquico, no qual uma província é constituída de uma associação repetitiva de padrões de terreno, um padrão de terreno consiste em uma associação repetitiva de unidades de terreno e sucessivamente desta maneira.

Após realizada a classificação do terreno, a avaliação das propriedades geotécnicas pode ser feita de maneira que as amostras coletadas sejam representativas de grandes áreas, baixando sobremaneira os custos dos levantamentos preliminares.

Esta metodologia estabelece que a capacidade dos recursos geotécnicos de um terreno só pode ser avaliada após o projeto ter sido concebido. A informação que é apropriada ao nível de padrão de terreno é coletada com base no padrão de terreno, aquela apropriada ao nível de unidade do terreno é coletada com base na unidade do terreno, bem como a apropriada ao nível de componente do terreno é coletada com base no componente do terreno.

Ao se avaliar a capacidade dos recursos geotécnicos do terreno, deve-se considerar:

1- as propriedades do terreno e seus atributos que são críticos para o propósito desejado,

2-para estas propriedades, o nível de detalhe deve ser estimado para cada fase no planejamento e construção,

3-as propriedades que devem ser quantificadas e as que devem ser qualificadas,

4-estimar e marcar valores destas propriedades em termos do nível apropriado a elas na classificação dos terrenos

Preconiza-se o uso de um sistema de armazenagem e recuperação dos dados através de meios computacionais, devendo portanto todas as classes e características serem ordenadas segundo um sistema numérico que facilite o tratamento dos dados.

Como conclusão, observa-se que uma considerável economia de esforços e custos pode ser alcançada através de:

- Amostragem apenas de acordo com as mudanças significativas do terreno, como revelado nos estágios de classificação dos terrenos ao nível de detalhe apropriado à fase particular do projeto.

- Uso das facilidades de previsão, inerentes ao sistema, através da extrapolação de propriedades, a partir da ocorrência de um membro de uma classe de terreno, para todas as outras ocorrências do mesmo membro desta classe.

- Uso de um sistema de armazenagem e recuperação que é parte do processo.

#### 2.2.4 Metodologia de Zuquette

É uma metodologia que foi desenvolvida por Zuquette(1987) junto ao Departamento de Geotecnia da EESC/USP e aplicada preliminarmente na região de Campinas/SP. Tem o objetivo de produzir documentos que auxiliem nas diretrizes para implementação de formas de ocupação, sem grandes agressões ao meio físico. Desta maneira, propõe a realização de mapeamento geotécnico em escalas pequenas com apresentação das informações de maneira geral. Em uma segunda fase, para atender uma finalidade específica, os trabalhos devem ser realizados em escalas entre 1:50.000 e 1:10.000, e a fase posterior deverá ser a nível de investigação local.

Os atributos a serem considerados em um mapeamento geotécnico dependem da definição dos usuários do trabalho e a qualidade da avaliação geotécnica do terreno está diretamente relacionada a uma adequada caracterização dos atributos.

Os mapas a serem apresentados podem ser divididos em 4 grupos básicos, descritos a seguir:

1-Mapas Básicos Fundamentais - devem ser elaborados em qualquer região, independente das características do meio físico.

a. Mapa Topográfico - base para lançamento de dados e para a elaboração da Carta Clinométrica.

b. Mapa de Substrato Geológico - deve basicamente retratar as estruturas e os tipos litológicos,

c. Mapa de Materiais Inconsolidados - deve representar os materiais de cobertura separadamente do substrato geológico, diferenciando-os quanto à textura, origem, rocha mãe, espessura, etc.

Estes mapas devem simplesmente representar as características e os atributos dos diferentes materiais, não fornecendo dados interpretativos.

d. Mapa de águas - deve fornecer dados das condições hidrológicas e hidrogeológicas, incluindo tipo de drenagem, bacias, áreas inundáveis, etc, além de localização dos aquíferos, áreas de recarga, profundidade e espessura do material armazenador, condições de perfuração, etc.

2-Mapas Básicos Opcionais - agrupam-se aqui todos os demais mapas existentes que podem fornecer algumas características da área em questão e em alguns casos fazer parte dos mapas básicos fundamentais. Entre estes, encontram-se os mapas pedológico, geomorfológico, geofísico, climático e de ocupação atual ou prevista.

No âmbito dos mapas geomorfológicos, o mapa morfométrico, que subdivide a área em classes de declividade, é de grande utilidade, tendo se transformado em um mapa básico fundamental. Para as condições de ocupação no Brasil Zuquette(1987) propõe as seguintes classes de declividade:

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

3 - Mapas Auxiliares - um exemplo é o Mapa de Documentação ou de Dados, no qual se registra os pontos onde foram feitas observações, coleta de amostras, ensaios, etc..

4 - Cartas Derivadas ou Interpretativas, são cartas oriundas da interpretação dos outros tipos de mapas. Contém informações sobre os terrenos para uma ou mais finalidades e são destinadas diretamente aos usuários finais.

Os mapas produzidos podem ser classificados quanto a:

Escala : Gerais - 1:100.000 e menores

Regionais - 1:100.000 a 1:25.000

Semi-detalhados - 1:25.000 a 1:10.000

Desaconselha-se o uso de escalas maiores, pois resultaria em uma possível substituição das investigações locais.

Finalidade :

A - em escalas gerais, possibilitam orientação no desenvolvimento de grandes áreas territoriais, devendo apresentar informações qualitativas analisando os seguintes atributos:

-Condições geomorfológicas: declividade e áreas instáveis;

-Materiais: tipos rochosos e suas estruturas, textura dos materiais inconsolidados, possíveis aquíferos, áreas de potencial mineral;

-Ocupação atual: vegetação natural e ação antrópica;

-Dados climáticos para bacias hidrográficas: pluviosidade, área da bacia;

B - auxílio na ocupação de áreas, determinando a melhor maneira de ocupação, através de ênfase aos atributos que controlam os diversos usos possíveis; em escalas maiores que 1:50.000, deve-se analisar os seguintes atributos:

-material inconsolidado: natureza e características gerais, bem como suas variações;

-geomorfologia: declividade, forma das encostas, movimento dos materiais;

-material rochoso: natureza e características tectono-estruturais;

-águas superficiais e subterrâneas: profundidade do NA, áreas inundáveis, características físico-químicas, aquíferos e áreas de recarga;

-formas de ocupação: vegetação natural, ocupação agrícola, ocupação urbana;



-fatores climáticos: pluviosidade, áreas de bacias hidrográficas, evaporação, meses mais úmidos e mais secos, insolação, intensidade pluviométrica.

#### C - Forma de apresentação das Informações

-Mapa das Condições Geotécnicas: apresentação de todos os atributos do meio físico, sem zoneamento. As informações são gerais sem antecipar futuros usos.

-Mapa de Zoneamento Geotécnico Geral: é um zoneamento através da separação de regiões com condições geotécnicas semelhantes, sem considerar um uso específico. É considerado um zoneamento multifinalidade.

-Mapa de Zoneamento Geotécnico Específico: a região é zoneada segundo as condições que afetam um uso específico: fundações, estradas, etc., sendo a representação mais indicada para escalas maiores que 1:50.000 e denominada normalmente de Carta de Aptidão.

Nesta metodologia, objetiva-se basicamente a obtenção das cartas derivadas ou interpretativas, ou ainda de aptidão. O autor apresenta tabelas detalhadas de usos específicos, com os respectivos atributos a considerar, assim como a maneira de observação e obtenção de cada atributo. É proposta a elaboração de cartas de aptidão específica para os seguintes fins: fundações, escavabilidade, deposição de rejeitos, estradas, obras enterradas, estabilidade de taludes, materiais de construção, erosão potencial, irrigação, restrições ambientais e carta de orientação de uso.

São realizadas considerações sobre o número de observações por unidade de área, em função da escala, bem como ressalvas que devem ser feitas na interpolação de dados e observações. São apresentados os ensaios que devem ser realizados nos solos e rochas para sua caracterização geotécnica, incluindo

diversas correlações entre propriedades medidas e propriedades geotécnicas: permeabilidade, compressibilidade e resistência. São propostas simbologias para a representação dos diversos aspectos do terreno em mapa, além de uma ficha para coleta de dados.

### 3.0 AVALIAÇÃO DE TERRENOS ("LAND EVALUATION")

O mapeamento geotécnico insere-se no contexto da avaliação dos terrenos ("land evaluation") visando seu uso da maneira mais racional possível. Associam-se a este tipo de avaliação, levantamentos de solo para a agricultura, pesquisa de recursos minerais e inventários para aproveitamentos hidroelétricos, entre outros.

Em uma avaliação mais adequada, acredita-se que o meio físico deva ser tratado como um todo, em escalas médias a pequenas, fazendo-se uso da interdisciplinaridade dos vários ramos do conhecimento. Segundo esta linha de raciocínio, surge o conceito de Avaliação de Terrenos ("Land Evaluation"), que objetiva uma avaliação generalizada das capacidades de uma determinada área do terreno. Este tem sido um procedimento comum na execução de trabalhos em muitos países desenvolvidos (Mc Rae & Burnham, 1981 ; Putte, 1989). Em países subdesenvolvidos, como o Brasil, não existe uma maturidade político-social que justifique aos órgãos financiadores a elaboração deste tipo de abordagem dos terrenos, a qual visivelmente resultaria em economia maciça de recursos, bem como na otimização do aproveitamento dos bens disponíveis (Ponçano et al, 1979; Wright, 1972). Os resultados da elaboração de sucessivos trabalhos, em áreas distintas e para diferentes fins, justificará perante os órgãos utilizadores e

financiadores a importância e viabilidade de execução deste tipo de trabalho.

Esta interdisciplinaridade, necessária à uma avaliação global dos terrenos, deve considerar a forma dos terrenos (geomorfologia) como o elo de ligação entre as várias linhas do conhecimento (pedologia, geologia, vegetação e características geotécnicas).

A elaboração de um mapeamento das características de engenharia de uma área assume implicitamente que ela pode ser classificada com relação aos atributos considerados.

Segundo Brink et al(1982), existem dois procedimentos básicos para a elaboração de uma classificação de terrenos:

1- Utilização de critérios paramétricos (ou método do parâmetro especial segundo Wright;1972), no qual são medidos todos os parâmetros relevantes do terreno que está sendo abordado, como : classes de declividade, conteúdo de argila, valores de CBR, etc. A definição das classes de terreno é feita segundo faixas de variação dos parâmetros adotados e em função de suas propriedades de engenharia. Seus limites são definidos por critérios de interpolação, sendo posteriormente mapeadas.

Este método usualmente implica na aquisição de uma grande quantidade de dados, o que facilita uma avaliação estatística, porém eleva sobremaneira os custos de elaboração do trabalho, sendo adequado a estudos intensivos de pequenas áreas para propósitos específicos.

2- Utilização das formas do terreno (análise da paisagem): neste caso, as classes de terreno são reconhecidas por seus aspectos externos e suas interrelações, normalmente fazendo-se uso de sensoriamento remoto, com posterior descrição das propriedades, a partir de observações em locais específicos ou através de inferências a partir de sua gênese. Esta maneira de abordagem está embasada em critérios geomorfológicos e na premissa de que os aspectos externos do terreno são a expressão

das interrelações que ocorrem entre rocha, estrutura, solo e seus agentes formadores. Neste caso, as classes são definidas por serem mapeáveis e posteriormente suas características de engenharia são avaliadas. O processo envolve a identificação de todas as descontinuidades da paisagem e sua avaliação com objetivo de :

- definir as unidades porque apresentam propriedades que as diferenciam,
- combinar unidades com propriedades semelhantes,
- subdividir unidades em função da heterogeneidade das suas propriedades.

Um processo de classificação deve seguir as seguintes etapas (Speight, 1977):

- 1-especificação dos atributos,
- 2-avaliação dos valores dos atributos,
- 3-comparação das unidades, atributo por atributo,
- 4-agrupamento dos "indivíduos" com valores semelhantes dos atributos.

Para que se possa utilizar praticamente os conceitos da classificação dos terrenos para a engenharia é necessário que saibamos como são as co-variações de propriedades de engenharia com os aspectos morfológicos do terreno.

Melnikov(1979) propõe duas maneiras distintas de abordagem do meio físico (mapeamento geotécnico):

- 1-análise das formações em termos litogenéticos,
- 2-análise através da paisagem ("landscape, landform").

Em função dos fatores que influenciam na execução de um trabalho de mapeamento geotécnico, a análise pode ser feita

através de aspectos litogenéticos, de paisagem ou através da mescla de ambos os conceitos. A análise das paisagens será altamente válida quando se verificar a viabilidade da extrapolação de índices que caracterizem as rochas e solos a partir de áreas chaves. A "landform" é, no conceito de Savigear(1960, in Faniran & Jeje,1983), um aspecto da superfície da Terra com formas características distintivas as quais podem ser atribuídas a processos ou estruturas específicas no transcurso de seu desenvolvimento e aos quais o referido aspecto pode ser claramente correlacionável.

Dentro da sistemática de utilização de uma base geomorfológica para a avaliação preliminar dos terrenos distinguem-se duas maneiras de abordagem:

1- a utilização do conceito de facetas ou sistemas de terreno (Webster & Beckett,1970; Speight,1977; Briggs & Shishira,1985; Ponçano et all,1979)

O conceito proposto inicialmente por Webster & Beckett (op.cit.) e na concepção de Briggs & Shishira (op.cit.) representa:

Faceta de Terreno : pequena área da superfície do terreno que é uniforme em termos de seus aspectos superficiais facilmente reconhecíveis ( forma de vertente, condições e materiais de superfície),

Classe ou Sistema de Terrenos : um grupo, não necessariamente contíguo, de facetas de terrenos similares que se repetem em uma situação geomorfológica similar.

2- a utilização dos princípios da metodologia PUCE : esta sistemática de classificação dos terrenos evoluiu de maneira a transformar-se em uma metodologia de mapeamento bem estruturada e com ordenação hierárquica ( ver item 2.2.3).

O mapeamento geotécnico deve servir como uma fonte de dados para as várias fases de projeto das obras civis e afins. A

investigação local, realizada visando a obtenção de parâmetros construtivos : resistência, compressibilidade, níveis de fundação, etc., só é feita em grandes escalas.

Quando se objetiva a análise de áreas maiores visando a obtenção de parâmetros que permitam a elaboração de um planejamento do uso e ocupação, depara-se com a inviabilidade de execução de um número de ensaios que permitam os mesmos tipos de extrapolações feitos em escalas de detalhe. Nestes casos, são executados alguns poucos ensaios esparsamente distribuídos e seus resultados são extrapolados para áreas maiores, muitas vezes sem critérios bem definidos que a justifiquem. Para grandes áreas, em pequenas e médias escalas, a definição de unidades geneticamente semelhantes parece ser um critério adequado para a extrapolação de dados pontuais.

A análise do terreno através de "landforms" visa a definição de unidades geneticamente semelhantes. Para Cook & Doornkamp (1990), muitos dos limites das unidades de terreno coincidem com os limites dos solos, pois o relevo é um importante fator na formação do solo e de definição das características dos perfis de alteração de uma área. Desta maneira, o relevo constitui um guia valioso para a locação dos limites dos solos nos estágios de reconhecimento, em mapeamentos de solos.

A dificuldade maior na caracterização das unidades geomorfológicas é definir o grau de homogeneidade para o objetivo e escala do trabalho em curso. O sucesso na obtenção destes objetivos depende, em parte, da homogeneidade interna das unidades geomorfológicas em termos dos atributos considerados (Brigs & Shishira, 1985) . Este nível de homogeneidade é de extrema importância na definição da representatividade de amostras pontuais.

Na aplicação destes conceitos, a previsão das propriedades dos solos dentro das unidades definidas pelo critério da "landform" é imprecisa, porém a variabilidade de certas propriedades no interior de uma unidade é menor do que a variabilidade de uma unidade para outra. Isto basicamente

relaciona-se a problemas de escala, visto que a maioria das unidades definidas em fotografia aérea representam associações de classes de terreno, sendo agrupamentos de unidades menores (facetas de terreno), nas quais a homogeneidade é bem maior.

O fato de haver diferentes graus de variações nas propriedades de uma unidade para outra, significa que diferentes intensidades de amostragem serão requeridas em diferentes porções da paisagem. Briggs & Shishira(1985) analisando a relação entre os atributos que definem a "landform" e as propriedades de interesse para a engenharia, encontraram um baixo grau de correlação. Isto significa que muitos dos atributos responsáveis pela caracterização da "landform" não variam em conjunto com as propriedades dos solos.

Na concepção de Wright(1972), uma classificação de terrenos pode ser feita utilizando-se critérios de associação ou de subdivisão. Na associação, há a necessidade de existirem unidades primárias claramente definidas ou indivíduos taxonômicos. Estes serão delimitados através da seleção de características distintivas adequadas ao fim desejado. Já o critério de subdivisão implica em desmembramentos sucessivos de unidades, em função de diferenças sensíveis entre seus componentes menores.

A definição de uma classificação hierárquica implica na utilização do conceito de associação porém, na prática, o que se utiliza é um misto de ambos os critérios, muitas vezes resultando em deficiências na hierarquização das classes.

Muitas das propriedades geotécnicas dos solos são influenciadas pela interação entre solo e água. Segundo Gerrard(1981), o desenvolvimento de um solo em um sítio particular depende das quantidades relativas de água escoada e água infiltrada que influenciam na formação do solo. Desta maneira, a geomorfologia é importante e os perfis dos solos e as formas do terreno tornam-se os registros de como os fluxos de energia externo e interno foram dissipados ao longo do tempo.



Conforme Klant(1989), se as características dos solos analisados sob a ótica de sua gênese forem entendidas, as limitações e aptidões de uso serão conhecidas e os resultados de descrições de campo e análises laboratoriais poderão ser extrapolados para solos semelhantes. Isto reduz tempo e gastos na execução de trabalhos de prospecção geotécnica.

#### 4.0 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

##### 4.1 LOCALIZAÇÃO e ACESSO

A área estudada situa-se na porção Centro-Leste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°15' e 22°30', e meridianos 46°45' e 47°00', abrangendo toda a quadrícula de Mogi-guaçu (IBGE, 1972) na escala 1:50.000 ( SF-23-Y-A-III-3 ), com uma área de aproximadamente 715 Km<sup>2</sup>. Engloba parte dos municípios de Mogi-Guaçu, Mogi-Mirim, Itapira e Pinhal.

As figuras 1 e 2 indicam respectivamente a situação geográfica e a divisão administrativa da área.

O estudo faz parte do projeto de Cartografia Geotécnica do Centro-Leste do Estado de São Paulo, desenvolvido pelo Departamento de Geotecnia da EESC/USP, com objetivo de treinamento de profissionais na área, tendo como projeto base a elaboração da Cartografia Geotécnica da Quadrícula de Campinas (1:250.000).

Dista cerca de 50 Km de Campinas, apresentando um sistema viário bom, onde se destacam as rodovias asfaltadas SP-340 que liga Campinas à Aguaf, SP-147 que liga Limeira à Águas de Lindóia e SP-342 que liga Mogi-guaçu a Poços de Caldas, além

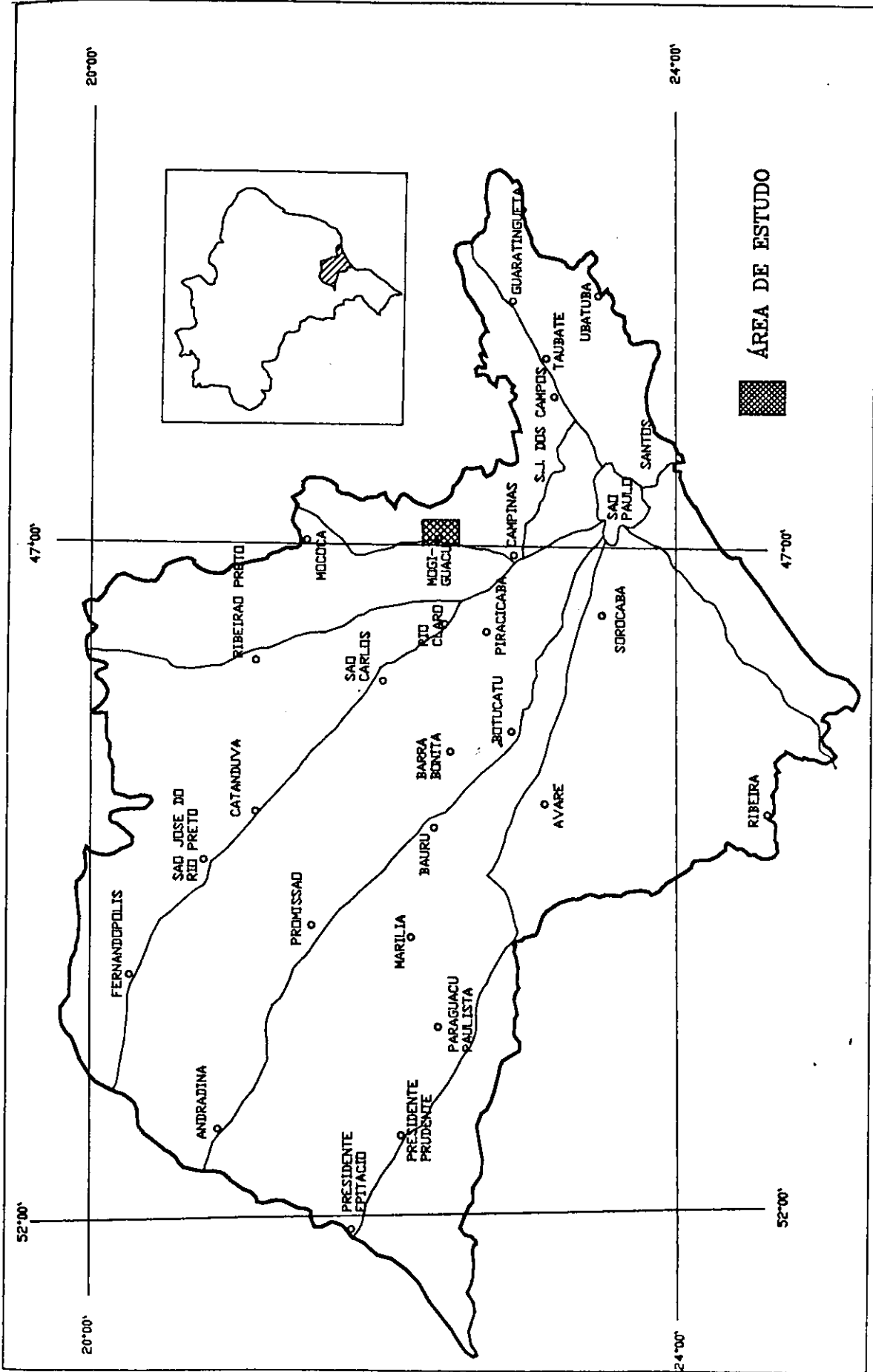


Figura nº 1 - Localização Geográfica da Área

## DIVISÃO ADMINISTRATIVA DA ÁREA ESTUDADA (IBGE, 1972)

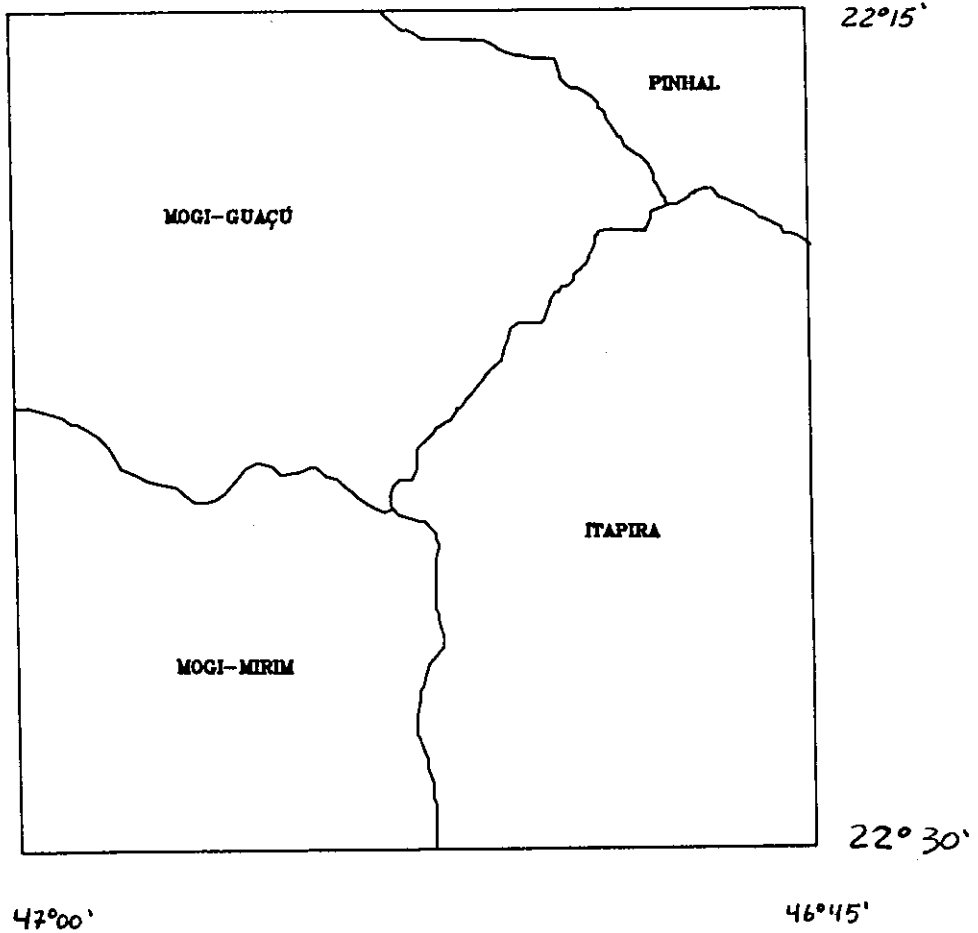


Figura nº 2 - Divisão Administrativa da área em estudo

de uma grande quantidade de estradas vicinais transitáveis o ano todo.

#### 4.2 USO e OCUPAÇÃO

A região caracteriza-se por apresentar uso e ocupação diversificados e grande expansão populacional nas três cidades que nela ocorrem : Mogi-Guaçu, Mogi-Mirim e Itapira. Quanto às regiões de expansão destas cidades, observa-se tendência de junção entre Mogi-Guaçu e Mogi-Mirim, além de condições mais favoráveis à ocupação dos terrenos nestas áreas do que junto à cidade de Itapira. A evolução do crescimento do perímetro urbano destas cidades no período de 1965 até 1987 pode ser observada no Anexo 1.

O uso da terra, segundo o IGC(1980), pode ser observado na Figura 3. Existe predomínio das culturas de cana de açúcar em regiões de topografia suave, bem como de pastagem nas regiões mais movimentadas do terreno.

#### 4.3 CLIMA

A área situa-se em uma região de transição dos domínios climáticos da Depressão Periférica e da região das Serras de Lindóia. Conforme Setzer(1976) e DAEE(1972), caracteriza-se por um regime de transição entre muito úmido subtropical com estação seca marcante e úmido subtropical com estação seca marcante (Mu-Cw / U-Cw), com temperaturas médias máximas no verão próximas a 24°C e temperaturas mínimas próximas a 16°. As precipitações médias anuais situam-se entre 1550 e 1350 mm, sendo que as médias totais da estação seca (abril a setembro) variam de 220 a 260 mm e as médias totais na estação úmida (outubro a março) variam de 1200 a 1300 mm. A umidade média dos meses mais úmidos situa-se próximo a 82% e nos meses mais secos em torno de 73%. A evapotranspiração efetiva anual, conforme Setzer(1976), situa-se entre 800 e 900 mm.

USO DA TERRA NA ÁREA ESTUDADA (IGC,1980)

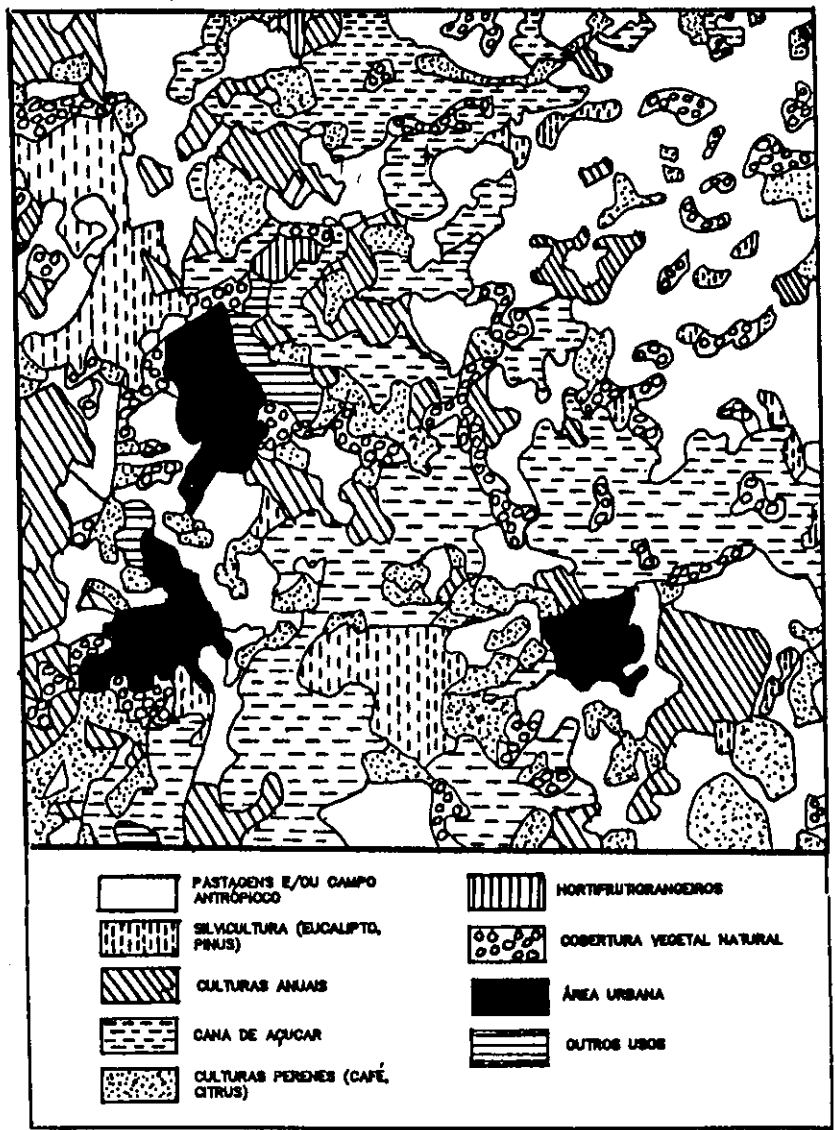


Figura nº 3 - Uso da Terra na área em estudo

#### 4.4 HIDROGRAFIA (Anexo 2)

A área situa-se na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu e apresenta contrastes de densidade e tipo de rede de drenagem que refletem características particulares das rochas, solos e estruturas da região.

É subdividida em 5 sub-bacias, a primeira representada pelo próprio Rio Mogi-Guaçu, com seus contribuintes menores (1<sup>o</sup> a 4<sup>o</sup> ordem) e as outras representadas pelas sub-bacias do Rio do Peixe a leste, do Ribeirão da Penha a sudeste, do Rio Mogi-Mirim, a sul e do Rio Oriçanga a norte. Estas sub-bacias apresentam drenagens de 5<sup>a</sup> ordem ou maiores e que correspondem às drenagens dos principais contribuintes do Rio Mogi-Guaçu.

A porção E da área, relacionada aos afloramentos do Embasamento Cristalino, caracteriza-se por uma densidade de drenagem alta, canais de 1<sup>o</sup> ordem em maior número e com menores comprimentos. Contrastam com a rede de drenagem da região da Bacia do Paraná, a W, onde a densidade de drenagem é baixa.

Na porção do Embasamento Cristalino, principalmente a NW da área, a rede de drenagem apresenta um caráter fortemente estruturado, estando a maioria dos cursos de água encaixados em linhas de falhas e fraturas. Aspecto importante é o controle das linhas de drenagem principais por grandes falhamentos. Na porção NE, o Rio Mogi-Guaçu encontra-se encaixado no lineamento Jacutinga e após confluência com o Rio do Peixe inflete-se para W-NW, segundo um lineamento regional que coincide com a orientação geral do rio Tietê.

Um controle estrutural muito nítido pode ser observado na porção centro-oeste da área, onde os canais a N e S do Rio Mogi-Guacu apresentam comprimentos diferentes, que devem estar relacionados a basculamentos tectônicos com direção NW (Artur, 1980). Na porção E, ao sul do rio do Peixe e a NE de Itapira, ocorre um sistema de drenagem subparalelo, que coincide com uma superfície suavizada e basculada para NE, limitada a N pelo Rio do Peixe.

Os aspectos da rede de drenagem podem ser observados no mapa de águas Superficiais (Anexo 2), bem como no Mapa de Unidades de Terreno (Anexos 6 e 7), onde são apresentados os tipos de rede de drenagem, suas densidades e número de canais de 1ª ordem.



Figura nº 4 -Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo  
(IPT, 1981)



#### 4.5 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Conforme IPT(1981), a área estudada situa-se em uma região de transição entre a Depressão Periférica e o Planalto Atlântico, mais especificamente entre a Zona do Mogi-Guaçu e a Serrania de Lindóia (Fig. 4).

Na Fig.5, tem-se o Mapa Geomorfológico da área, segundo o conceito de Sistemas de Relevo de Ponçano (1981), sendo as formas de relevo descritas a seguir.

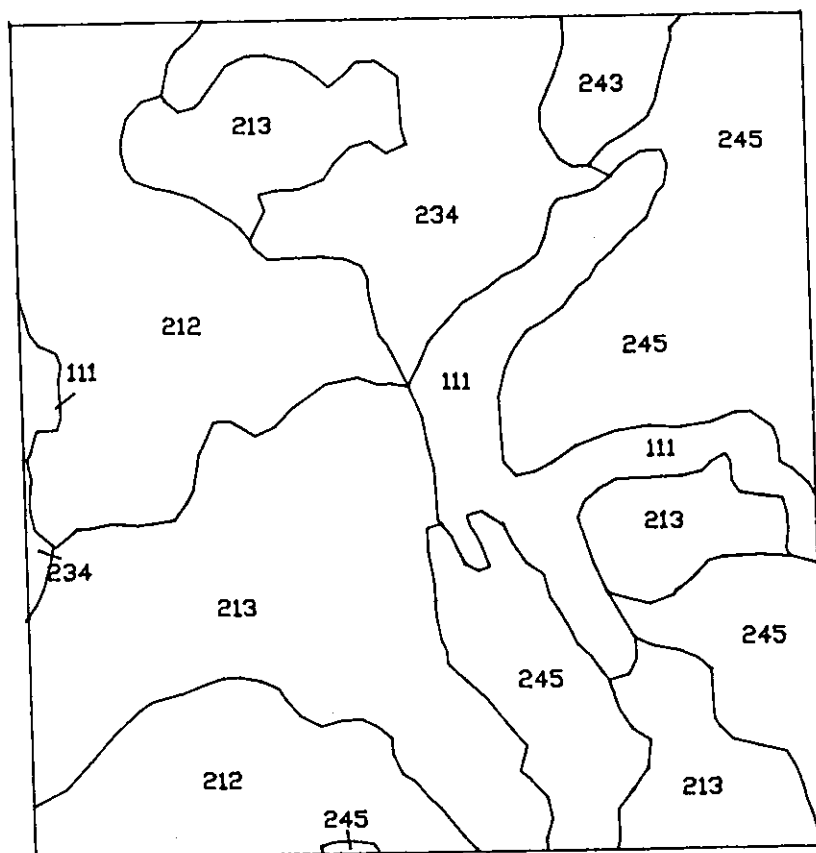


Figura n<sup>o</sup> 5 - Mapa Geomorfológico da área em estudo  
(IPT, 1981)

111 - *Planícies Aluviais* - terrenos baixos e mais ou menos planos junto às margens dos rios, sujeitos a inundações frequentes.

212 - *Colinas Amplas* - caracterizada por interflúvios com áreas superiores a 4 Km<sup>2</sup>, topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, baixa densidade de drenagem, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies interiores restritas, com eventuais lagoas.

213 - *Colinas Médias* - interflúvios com áreas entre 1 e 4 Km<sup>2</sup>, topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de baixa densidade, padrão subretangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

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

243 - *Mar de Morros* - topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a retangular, vales abertos a fechados, planícies aluvionares interiores desenvolvidas e conjunto de formas meia laranja.

245 - *Morros com Serras Restritas* - Morros de topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos, presença de serras restritas, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a pinulado, vales fechados, planícies aluvionares interiores restritas.

Utilizando o mesmo conceito de sistemas de relevo, acrescido de descrições geológicas e avaliação paramétrica da densidade de drenagem, número de canais de 1<sup>a</sup> ordem, amplitude de relevo, tipo de drenagem e declividades, foi elaborado um mapa denominado de Unidades de Terreno, descrito no item 4.7 e nos Anexos 6 e 7.

Da comparação entre o Mapa Geomorfológico do IPT (Figura 5) e o Mapa de Unidades de Terreno, observa-se que existe uma correspondência geral entre as unidades, sendo as diferenças principais devidas à escala e à separação de algumas Unidades de Terreno em função das unidades geológicas.

Um aspecto geomorfológico de grande interesse para as obras de engenharia é a declividade média dos terrenos. Desta maneira, foi elaborado um mapa de declividades da área, com base no mapa topográfico na escala 1:50.000 e segundo metodologia dos gabaritos (De Biasi, 1970). Optou-se pela divisão da área em 5 classes de declividade, sendo que a classe de 0-2 % foi representada em duas classes, em função de sua presença junto às várzeas dos rios ou em regiões de topo. As classes utilizadas foram:

0 - 2 % (regiões de várzea)

0 - 2 % (regiões de topo)

2 - 5 %

5 - 10 %

10 - 15 %

> 15 %

#### 4.6 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área situa-se em uma região de transição entre as rochas do Embasamento Cristalino e as da Bacia do Paraná. Caracteriza-se por forte heterogeneidade litológica, englobando, no Embasamento Cristalino, gnaisses, granitos, xistos, quartzitos e rochas cataclásticas, de idade pré-cambriana, fortemente estruturado (xistosidade, fraturas e falhas) e com frequentes contatos tectônicos entre as litologias. As da Bacia do Paraná constituem rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Tubarão, de idade carbonífera superior, constituído por arenitos, siltitos, argilitos e diamictitos, em uma interdigitação típica dos depósitos glaciais. Intrudidos neste pacote de sedimentos ou no contato embasamento/bacia ocorrem extensos sills de diabásio, correlacionados ao Grupo São Bento, de idade mesozóica e com baixa heterogeneidade litológica. Ocorrem ainda, capeando as diversas litologias da região, extensos depósitos areno-argilosos com espessuras variáveis, de idade cenozóica e correlacionáveis a Formação Rio Claro (Bjornberg e Landim, 1966).

É também comum encontrar-se exposições das rochas do embasamento na região da Bacia do Paraná, principalmente ao longo de alguns vales, instalados em altos topográficos do embasamento e expostos em função do nível de erosão atual. Esta situação é comum no sul da área, onde constata-se um aumento gradual do número de cristas quartzíticas da unidade de gnaisses com quartzitos (GNq) de E para W. Os altos topográficos, em função do intemperismo atuante, são representados pelas porções mais quartzosas da unidade de gnaisses com quartzitos.

Um caráter marcante das rochas do embasamento, de grande importância para a engenharia, é o contraste de competência dos pacotes rochosos, seja por diferenças composicionais (unidades GNa-gnaisses com anfibolito e GNq-Gnaisses com quartzitos) ou na intensidade de fraturamento e deformação, como na região da Falha da Jacutinga. Este contraste

impõe variações bruscas do comportamento geotécnico ao longo de alguns poucos metros.

Desta maneira, considerando que um mapa geológico para a engenharia deve ser apresentado de maneira simplificada e em função da relação escala do mapa x heterogeneidade litológica, as unidades do Mapa de Substrato Rochoso foram agrupadas em associações litológicas que representassem uma maior homogeneidade possível em termos de ocupação do terreno. Portanto, o caráter geotécnico acaba sendo retratado através do grau e tipo da heterogeneidade dentro da unidade.

As unidades de Substrato Rochoso, descritas a seguir, encontram-se no Anexo 4.

#### 4.6.1 Unidades do Substrato Rochoso (Anexo 4)

Na descrição das unidades, procurou-se abordar as constituições litológicas e mineralógicas, as relações de contato intra-unidades, as relações de contato com as unidades adjacentes, as estruturas, etc. Os aspectos relativos aos perfis de alteração serão abordados no item 4.6.2 e 4.7.2

### A - ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO

O limite entre as regiões de rochas do Embasamento Cristalino e as rochas da Bacia do Paraná é de difícil identificação em campo, em função de estar localizado em uma região de relevo peneplanizado, com topografia suavizada e poucos afloramentos esclarecedores. Adotou-se, neste trabalho, o limite geomorfológico, facilmente identificável em fotografia aérea pela existência de quebras de relevo e pelo aumento da densidade de

drenagem e da amplitude de relevo em direção ao Embasamento Cristalino.

As descrições destas litologias baseiam-se em IPT(1982), Artur(1980), Wernick(1978) e principalmente em observações de campo; maiores detalhes podem ser encontrados nos referidos trabalhos.

As rochas do Embasamento Cristalino englobam dois blocos distintos: um ao norte, representado por rochas graníticas e migmatitos pertencentes ao Grupo Pinhal e outro ao sul, por rochas pertencentes ao Grupo Amparo, constituído basicamente por um pacote meta-vulcano sedimentar com gnaisses, quartzitos, migmatitos, xistos e rochas básicas. Separando estes dois blocos ocorre uma faixa de rochas cataclásticas orientadas (N 60 E). Foram agrupadas em uma unidade onde a intensidade de fraturamento e de deformação é elevada, englobando cataclasitos, milonitos, ultramilonitos, brechas, etc. No interior das demais unidades, são comuns regiões de rochas cataclásticas ao longo dos principais falhamentos, não discriminadas em mapa.

O pacote das rochas do Grupo Amparo pode ser subdividido em três unidades distintas : gnaisses com intercalações de rochas básicas (GNa), gnaisses com intercalações de quartzitos (GNq) e quartzitos com intercalações de gnaisses (QTz), descritas a seguir.

#### GNa - Gnaisses com intercalações de rochas básicas

É uma associação litológica que aflora na porção SE da área, caracterizada pela presença de biotita e hornblenda gnaisses, com intercalações frequentes de rochas básicas, principalmente anfibolitos e eventualmente gonditos.

Predominam amplamente os biotita gnaisses, em uma associação íntima com os hornblenda gnaisses, ocorrendo estes na forma de camadas ou lentes de espessuras variadas porém de forma persistente.

Estas rochas apresentam, de maneira geral, uma estrutura granoblástica e porções gnáissicas, com alternância de níveis claros e escuros, com tons cinza esverdeados a cinza esbranquiçados e xistosidade marcante paralela à alternância das bandas. Frequentemente apresentam evidências de cataclase, porém a textura predominante é granoblástica. Mineralógicamente, são constituídas por quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita, hornblenda e, em pequenas porcentagens, epidoto, granada e clorita.

Os anfibolitos intercalam-se nos gnaisses na forma de níveis centimétricos a métricos, concordantes com a foliação geral, em contatos laterais bruscos e, via de regra, profundamente alterados. Apresentam uma coloração amarela à ocre, bastante friáveis, semelhantes a um "solo" e visualmente distinguíveis destes pelas relações de contato.

Esta unidade apresenta-se intensamente intemperizada, com manto de alteração profundo e expressão geomorfológica marcante. Seus contatos com as unidades adjacentes são via de regra tectônicos, marcados por lineamentos facilmente reconhecíveis em fotografia aérea.

Os gonditos são rochas constituídas basicamente por quartzo e granada normalmente alterada e com aspecto pulverulento. Afloram na forma de pequenos níveis centimétricos a métricos, concordantes e levemente proeminentes na topografia.

A associação litológica, bem como as relações de contato entre as litologias, levam a crer que seja esta unidade para-metamórfica, com intercalações de intrusivas básicas representadas pelos anfibolitos; deve o pacote representar uma sequência vulcano-sedimentar metamorfizada, com níveis de arenito manganêsífero que resultariam na formação dos gonditos.

#### GNq - Gnaisses com intercalações de quartzitos

É uma associação litológica caracterizada por uma heterogeneidade muito grande, constituída basicamente por

hornblenda e/ou biotita gnaisses, com intercalações frequentes de quartzitos, gnaisses graníticos, biotita xistos, anfibolitos, etc.

Afloram na porção sudeste da área na forma de unidades irregulares e em frequentes contatos tectônicos com as associações adjacentes. Sua região principal de afloramentos é limitada a E pela unidade GNa e a W recoberta pelas rochas da Bacia do Paraná. Em meio as rochas da bacia, ocorrem 4 núcleos de exposição destes gnáisses ao longo de fundos de vales. Os contatos entre as várias litologias internas à unidade são via de regra gradacionais, com excessão dos anfibolitos cuja transição é abrupta, porém concordante com a estruturação geral.

Os biotita e/ou hornblenda gnáisses são semelhantes àqueles descritos na associação GNa, porém as frequentes intercalações de bancos quartzíticos resultam em regiões de solos pouco espessos e diferenças bruscas de comportamento geotécnico. A transição dos quartzitos e gnáisses normalmente se dá pelo incremento na quantidade de biotita e feldspato. Normalmente, apresentam um aspecto gnáissico com composição e granulometria bastante variáveis, com quartzo, muscovita, biotita e feldspato em proporções variáveis.

Os quartzitos afloram na forma de níveis ou lentes com dimensões variadas, de centimétricas a métricas, controlando a existência de pequenas cristas. Os gnáisses geralmente afloram com estágios de alteração elevados.

Os gnaisses-graníticos ocorrem frequentemente na forma de camadas ou lentes de até algumas dezenas de metros, com contatos laterais gradacionais. Apresentam composição granítica e textura granoblástica à gnáissica, com colorações cinza a rosada. São caracteristicamente homogêneos, resultando em morros de tôpos ovalados.

Esta associação litológica heterogênea implica principalmente em variações bruscas de espessura e características dos solos sobre elas desenvolvidos.



### QTz - Quartzitos com gnáisses

Afloram na porção sudeste da área, caracterizando-se por cristas proeminentes cujos alinhamentos definem o contorno de uma estrutura sinformal, com eixo mergulhando para SE. Limita-se a N e S com a unidade GNa e a W com a unidade GNq. No extremo SE da área, ocorrem exposições totalmente envoltas pela unidade GNq.

Litológicamente, caracterizam-se por níveis quartzíticos intercalados em sericita quartzo gnáisses e biotita gnáisses, além de pequenas ocorrências de anfibólitos. Os quartzitos ocorrem como altos topográficos e com espessuras variáveis de alguns centímetros até algumas dezenas de metros.

A transição entre os quartzitos e gnáisses normalmente é gradacional e caracteriza-se por aumento ou diminuição da porcentagem de quartzo e da possança dos níveis quartzíticos. A passagem para as unidades laterais se dá tanto de maneira transicional quanto por contatos tectônicos.

Mineralogicamente, estes quartzitos são constituídos por quartzo, feldspato, micas, anfibólio e granada, em proporções variadas e que refletem diferenças composicionais relacionadas a gênese destes materiais. Conforme Artur(1980), a natureza pré-metamórfica é representada por arenitos mais puros, alternados com leitos de arenitos feldspáticos, ambos com matriz pouco argilosa e intercalações de sequências areno pelíticas impuras.

A maior resistência dos níveis quartzíticos ao intemperismo resulta na formação de cristas proeminentes, as quais impõem sérias restrições a ocupação destas áreas.

### GRc - Granitos Cataclasados

Os granitos cataclasados ocorrem na porção centro leste da área, estando em contato tectônico com as unidades GNq, CTC1 e GRp a leste, norte e sul e recobertos pelas rochas da Bacia do Paraná a oeste.

Caracterizam-se como uma unidade relativamente homogênea, de constituição quartzo-feldspática, granulação média a grossa, com graus variáveis de cataclase, porém normalmente preservando sua natureza granular. São rochas de composição granítica, cores rosadas a cinzentas, normalmente com foliação marcante e grãos muito fraturados. São comuns ocorrências de brechas cataclásticas (Pto 175, Anexo 1) de granulometria grosseira, com fragmentos de rochas graníticas, matriz granítica fina a média e sem estruturação marcante.

Mineralogicamente, são constituídos por quartzo, microclínio, hornblenda e biotita, com opacos e sericita como acessórios.

Em fotografia aérea, caracterizam-se por relevo pouco ondulado, com lineações estruturais eventuais.

#### CTC1 - Rochas Cataclásticas

Sob esta denominação, foram agrupadas rochas com um forte aspecto cataclástico, incluindo desde cataclasitos até ultramilonitos. Ocorrem na porção NE da área e concentram-se principalmente em uma faixa com cerca de 1,5 Km de largura e orientação NE ao longo do lineamento regional Jacutinga, onde encaixa-se o rio Mogi-Guaçú. Ao sul desta faixa, ocorre um apêndice desta unidade. Seus contatos são tectônicos e, tanto em direção ao sul como ao norte, identificam-se ocorrências mais restritas destas faixas cataclásticas em meio às outras unidades. Na faixa principal, a foliação é marcante e verticalizada, com caráter planar bem desenvolvido e atitudes NE/vert. Na região do apêndice, ocorrem dobramentos desta foliação, com atitudes bastante variadas. O contraste devido à diferenças de deformação e fraturamento impõe heterogeneidades marcantes no comportamento geotécnico desta unidade.

A transição entre as várias litologias normalmente é gradacional e reflete as diferenças de intensidade da cataclase e do processo de metamorfismo. Ocorrem gradações desde cataclasitos até ultramilonitos. Nos primeiros ainda reconhece-se a rocha

original e nos outros ocorre textura extremamente fina. É importante observar que no restante da área é comum o aparecimento de faixas miloníticas associadas a regiões de falhamentos, porém não representadas em mapa.

Composicionalmente, as rochas no interior desta faixa assemelham-se às rochas granitóides a norte e às rochas gnáissicas a sul. Observa-se que os graus variados de cataclase imprimem condições de fissuramento e cominuição dos grãos e, conseqüentemente, alterabilidades diferentes. Portanto, as heterogeneidades quanto à espessura do manto de alteração e à constituição granulométrica desta unidade imprimem-lhe uma variabilidade interna elevada. Mineralogicamente, são constituídos por feldspato alcalino, quartzo, plagioclásio e máficos, que imprimem à rocha colorações rosa acinzentadas. Localmente, intercalam-se faixas restritas de biotita xistos. No perfil de alteração, observa-se blocos inalterados em meio à massa completamente alterada, no entanto estes blocos raramente são expostos à superfície.

#### GRp - Granitóides Porfiróides

Ocorrem na porção norte/nordeste da área, sendo constituídos por rochas de composição granítica com cristais centimétricos de K-feldspato, normalmente idiomórficos e com incipiente orientação NE, envoltos por uma matriz granodiorítica fina a média, de cores cinza claro a escuro.

Nela intercalam-se porções gnáissicas restritas e com ocorrências mais comuns em direção ao falhamento de Jacutinga. Seus contatos a sul são tectônicos, a E são encobertos pelas rochas da Bacia do Paraná e a N transicionam para a unidade de granitos equigranulares (GRe).

Os granitos porfiróides afloram na forma de matações, com diâmetros médios de 1 a 3 m e dispersos em toda a unidade.

### GRe - Granitóides Equigranulares

Afloram na porção norte da área, na forma de matacões dispersos na superfície, sendo constituídos por rochas graníticas de composição granodiorítica, textura equigranular média e estrutura homogênea. Mineralogicamente, são constituídos por quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita e anfibólio.

### MIg - Migmatitos

Caracterizam-se como pequena unidade na porção centro-norte da área, constituída por rochas migmatíticas com alternância marcante de bandas centimétricas de paleossoma e métricas de neossoma. As primeiras caracterizam-se por apresentarem cores escuras e mineralogia à base de biotita e hornblenda e as outras por cores claras com predominância de quartzo e muscovita.

São rochas fortemente erodíveis, com grau de coesão muito baixo, grau de alteração elevado e com bolsões granito-gnáissicos inalterados em seu interior.

## B - ROCHAS DA BACIA DO PARANÁ

No trabalho de Cottas et al.(1981), foram mapeadas nesta região litologias pertencentes ao Subgrupo Itararé e à Formação Aquidauana, ambas pertencentes ao Grupo Tubarão. Predominam as rochas correlacionáveis à Fm. Aquidauana e as pertencentes ao Subgrupo Itararé encontram-se em posição estratigráfica inferior, aflorando principalmente nos fundos dos vales. A Formação Aquidauana está representada pelo membro Rio Capetinga, ocorrendo em íntima associação com os termos litológicos da associação Itararé I, o que dificulta a separação entre elas.

As características deposicionais destas litologias (ambiente fluvio-glacial) impõem variações composicionais sensíveis, só mapeáveis em trabalhos de detalhe e com auxílio de interpretações de sondagens profundas. Além disso, as litologias desta unidade encontram-se recobertas extensivamente pelos depósitos cenozóicos (RTCe), dificultando observações diretas. Desta maneira, optou-se por agrupar estas rochas em duas unidades, em função de predomínios de tipos rochosos e relações estratigráficas, denominando-as TU1 e TU2. As duas associações são tipicamente sedimentares de ambiente fluvio-glacial (Cottas et al., 1981), normalmente com acamamentos horizontalizados, ocorrendo na forma de camadas, lentes ou bolsões em uma organização complexa típica deste ambiente. A associação TU1 ocorre principalmente nos fundos de vales; há uma única ocorrência mais elevada, provavelmente devida a processos tectônicos, na porção centro-norte da área.

**TU1 - Arenitos, siltitos, diamictitos e subordinadamente argilitos**

Esta unidade caracteriza-se por uma predominância de arenitos, siltitos e diamictitos, ocorrendo subordinadamente argilitos. Os arenitos normalmente são impuros com contribuições importantes das frações argila e silte. Apresentam granulometria fina a média, eventualmente grosseira, com grãos sub-arredondados. Ocorrem tanto na forma de camadas homogêneas como de bolsões irregulares ou com intercalações de níveis ou lentes horizontalizadas de argilitos e siltitos. Apresentam colorações claras (branca, rosada ou amarelada). Os siltitos normalmente apresentam um aspecto laminado, com seixos facetados de quartzo imersos, podendo também ocorrer com aspecto maço.

Em toda a unidade, são frequentes as intercalações de finos níveis de argilitos de cores vermelho-tijolo e arroxeados, podendo alcançar eventualmente espessuras métricas.

## TU2 - Argilitos e Siltitos

Esta unidade caracteriza-se pela predominância de argilitos e siltitos vermelho-arroxeados, geralmente laminados e com finos níveis esbranquiçados intercalados. Bolsões e níveis de arenito fino, com colorações vermelho-amareladas aparecem intercalados nesta sequência. Nas melhores exposições, é possível observar estruturas sedimentares dos tipos plano-paralela ou cruzada.

Inserese, nesta unidade, um bolsão de siltito preto compacto, intensamente fraturado e com a presença de blocos de até 20 cm de diâmetro, com composição granítica ou gnáissica, imersos na massa (Pto 143, Anexo1).

## JKSg - Rochas Básicas - Diabásios.

As ocorrências mais expressivas das rochas desta unidade estão nas porções centro-leste e sul da área; algumas ocorrências menores acham-se disseminadas no interior da bacia. A metade W do corpo básico(JKSg), situada na porção central da área, encontra-se recoberta pelos depósitos cenozóicos(TRCe) e sua caracterização foi feita através de cortes em ferrovia (Ptos. 259 e 261, Anexo 1) e através de análises de perfis de sondagens profundas. Os demais corpos apresentam-se com um perfil de alteração "in situ".

Caracteristicamente, são rochas de granulação fina, homogêneas, de cores preta a verde escura, estrutura maça e via de regra com intenso fraturamento desenvolvido.

Por relações estratigráficas regionais, constituem "sills" intrudidos nas regiões de fraqueza das rochas do Grupo Tubarão, bem como no contato das rochas do Grupo Tubarão com as rochas do Embasamento Cristalino.

#### 4.6.2 Unidades de Materiais de Cobertura (anexo 5)

##### A- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Sob esta designação, incluem-se todos os materiais superficiais sejam eles retrabalhados ou residuais. Freitas et al.(1979) os caracterizam como formações superficiais e as definem como toda formação ou depósito continental e/ou marinho, móveis ou secundariamente consolidados, que tenham ou não sofrido ação de agentes de transporte e originados da desagregação física e/ou da alteração química das rochas.

No presente trabalho, incluem-se sob a designação de Materiais de Cobertura todos os materiais superficiais, sejam eles produto do retrabalhamento físico e/ou químico dos materiais pré-existentes ou da alteração intempérica "in situ" das rochas do substrato rochoso. Desta maneira, optou-se por diferenciar tais materiais em dois tipos básicos: os retrabalhados (sedimentos mais recentes) e os residuais. Sob a designação de retrabalhados, incluem-se todos os sedimentos recentes, além dos depósitos de tópo correlacionáveis a Formação Rio Claro (Bjornberg e Landim,1966) de idade cenozóica. No grupo dos materiais residuais, incluem-se todos aqueles que apresentam um perfil de alteração , normalmente com grau de alteração decrescendo gradacionalmente em profundidade.

É importante ressaltar que, na região do Embasamento Cristalino, em função da heterogeneidade litológica e estrutural, os processos de morfogênese atuam de maneira mais intensa, resultando na presença quase constante de coberturas coluvionares sobre os solos tipicamente residuais. Em função da escala do trabalho e do caráter localizado destes depósitos, eles não puderam ser individualizados em mapa. Estes depósitos são mais comuns nas unidades GNa e GRc. Como exceção, tem-se os depósitos a norte de Itapira, que recobrem parte da unidade GNa; em função de sua expressão, foram descritos no item 4.6.2.C e representados no Anexo 6, como pertencentes à unidade RTCe.

Conforme Wells et al(1990), a localização de colinas, em uma paisagem formada por alteração química, será determinada pelo posicionamento de unidades resistentes, especialmente aquelas com muitos cristais de quartzo grosseiro interagregados. Portanto, uma vertente suportada por estas unidades formadoras de colinas será gradualmente rebaixada por dissolução, eluviação, impacto de chuva e lavagem laminar, o que poderia normalmente formar superfícies de pavimentos de seixos. Christofolletti(1986) advoga que durante a atuação dos processos intempéricos a alteração diferencial pode controlar as áreas fontes.

Em regiões acidentadas, com fortes contrastes litológicos, os processos morfogenéticos são intensos e em muitos locais se dão através do transporte de material vertente abaixo, típico dos fenômenos coluvionares. Portanto, as coberturas coluviais podem representar materiais com distância e intensidade de transporte variados.

Na área estudada, principalmente na porção sudeste, sobre as unidades GNa e GRc, ocorrem coberturas coluviais extensivas com espessuras variáveis (2 - 3 m). A transição entre esta cobertura e o solo tipicamente "in situ" se dá muitas vezes através de "pavimentos líticos" de tipos variados e que representam processos ou intensidade de processos diferentes. Distinguem-se 3 grupos de "pavimentos líticos":

1 - linha de seixos arredondados a facetados, de composições variadas ( granito, gnaisse, arenito, quartzito, quartzo, diabásio), de tamanhos variados (3 - 10 cm de diâmetro) e espessuras entre 10 e 30 cm, podendo eventualmente formar cascalheiras de até 1,5m;

2 - linha de fragmentos facetados, geralmente constituídos por quartzo e quartzito; foram identificados alguns veios de quartzo com pronunciado fenômeno de "creeping" e que, paralelamente a um transporte de material vertente abaixo, são responsáveis pela formação do colúvio;

3 - concreções lateríticas, dos tipos ferricrete e silcrete, muitas vezes com formas descontínuas e irregulares,



podendo confundir-se com linha de seixos. Apresentam espessuras entre 1 e 100 cm e as concreções lateríticas ferruginosas (ferricrete) são amplamente predominantes em relação as silicosas (silcrete - Pto.80, Anexo 1 ).

Desta maneira, observa-se ser importante analisar a composição e a forma dos constituintes dos pavimentos líticos.

Do exposto acima, explica-se a existência de alguns tipos de linhas de fragmentos e seixos no interior das unidades de materiais de cobertura da região do embasamento como produto da morfogênese recente da região. Desta maneira, as linhas de seixos são mapeadas e descritas junto com os materiais tipicamente residuais.

As características granulométricas, de plasticidade e classificações geotécnicas dos solos da área são apresentados nas tabelas 1 e 2.

## ENSAIOS GRANULOMETRICOS - IAC

Ponto	Quadrícula	Unidade	Granulometria (%)				Ponto	Quadrícula	Unidade	Granulometria (%)			
			Argila	Siltite	Areia fina	Areia grossa				Argila	Siltite	Areia fina	Areia grossa
3004	11M	REGa	46	17	20	17	3235	3A	RTCa	45	10	26	19
3005	11L	REGa	55	17	19	09	3237	3A	RTCa	65	11	12	12
3020	12M	REGa	56	04	22	18	3254	14M	REGa	39	20	18	23
3027	13M	REGa	59	06	23	12	3259	14K	REGa	27	22	33	18
3031	11C	RTCa	26	06	55	13	3277	14I	REGa	46	18	18	18
3032	10Q	RETCa	25	01	56	18	3278	13I	REGa	50	13	16	21
3035	10G	RET2	55	21	23	21	3287	10E	RET2	45	16	26	13
3038	10F	RET2	51	01	34	14	3288	10E	RET2	43	18	26	13
3040	10E	RETI	36	0	35	29	3291	14D	REJK	58	21	13	08
3045	13G	REJK	79	03	12	06	3292	4D	RTCa	58	15	16	11
3051	13H	RTCa	68	01	18	15	3293	4D	RTCa	54	16	16	14
3057	13F	RTCa	52	0	27	21	3305	13A	RET2	40	13	28	19
3060	13E	REJK	74	02	12	12	3317	9C	REJK	59	13	17	11
3061	12D	REJK	60	04	26	10	3320	7E	REJK	56	19	11	14
3070	14G	REGa	47	07	20	26	3332	8H	REGa	46	42	12	0
3073	14C	RETI	32	05	42	21	3334	9I	RTAI	47	43	05	05
3075	13C	RTCa	35	02	36	27	3343	8J	RTAI	49	42	06	03
3081	10B	RTCa	46	01	31	22	3346	8H	RTAI	48	28	14	30
3094	11A	RTCa	26	01	41	32	3358	3I	REGa	13	52	09	26
3097	9D	RETI	25	02	55	18	3360	4J	RTAI	33	45	21	01
3099	2B	RET2	64	08	23	05	3362	3K	RECI	41	52	05	02
3100	9E	RTCa	45	02	36	17	3368	2I	REGa	26	47	09	18
3103	8E	REGa	61	09	13	17	3373	4I	RECI	60	31	06	03
3105	9F	RTCa	65	04	24	07	3374	7E	RET2	58	13	13	16
3108	10F	RTCa	50	01	31	18	3383	7F	REJK	63	17	10	10
3114	11F	RET2	57	03	28	12	3388	8G	REGa	16	22	48	14
3118	10B	RTCa	26	05	40	29	3395	5G	REJK	65	17	09	09
3119	8B	RTCa	41	11	24	24	3398	5H	REJK	61	13	09	17
3122	8C	RTCa	22	09	48	21	3400	6I	RTAI	41	25	22	06
3124	7B	RTCa	43	12	21	24	3404	4H	REGa	61	13	08	18
3126	7A	RTCa	52	10	16	22	3405	5G	REGa	46	16	07	33
3135	8A	RTCa	53	18	19	10	3407	6H	RECI	54	29	07	10
3140	9B	RTAI	29	26	30	15	3411	1F	RTCa	31	53	12	04
3144	10A	RTCa	33	08	27	32	3412	1G	RTCa	50	09	18	23
3146	10A	RTCa	19	10	34	37	3429	4J	RECI	62	20	11	07
3152	1D	RTCa	38	11	28	22	3438	3M	RECI	60	31	03	06
3171	3F	RTCa	42	44	10	04	3439	3M	RECI	25	57	09	09
3172	3E	RETI	19	07	44	20	3440	5J	RECI	49	30	11	10
3184	3F	RET2	53	13	18	21	3450	5M	REGa	58	19	13	10
3189	4G	REGa	56	08	15	21	3451	6M	REGa	53	20	15	12
3183	5G	REGa	54	13	11	22	3453	8M	REGa	14	18	16	54
3198	5E	REJK	68	15	09	08	3455	7L	REGa	31	13	29	27
3211	1M	REGa	56	13	11	20	3458	8K	RTAI	29	16	13	42
3221	4E	RETI	44	26	18	12	3460	9M	RTAI	18	21	21	40
3222	8E	RET2	43	26	16	15	3471	6K	REGa	15	36	34	15
3223	5D	RTCa	61	13	14	12	3483	6J	REGa	46	21	12	21
3230	2B	RTAI	34	27	24	15	3485	6K	REGa	50	42	06	02

Tabela n° 1 - Resultado de ensaios granulométricos - (IAC, 1991)

ENSAIOS CLASSIFICATORIOS												
Ponto	Quadr	Unidade	Limites		Granulometria (%), pen. em mm					Classific. geotécnicas		
			LL	IP	< 0,0074	0,0074-0,15	0,15-0,42	0,42-2,0	> 2,0	USCS	HRB	MCT Fortes (1990)
01	F4	REJk	35	6	75	07	13	04	01	ML	A-4(8)	LG'
02	G4	REJk	34	8	74	09	14	03	00	CL	A-4(8)	NG'
04	G4	REGr	33	6	66	05	14	15	00	ML	A-4(6)	LG'
08	E1	RET1	24	4	57	15	20	07	01	ML	A-4(4)	NS'
13	A5	RTCe	28	5	52	14	30	04	01	CL-ML	A-4(3)	NS'
16	B9	RTCe	22	3	50	12	30	08	00	CL	A-4(2)	NA'
17	A8	RTCe	30	7	50	14	31	05	00	CL	A-4(3)	NG'
18	A7	RET1	27	5	55	15	26	03	01	ML	A-4(4)	NG'
21	B1	RET2	28	7	72	13	12	01	02	ML-CL	A-4&	NG'
24	C5	RTCe	32	6	57	11	22	09	01	ML	A-4(4)	NG'
34	C14	RET1	22	5	46	10	38	06	00	SC-SM	A-4(2)	NG'
40	A12	RTCe	22	6	40	17	40	03	00	SC-SM	A-4(1)	LA'
48a	E13	REGq-1,5m	35	4	71	08	13	08	00	ML	A-4(7)	LG'
48b	E13	REGq-3m	38	7	73	09	15	12	01	CL	A-4(6)	NG'
51	E14	REGq	27	8	47	08	33	07	05	SC	A-4(2)	NG'
52a	L12	REGa1,5m	35	7	76	09	10	04	01	CL	A-4(8)	NG'
52b	L12	REGa-3m	33	3	63	14	17	05	01	ML	A-4(6)	-
58	M12	REGq	30	3	59	13	18	09	01	ML	A-4(5)	NS'
63	K13	REGa	39	8	77	08	09	06	02	CL	A-4(8)	LG'
73	I11	REGq	32	3	62	07	20	11	00	ML	A-4(5)	NS'
81	L9	REGa	34	5	72	12	13	03	00	ML	A-4(7)	NS'
88	K10	REGa	35	6	70	07	08	13	00	ML	A-4(7)	NS'
171	L5	RECT	31	6	59	08	10	06	17	ML	A-4(4)	NG'
172	H9	REGc	41	7	59	17	13	06	05	CL	A-5(5)	-
174	G7	REGc	33	6	77	09	12	02	00	ML	A-4(8)	NS'
176	G6	REGr	20	6	46	12	32	08	02	SM	A-4(2)	LG'
178	G5	REJk	32	6	65	09	17	07	02	ML	A-4(6)	LG'
179	E9	RET2	36	8	65	09	12	11	03	CL	A-4(6)	NG'
185	I7	REGc	37	8	81	07	08	04	00	CL	A-4(8)	NG'
189	J5	RECT	31	4	77	07	09	06	01	ML	A-4(8)	NS'
205a	M7	REGc-1,5m	37	3	76	09	09	05	01	ML	A-4(8)	NS'
205b	M7	REGc-2,5m	32	7	47	12	22	15	04	CL	A-4(2)	NG'
215	H2	RTCe	35	10	61	07	13	17	02	CL	A-6(5)	LG'
216	H2	RTCe	42	13	63	04	11	20	02	CL	A-7(7)	LG'
225	J1	REGr	32	3	33	17	24	21	02	SM	A-4(0)	NS'
228	K2	REGr	35	13	41	05	16	32	06	SC	A-6(2)	NG'
237	K9	REGa	31	4	68	10	8	04	00	ML	A-4(7)	NS'

Tabela n<sup>o</sup> 2 - Resultado de ensaios em solos da área e classificações geotécnicas

## B - ENSAIOS LABORATORIAIS

A caracterização dos materiais de cobertura foi feita basicamente através de observações em campo e fotografias aéreas. Foram realizados ensaios laboratoriais em algumas amostras visando basicamente agrupá-las de acordo com as classificações geotécnicas mais comuns : USCS, HRB e MCT. As duas primeiras se utilizam basicamente de características de granulometria e dos limites de consistência. As características granulométricas do solo foram obtidas de acordo com a proposta da ASTM(1989), onde a separação entre materiais finos e granulares é feita através de uma lavagem na peneira 200 (0,0074 mm) e posterior peneiramento da porção retida nas malhas 100, 40, e 10 (USBS). Os limites de consistência foram obtidos de acordo com os padrões convencionais do laboratório do Departamento de Geotecnia da EESC/USP (ABNT, 1984 )

A classificação do solo na MCT ( Nogami e Villibor, 1981) foi realizada seguindo metodologia expedita proposta inicialmente por Nogami e Cozzolino(1985), a qual utiliza-se de uma série de ensaios rápidos com uso de anéis de PVC rígido. Esta metodologia encontra-se detalhada em Fortes (1990). Apesar de ser uma metodologia nova, com a utilização de ensaios expeditos, acredita-se que este procedimento seja bastante útil no agrupamento de classes de solos, devendo no entanto ser detalhado em trabalhos mais específicos, através de calibrações com o ensaio mini-MCV tradicional, visando comprovar sua validade para os solos de uma região a ser pesquisada.

Foram utilizados ainda dados granulométricos produzidos pelo IAC, no projeto de Levantamento de Solos da Quadrícula de Mogi-Guacu(1:100.000) em andamento (Oliveira, 1991).

## C - DESCRIÇÃO DAS UNIDADES

### RTA1 - Depósitos aluviais

São depósitos restritos às várzeas, concentrando-se geralmente ao longo dos principais rios e com ocorrências restritas ao longo de drenagens secundárias. Apresentam constituição bastante variável (Fig. 06), desde argilosa a arenosa, refletindo as características das rochas fontes e dos processos de deposição fluvial. Ocorrem, esparsamente distribuídas, concentrações de materiais turfosos.

A unidade ocorre principalmente ao longo dos rios Mogi-Guaçu, Peixe e do Ribeirão da Penha, apresentando materiais normalmente inconsolidados e com profundidades variáveis (0,5-4,0 m) .

Tal unidade apresenta potencial para exploração de areia e subordinadamente de argila e cascalho, sendo comumente inundável.

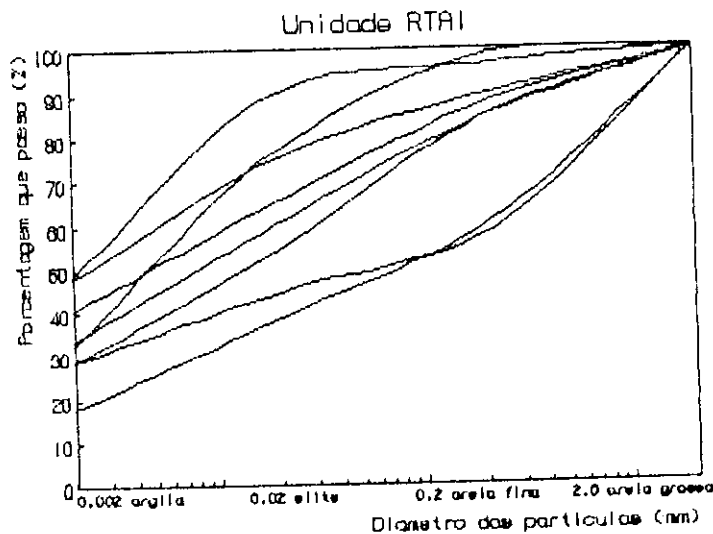


Fig. 06 -Curvas granulométricas dos materiais da Unidade RTA1 (IAC,1991)

### RTCe - Depósitos Cenozóicos de tópo

São depósitos argilo-arenosos a areno-argilosos, com concentrações variáveis de silte (Fig. 07) e espessuras bastante irregulares de 1 a 15 m, refletindo uma superfície erosiva irregular sobre a qual estes sedimentos foram depositados. Segundo Bjornberg e Landim(1966), são formados por processos colúvio-aluvionares cenozóicos, ocorrendo em regiões de relevo tipicamente suave, com interflúvios amplos, vertentes convexas longas e baixa densidade de drenagem e que constituem feições típicas, de fácil reconhecimento em fotografia aérea.

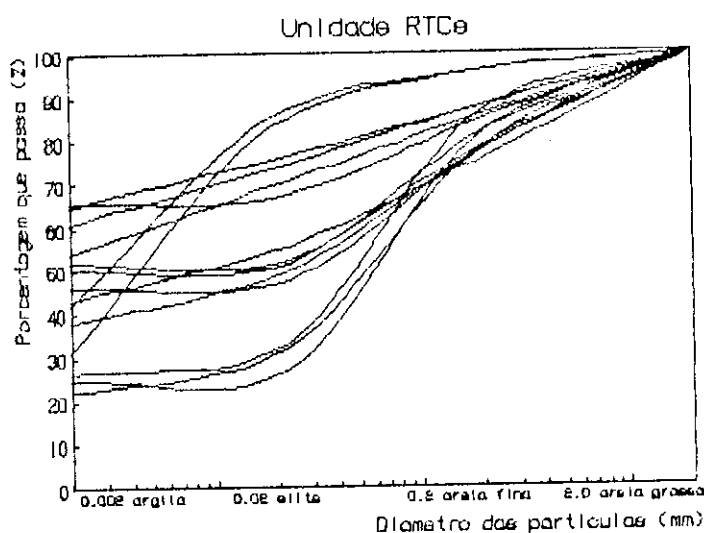


Fig. 07 -Curvas granulométricas dos materiais da Unidade RTCe (IAC,1991)

Concentram-se predominantemente na porção W da área, recobrendo extensivamente as formações correspondentes ao Grupo Tubarão (TU1,TU2), bem como os diabásios do Grupo São Bento (JKSg). Um aspecto importante a observar nestes depósitos, é que a geomorfologia não reflete a maior ou menor profundidade do substrato rochoso. Observações em cortes ferroviários indicam uma grande variação de relevo e litologia do topo do substrato, sem que estas variações se reflitam na morfologia dos depósitos cenozóicos.

Estes depósitos encontram-se intensamente laterizados, com perfis homogêneos e geralmente com estruturas colunares ou em blocos. Em superfícies expostas por cortes ou raspagens superficiais, é comum o aparecimento de uma película superficial de cimentação por sílica a qual, em muitos casos, pode ser responsável pela estabilidade de alguns cortes de estradas. Em taludes rodoviários, normalmente são estáveis em inclinações de até 75° e com baixa incidência de ravinamentos. É possível que tal estabilidade esteja relacionada à estruturação adquirida pelo solo devido aos processos de intemperismo do meio tropical, constituindo um caráter marcante em vários afloramentos (Pto. 40, Anexo 1) e contrastante com as litologias do Grupo Itararé. Quando sobrepostos a outros materiais e expostos em um mesmo talude rodoviário, os depósitos de cobertura permanecem estáveis e os subjacentes apresentam ravinamentos intensos, acarretando eventuais descalçamentos dos depósitos superficiais.

Estes depósitos apresentam compacidade e consistência "in situ" ditadas por processos pedogenéticos e em perfis homogêneos. Em situações particulares, eles ocorrem com uma consistência superficial baixa, mas crescente em profundidade. Nestes casos (Ptos 09, 44, 45 e 242 do Anexo 1), não evidencia-se a presença de descontinuidades erosivas marcantes (ou pavimentos líticos), podendo o material ser proveniente da alteração "in situ" de argilitos e siltitos. Na porção norte da área (Pto 09, Anexo 1), este material é utilizado como matéria prima para cerâmica vermelha.

Os contatos com as rochas do substrato são normalmente erosivos, sendo comum o aparecimento de linhas de seixos arredondados na interface.

Inclui-se nesta unidade um depósito colúvio aluvionar a NE de Itapira, que capeia parte da unidade GNa. Este depósito é composto por materiais de granulometria silto-arenosa, de coloração vermelha escura, com espessuras variáveis entre 3 e 5 m. O contato erosivo com as rochas alteradas do substrato se dá pela presença constante de uma linha de seixos na base, facetados e com bordos arredondados, eventualmente com arredondamento elevado, constituídos por quartzo, quartzito, gnaisses e

milonitos. Em certos locais (Pto 80 , Anexo 1), estas superfícies de seixos espessam-se, alcançando 1 a 2 m e vindo a constituir-se em cascalheiras, eventualmente aproveitáveis como material de construção.

Geotécnicamente, classificam-se como ML, CL, SC-MC na classificação USCS, A-4(1) e A-4(6) na HRB e LA', LG' e NA' na MCT. Pedologicamente, caracterizam-se como latossolos vermelho amarelos, com perfis bem drenados e nível d'água geralmente abaixo de 5 m.

#### REJk - Materiais residuais da unidade JKsG

Caracterizam-se como materiais resultantes da alteração in situ de rochas básicas, principalmente diabásios. São solos tipicamente argilosos ( Fig. 08), com frequentes contaminações de frações arenosas, cores vermelhas típicas e presença constante de fragmentos de magnetita.

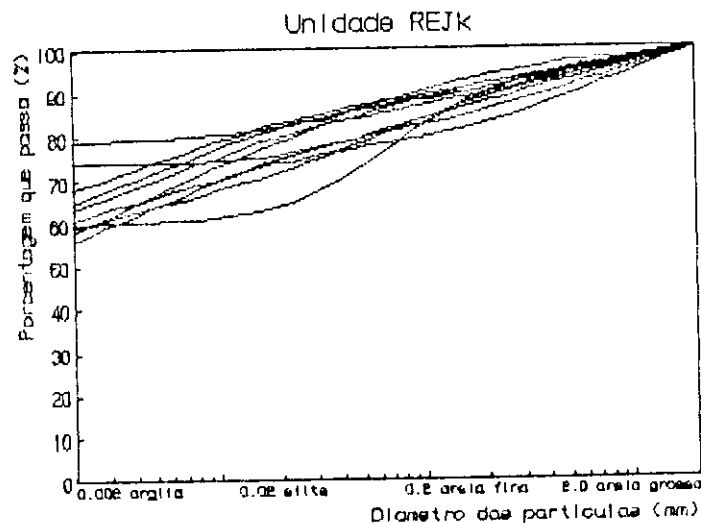


Fig 08 -Curvas granulométricas dos materiais da Unidade REJk (IAC,1991)

O perfil de alteração normalmente é completo e constituído por um solo maduro superficial, com espessuras variáveis de 3 - 7 m e diminuindo em direção a borda dos corpos básicos, seguido por um saprolito caracterizado pela presença de



blocos inalterados em meio a um solo argiloso maduro; a transição entre o solo maduro e a rocha sã é gradual.

Pedologicamente, são caracterizados por latossolos roxos ou terra roxa estruturada, em perfís bem drenados pela atuação de processos pedogenéticos e com nível de água profundo.

Geotécnicamente, classificam-se como CL e ML na classificação USCS e A-4 na HRB; normalmente, apresentam um baixo potencial a erosão, sendo raros os ravinamentos nesta unidade.

#### RET1 - Materiais residuais da unidade TU1

São tipicamente solos rasos, com espessuras menores que 2 m, constituição granulométrica variável e predominância das frações arenosas e siltosas ( Fig. 09 ).

Ocorrem recobrando as rochas da unidade TU1, com colorações marrom arroxeadas a cinza amareladas. Nas porções mais siltosas, a alteração da rocha fornece um solo formado por pequenas pastilhas, produto de uma desagregação típica, sendo muito susceptível a ravinamentos e ao transporte pela água.

Em certos locais, onde a concentração da fração areia é elevada (Pto 133, Anexo 1) , apresentam uma coloração rosa clara e seixos de quartzo dispersos, sendo utilizado como material de construção civil.

Pedológicamente, são caracterizados como solos podzólicos e litossolos nas regiões de tópo.

Geotécnicamente, classificam-se como ML e SC-MC na Classificação USCS e A-4 na HRB.

#### RET2 - Materiais residuais da unidade TU2

São solos de constituições granulométricas variáveis ( Fig. 10), refletindo as características do substrato. Apresentam

perfis heterogêneos, com profundidades variáveis, geralmente menores que 2 m, porém em certos locais, ao norte da área, alcançam espessuras de até 5 m, em uma associação íntima com os depósitos cenozóicos de cobertura (RTCe), sendo utilizados como matéria prima para cerâmica vermelha.

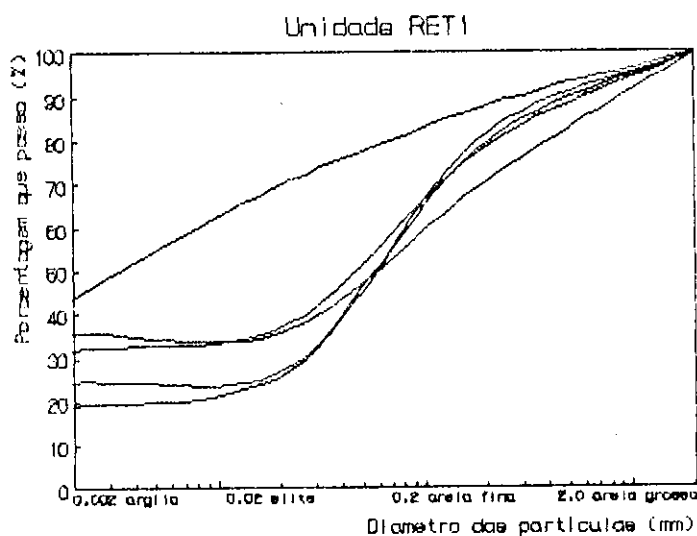


Fig.09-Curvas granulométricas dos materiais da Unidade RET1 (IAC,1991)

Apresentam concentrações variáveis de palhetas de mica e colorações marrons a rosadas com fenômenos de ravinamento em taludes rodoviários.

Pedologicamente, predominam os solos podzólicos nesta unidade.

Geotécnicamente, são muito variáveis, incluindo as classes ML-CL, SM, ML na USCS e A-4(2), A-4(6) e A-4(7) na HRB.

### REGr - Materiais residuais das unidades GRp e GRc

As características granulométricas, de perfil de alteração e geomorfológicas permitem o agrupamento dos solos residuais das rochas graníticas GRE e GRp em uma única classe.

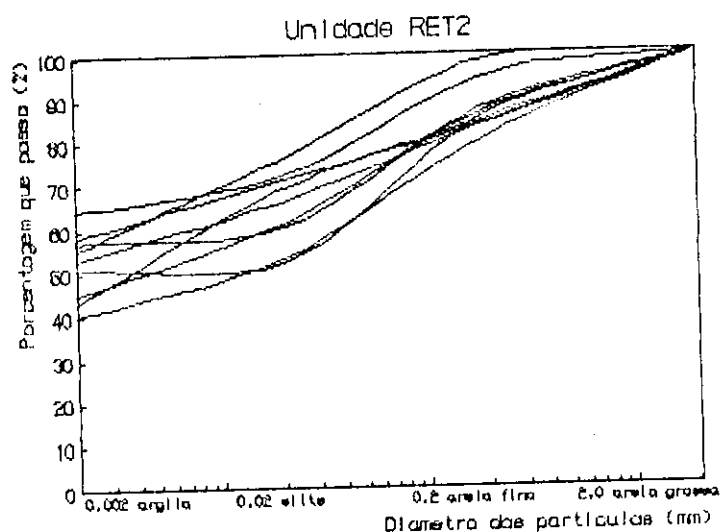


Fig.10-Curvas granulométricas dos materiais da Unidade RET2 (IAC,1991)

São solos areno argilosos (Fig. 10), normalmente com proporções consideráveis da fração silte, com perfil de alteração extremamente heterogêneo, sendo esta heterogeneidade ditada pela presença constante de matacões tanto em superfície como ao longo do perfil. Estes matacões apresentam dimensões variadas de 0,5 a 3,0 m, com distribuição areal em toda a unidade, porém com uma tendência a maiores concentrações nos tôpos e encostas superiores.

Os solos que envolvem os matacões são geotecnicaamente agrupados como SM, SC, ML na Classificação USCS, A-4 e A-6 na HRB e NS', NG', LG' na MCT.

A característica geotécnica mais importante desta unidade é a presença de matacões em meio ao solo.

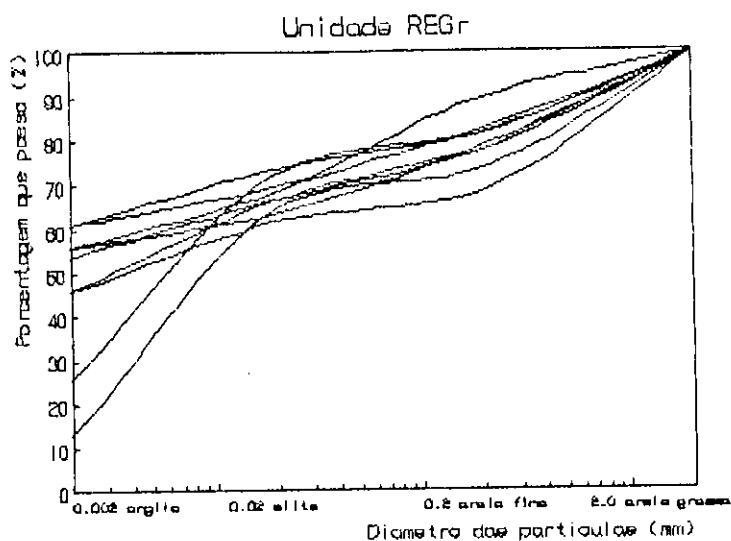


Fig.11-Curvas granulométricas dos materiais da Unidade REGr (IAC,1991)

#### REGa - Materiais residuais da unidade GNa

São materiais produto da alteração in situ dos gnaisses e anfibolitos da unidade GNa, frequentemente recobertos por um capeamento coluvionar de características semelhantes aos materiais tipicamente residuais.

O perfil de alteração normalmente não expõe a rocha sã, sendo comum o aparecimento dela em estágio de elevada alteração, caracteristicamente na forma de uma massa com granulometria argilo-arenosa (Fig. 12), com colorações avermelhadas, eventualmente com pseudomorfos de feldspato, transicionando para um solo vermelho escuro superficial.

Em meio ao solo de alteração e em profundidades variáveis de 1 a 3 m, ocorre frequentemente uma linha de fragmentos quartzosos, paralela à superfície atual do terreno, e com espessuras próximas a 15 cm. Pelas características muito semelhantes entre os solos acima e abaixo da linha de seixos, e com base no exposto por Wells et al.(op.cit.), considera-se algumas destas superfícies de fragmentos quartzosos como produto

de retrabalhamentos locais do material residual no processo de evolução morfogênica das vertentes.

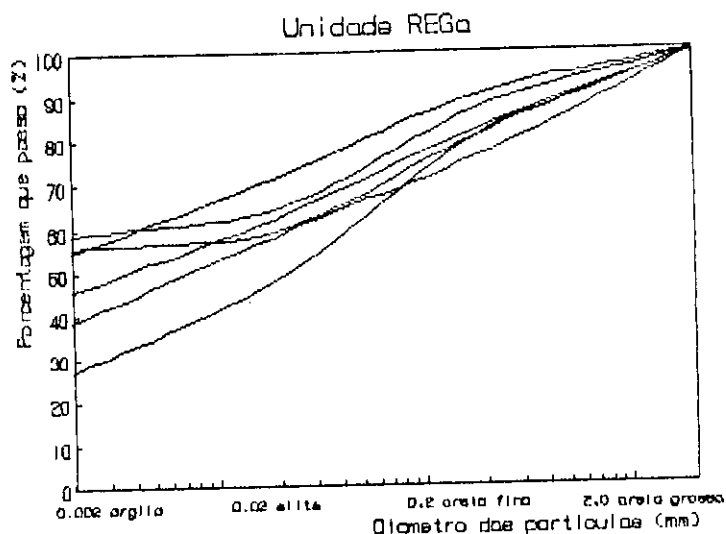


Fig.12-Curvas granulométricas dos materiais da Unidade REGa(IAC,1991)

O perfil total de alteração normalmente apresenta espessuras superiores a 5 m, com ocorrências eventuais de núcleos menos alterados em meio ao solo. O solo apresenta características areno-argilosas a argilo-arenosas, normalmente com porcentagens elevadas de biotita.

Pedologicamente, caracterizam-se como latossolos vermelho escuros e podzólicos vermelho escuros.

Geotécnicamente, classificam-se nos grupos ML e CL da classificação USCS, A-4(6) e A-4(8) da HRB, e NS', NG', LG' da MCT.

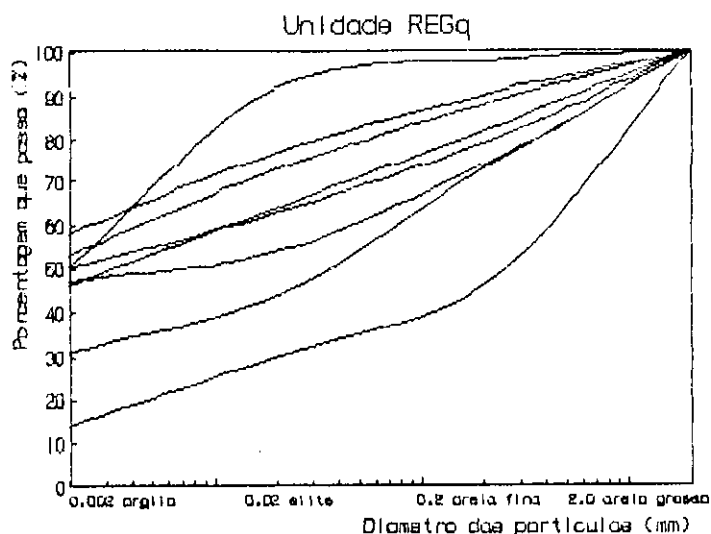


Fig.13-Curvas granulométricas dos materiais da Unidade REGq(IAC,1991)

#### REGq - Materiais residuais da unidade GNq

Estes materiais residuais superficiais refletem basicamente as heterogeneidades da associação litológica do substrato rochoso. As variações laterais são extremamente bruscas, sendo comum a existência de rocha quartzítica exposta à superfície ladeada por solos residuais bem desenvolvidos. As porções dos solos maduros assemelham-se aos descritos na unidade REGa ( Fig.13); os solos formados sobre os núcleos quartzíticos são muito rasos (<1m) e tipicamente arenosos com mica disseminada.

Nas regiões junto ao limite com a Bacia do Paraná, no sul da área e associados aos gnaisses graníticos mais quartzosos, os solos são via de regra de pequena espessura, areno-argilosos com fragmentos de feldspato e mica disseminados. Junto às vertentes mais íngremes ocorrem depósitos locais de cascalho.

Pedologicamente, classificam-se como podzólicos e litossolos.

O caráter geotécnico mais importante é a heterogeneidade de comportamento mecânico no interior da unidade

e os solos pertencem aos grupos SC, ML, CL da classificação USCS; A-4(2), A-4(4) e A-4(7) da HRB; e NG', LG', NS', NL' da MCT.

Normalmente, são solos muito susceptíveis a ravinamentos, principalmente quando é retirado o capeamento superficial e exposto o nível de saprolitos, como frequentemente se verifica na construção de conjuntos habitacionais da área.

#### REQz - Materiais residuais da unidade QTz

São materiais normalmente de espessura bastante reduzida, capeando quartzítos e quartzo-gnaisses, com constituição arenosa, e teores elevados de muscovita e eventualmente porções mais feldspáticas. Associam-se a regiões de cristas, com declividades elevadas. Intercalam-se porções de solos mais espessos associados às porções menos quartzosas do substrato.

Pedologicamente, predominam os litossolos e os podzólicos.

Geotécnicamente, predomina a classe SC da classificação USCS, podendo em locais de solos mais espessos, fornecer materiais de construção.

#### REGc - Materiais residuais da unidade GRc

São materiais que recobrem as rochas agrupadas na unidade de granitos cataclasados.

Caracterizam-se como solos profundos, com espessuras médias acima de 5m e constituição granulométrica argilo-siltosa a areno-siltosa (Fig. 14), em perfil heterogêneo que reflete as heterogeneidades do substrato rochoso; neles é comum a presença de veios quartzosos em meio ao solo residual maduro. A rocha normalmente encontra-se em estágio de alteração elevado, gradando para um solo maduro superficial com a presença frequente de veios quartzosos com orientações variadas .

É comum a existência de um capeamento coluvionar, com 2 a 3 m de espessura e constituição semelhante ao solo tipicamente residual, porém com a presença constante de alguns fragmentos de quartzo leitoso.

Os solos são muito susceptíveis a ravinamentos e geotécnicamente se classificam nos grupos ML e CL da classificação USCS, A-4 da HRB e NS', LG', NG' da MCT.

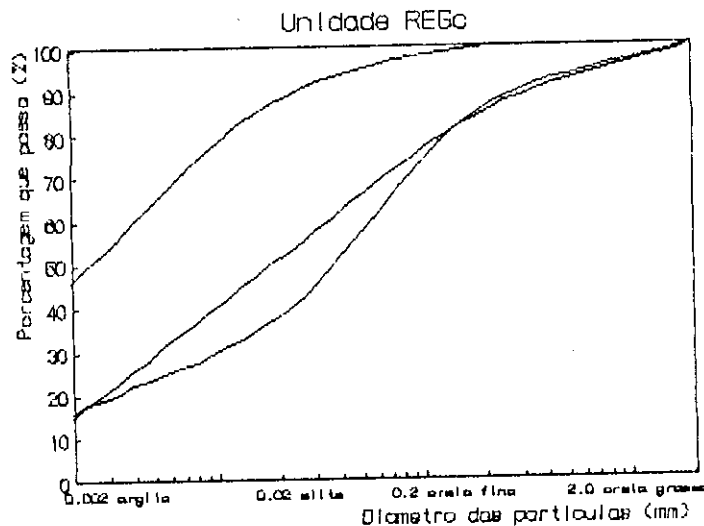


Fig.14-Curvas granulométricas dos materiais da Unidade REGc(IAC,1991)

#### RECT - Materiais residuais da unidade CTCl

São materiais superficiais que apresentam um elevado grau de heterogeneidade relacionado ao substrato rochoso, refletindo principalmente um maior ou menor grau de cominuição dos grãos em função da maior ou menor intensidade da deformação tectônica

Assim como na unidade REGq, as variações laterais são bruscas, coexistindo, lado a lado, níveis inalterados sem capeamento de solo com níveis completamente alterados e solos profundos. Nestes níveis mais alterados, a constituição é silto-argilosa a argilo-siltosa com proporções variadas da fração areia ( Fig. 15 ) e as cores são vermelho escuras.



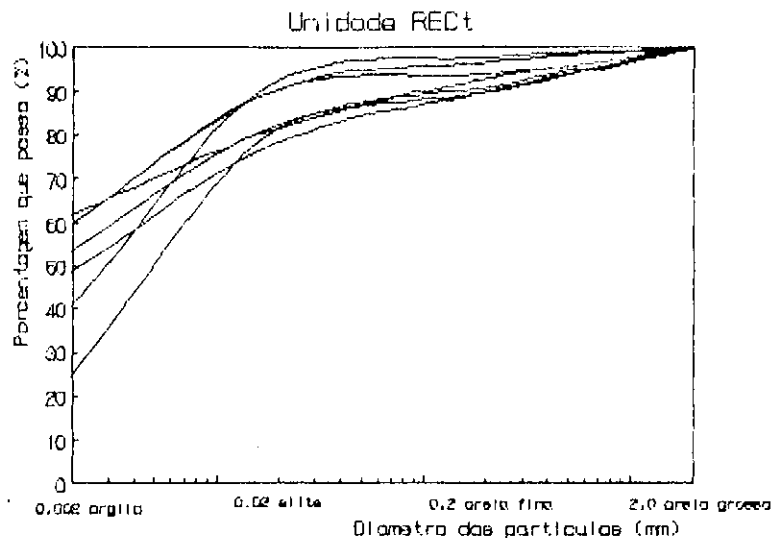


Fig.15-Curvas granulométricas dos materiais da unidade RECT(IAC,1991)

Pedologicamente, incluem litossolos e solos podzólicos.

Geotécnicamente, caracterizam-se por solos dos grupos ML na classificação USCS, A-4 na HRB e NS', NG' na MCT. A característica geotécnica de maior importância é dada pelo grau de heterogeneidade da unidade.

#### REMi - Materiais residuais da unidade MIg

Constituem solos de espessuras variadas, normalmente profundos, capeando rochas gnáissico-migmatíticas da unidade MIg. São solos bastante heterogêneos, de constituição areno-siltosa a silto-arenosa, com fragmentos de quartzo e feldspato dispersos, intercalações de níveis e bolsões com concentrações elevadas de biotita e tonalidades rosadas a acinzentadas. Eventualmente, ocorrem blocos inalterados de granito-gnaiss em meio ao solo de alteração. Pequenos veios de quartzo, com orientações variadas, são frequentes em meio ao solo superficial.

Geotécnicamente, classificam-se nos grupos SM da classificação USCS, A-4 da HRB e NS' da MCT.

#### 4.7 UNIDADES DE TERRENO DA FOLHA DE MOGI-GUAÇU

(Anexos 6 e 7)

##### 4.7.1 Sistemática de Avaliação

Procurando utilizar os conceitos de "landform" expostos previamente, além de alguns parâmetros geomorfológicos selecionados de várias propostas (Speight, 1977; Ponçano et al., 1979; Christofolletti, 1968), foram definidas várias unidades de terreno para a área estudada. Na prática, o processo de classificação iniciou-se por subdivisões sucessivas das unidades geomorfológicas através de seus aspectos observáveis em fotografias aéreas (esc. 1:60.000). O processo resultou na definição de cerca de 100 unidades com características que suficientemente as diferenciavam das vizinhas. Estas unidades foram trabalhadas através de processos de agrupamento e cruzamento com informações de declividade, drenagem, relevo e geologia de maneira que as novas unidades apresentassem o menor grau de heterogeneidade possível. Desta maneira, resultaram as unidades apresentadas no Anexo 6 e descritas no Anexo 7, denominado Mapa de Unidades de Terreno que, por ter sido definido basicamente através de características geomorfológicas, pode ser entendido como um tipo de mapa geomorfológico.

A tabela do Anexo 7 foi concebida a partir do entrecruzamento de diversos mapas realizados, avaliando-se os parâmetros : declividade(Dl), densidade de drenagem(Dd), número de nascentes(Nn) e amplitude de relevo(Ar). A Dl foi obtida a partir do mapa de declividades e de avaliações qualitativas em fotografia aérea. Na obtenção da Dd e do Nn, foi utilizada uma rede de drenagem extraída de mapa topográfico, esc. 1:50.000 e fotografias aéreas, esc. 1:60.000. A medição da Dd foi feita a partir da proposta de Christofolletti e Filizola(1978), sendo utilizadas malhas quadráticas e celas de  $1 \text{ Km}^2$ , com  $Dd = 1,87N/L$ , onde N é o número de intersecções da rede de drenagem na malha e

L é o comprimento total da malha. O Nn foi obtido a partir da contagem do número de canais de 1ª ordem (Horton, 1945) no interior de cada cela.

A utilização de malhas quadráticas com mesmas dimensões nas áreas do Embasamento Cristalino e da Bacia do Paraná julgou-se inadequada, principalmente na relação que deve existir entre o tamanho da malha e o tamanho dos elementos do terreno. Visto que as maiores imprecisões na medição do parâmetro Dd se deram junto aos canais de 1ª ordem, de tamanho reduzido no embasamento, procurou-se suprir esta deficiência através da quantificação do número de canais de 1º ordem. A Amplitude de Relevo foi obtida através das curvas de nível da Folha Topográfica 1:50.000, em uma malha quadrática regular de 1 Km<sup>2</sup>, considerando-se Ar como sendo a diferença entre a maior e a menor cota no interior da cela de medição.

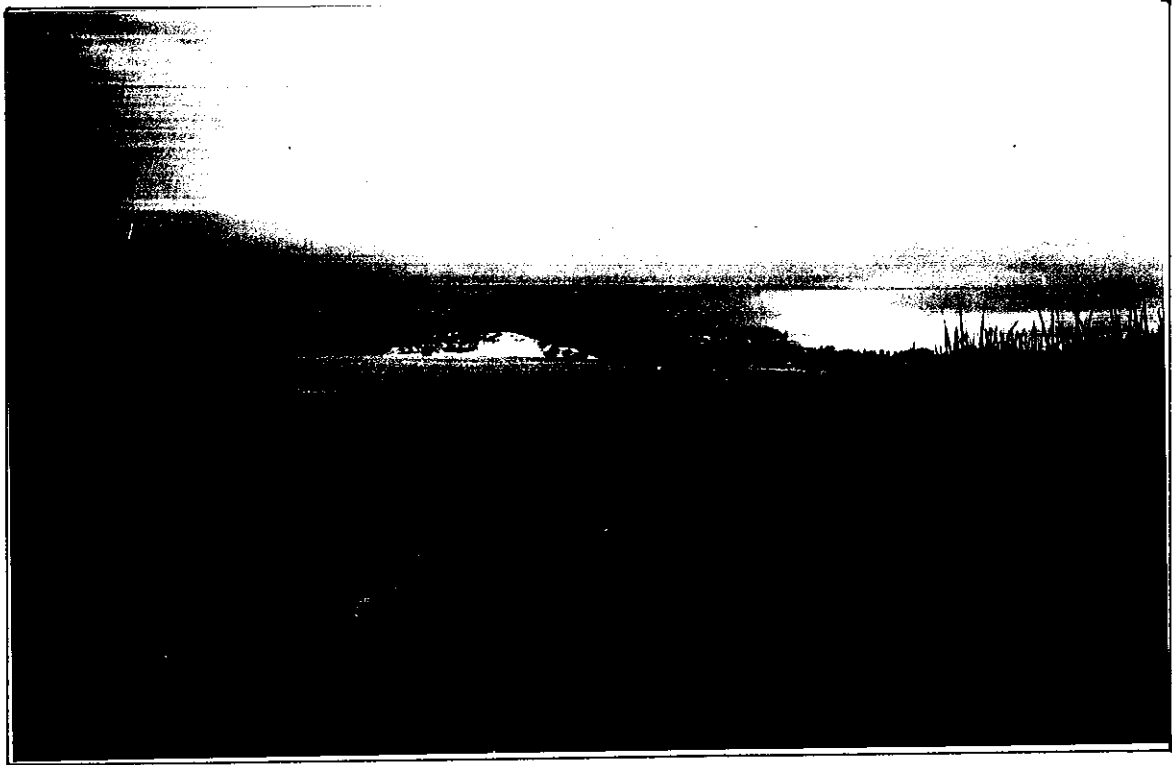
Esta caracterização por sistemas de relevo auxiliou principalmente na delimitação dos materiais de cobertura e funcionou como elemento de avaliação na interpretação das adequabilidades consideradas nas cartas interpretativas.

#### 4.7.2 A utilização de perfís

A caracterização de unidades geológico-geotécnicas implica na definição de suas extensões areais e de suas profundidades. Em pequenas escalas, onde a heterogeneidade interna das unidades é grande, as técnicas de representação cartográfica de espessuras tornam-se imprecisas e muitas vezes de difícil leitura. Uma maneira de suprir tais deficiências é fazer-se a representação através de perfís, que podem ser trabalhados de duas maneiras:

a. confecção de perfís geológicos, que identifiquem as disposições das interfaces gerais entre os grupos rochosos, bem como as correlações entre geomorfologia e geologia, que definam as unidades de terreno. Nas figuras 16, 17 e 18 e fotografia n<sup>o</sup>

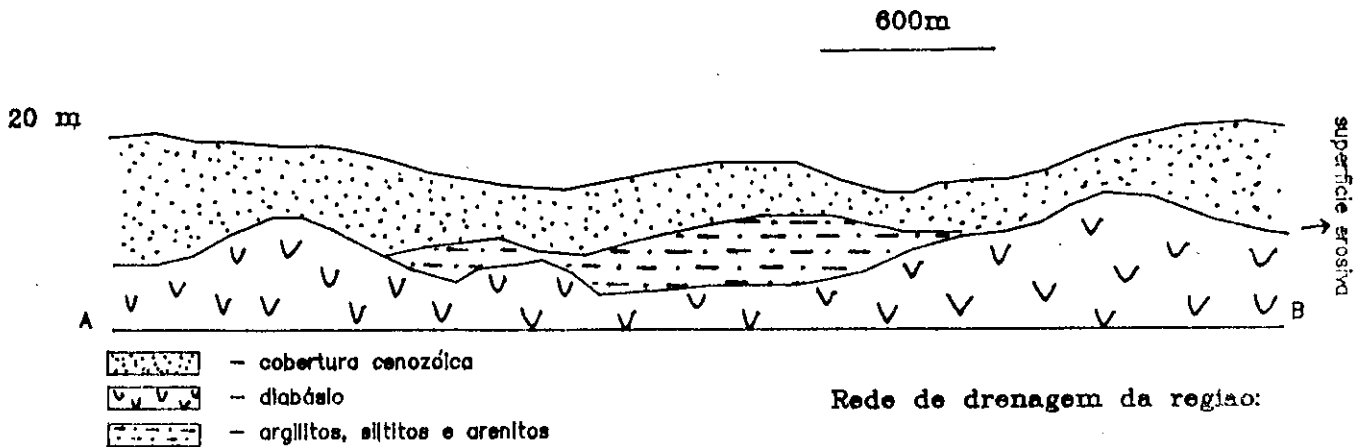
1, apresentam-se exemplos de como esta avaliação pode ser feita, seguindo modelo utilizado na Metodologia PUCE;



Fotografia nº 1 - Contraste entre as Unidades de Terreno 4.4 e, ao fundo, 4.6. Próximo ao Pto. 82 do Anexo 1, a NW de Itapira

b. a caracterização de perfís de intemperismo, onde observa-se a transição entre solo e rocha que, em muitas situações, pode apresentar uma importância marcante no planejamento de ocupação de uma área. A figura 19 a, b, c, d, e, f mostra alguns destes perfís identificados na área.

Características da unidade de terreno 2.2 (Anexos 6 e 7)



Substrato rochoso	Material de cobertura	Aspectos geotécnicos
Diabásio / argilitos e siltitos	Cobertura cenozóica	<p>profundidade do substrato rochoso variável não se refletindo na topografia.</p> <p>solos superficiais bem drenados, fortemente laterizados.</p> <p>possibilidade de colapso.</p> <p>passível área de recarga do aquífero Itararé ou diabásio.</p> <p>contato solo/rocha brusco</p>

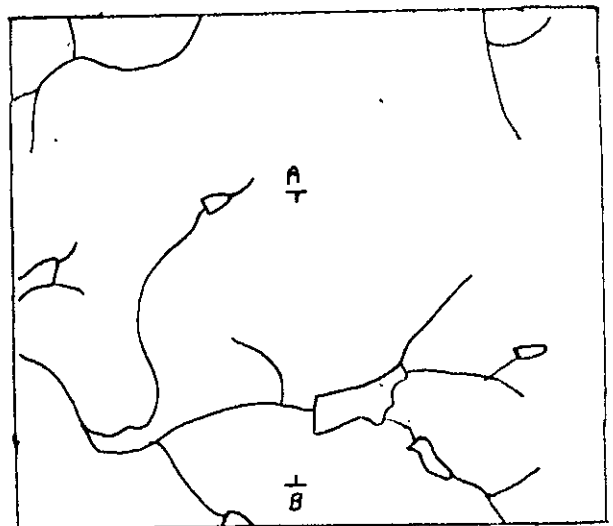
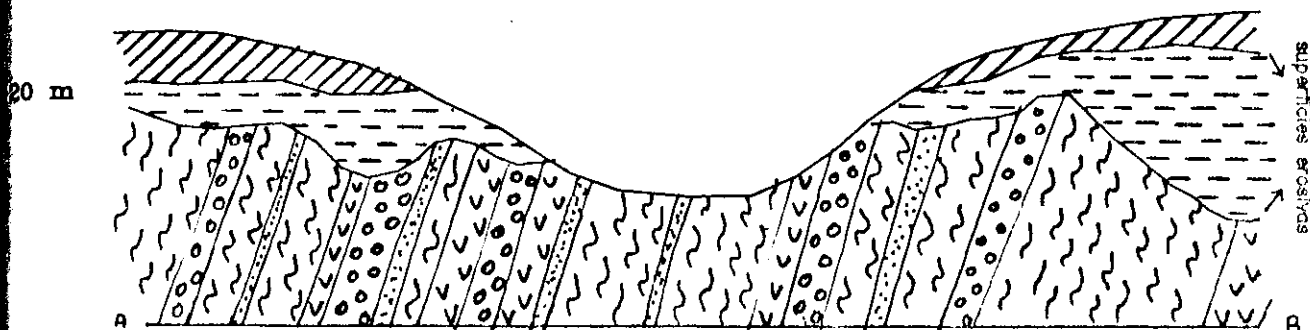


Figura nº 16 - Características da Unidade de Terreno 2.2 ( Anexos 6 e 7)

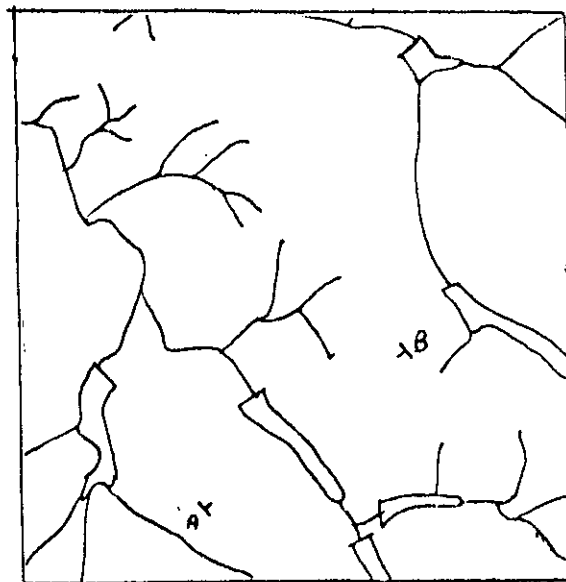
Características da Unidade de Terreno 3.1 ( anexos 6 e 7)

100m



- cobertura cenozóica
- argilitos e siltitos
- anfíbolitos
- gnditos
- quartzitos
- biotita/hornblenda gnáisses

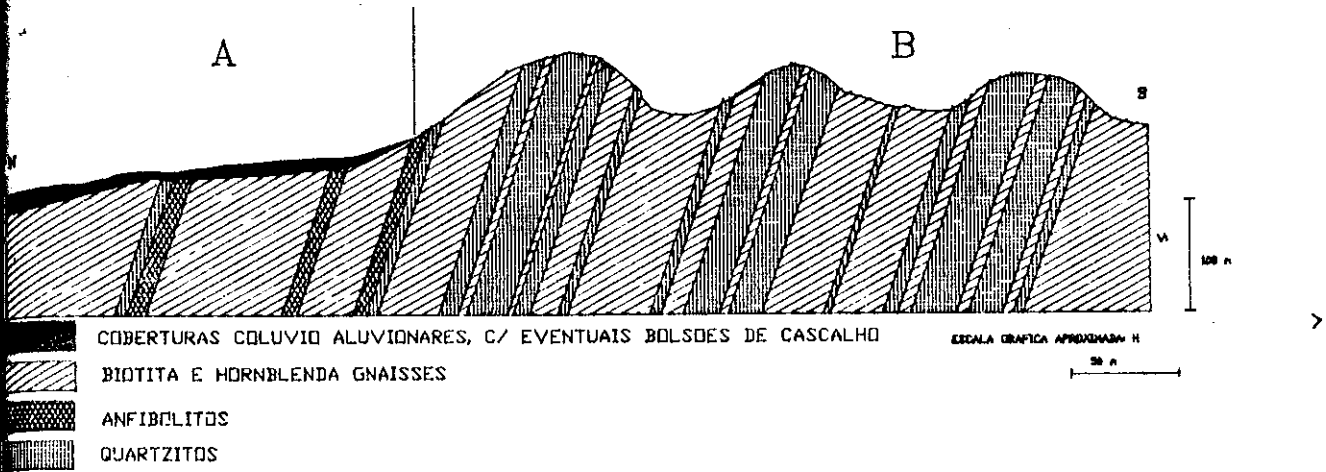
Rede de drenagem da região:



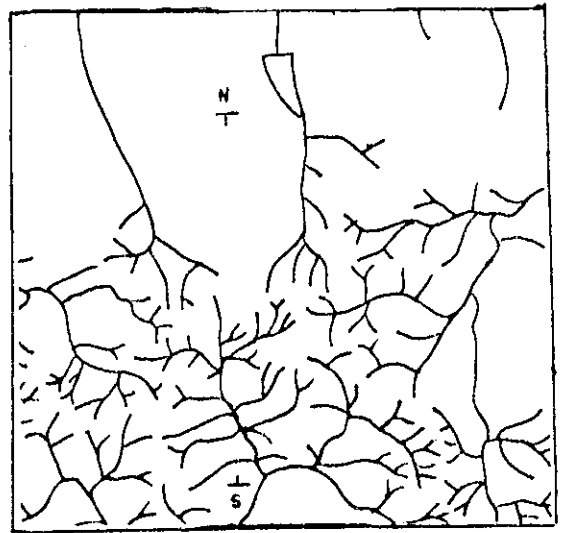
Ord. or.	Substrato rochoso	Material de cobertura	Aspectos geotécnicos
1	Gnáisses c/ Intercal. de quartzitos / argilitos e siltitos	Coberturas cenozóica / residual de gnáisses	embasamento a profundidades médias baixas e variáveis erosão ao longo das vertentes perfil bem drenado nos topos

Figura nº 17 - Características da Unidade de Terreno 3.1 ( Anexos 6 e 7)

Características das unidades de terreno 4.4 e 4.6 (anexos 6 e 8)



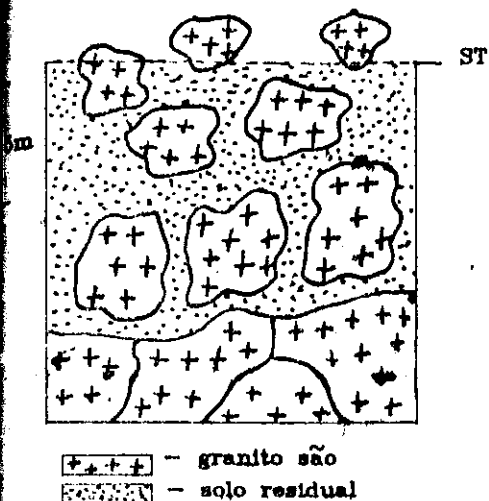
Rede de drenagem da região:



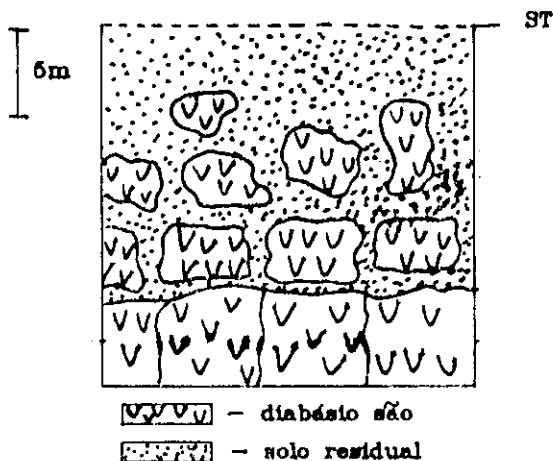
Id. T.	Substrato rochoso	Material de cobertura	Aspectos geotécnicos
4	Gnássea c/ Intercal. de anfíbolitos. (Gna)	Coberturas cenozóicas	eventuais bolsões de cascalho manto de alteração espesso concentração elevada e variável de mica presença de material de cobertura sobre rocha alterada.
6	Gnássea c/ Intercal. de quartzitos (GNq)	Residuais com colúvios na base das encostas.	grande heterogeneidade problemas com obras lineares orientadas transversalmente a estruturação das rochas (tubulações, rodovias, etc.) grandes quantidades de biotita saprolito quando exposto e facilmente erodível

Figura nº 18 - Características das Unidades de Terreno 4.4 e 4.6 (Anexos 6 e 7)

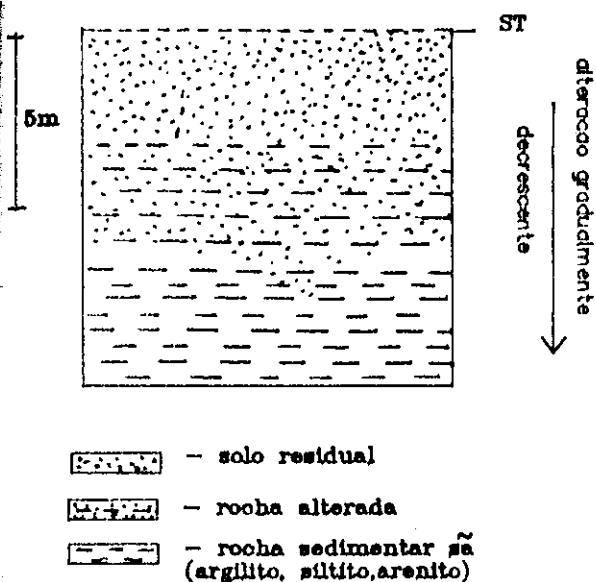
A - Residual de granito (REGr)



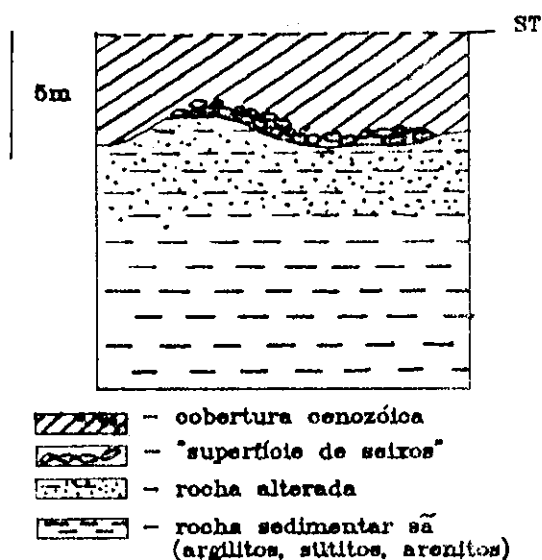
B - Residual de diabásio (JKSg)



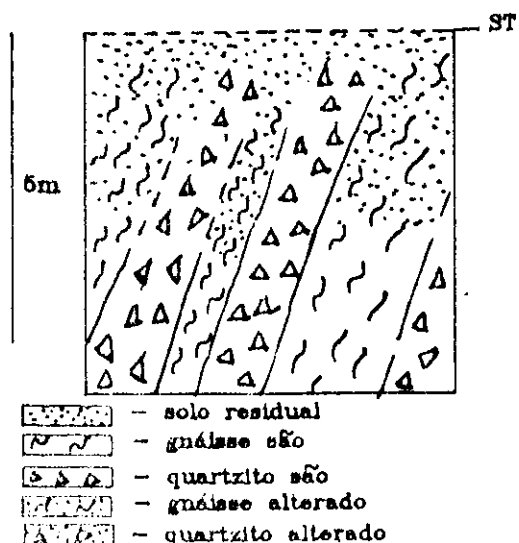
C - Residual de rochas sedimentares (RET1 e RET2)



D - Coberturas cenozóica sobre rochas sedimentares (RTCe/TU1, TU2)



E - Residual de gnáisses com quartzitos (GNq)



F - Residual de gnáisses com antibolitos e cobertura cenozóica (GNa/RTCe)

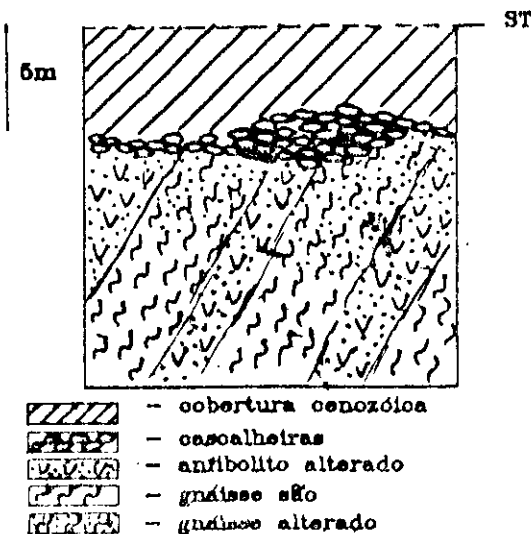


Figura nº 19 - Exemplos de perfis de alteração em unidades geotécnicas



## 5.0 AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA DA ÁREA

### 5.1 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DOS TRABALHOS

O trabalho foi realizado com base nas propostas de Zuquette(1987) e Finlayson(1982), com modificações substanciais em função das características da área . Foram utilizadas fotografias aéreas em escala 1:60.000, imagens TM 1:100.000, carta topográfica escala 1:50.000 e demais documentos cartográficos que contivessem informações relevantes ao trabalho.

A execução dos trabalhos constituiu-se de uma fase preliminar de atividades em escritório, onde basicamente foram feitas revisões bibliográficas sobre mapeamento geotécnico e características geográficas e geológicas da área em estudo. Paralelamente, foi feita uma fotointerpretação preliminar, seguida de uma visita ao campo para reconhecimento geral da área. Após esta etapa, foi possível realizar uma fotointerpretação mais cuidadosa, visando definir os aspectos geológicos e geomorfológicos da área e, da classificação geomorfológica, resultou a elaboração do Mapa de Sistemas de Relevo (Anexo 6). Nesta etapa, foram coletados dados junto às prefeituras, ao IAC, ao DER, à CESP ; porém, a área mostrou-se pobre em dados, sendo que de todos os dados coletados, os mais importantes foram os do

IAC, referentes às características granulométricas e químicas dos solos da região.

Após o tratamento preliminar dos dados levantados, foi realizado o trabalho de campo, em duas etapas de 10 dias, incluindo coleta de amostras. Foram realizadas visitas a afloramentos de solos e rochas, sendo as observações feitas segundo um roteiro previamente definido, descrito a seguir, e com utilização de gravador de bolso e caderneta para desenhos.

#### ROTEIRO PARA DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS (OU REGIÃO).

- 1- Identificação do local em fotografia aérea.
- 2- Comparação entre as características de foto e campo.
- 3- Descrição das características do terreno em campo.
- 4- Posição no relevo e variações observadas.
- 5- Representatividade ou não do local na caracterização da unidade de terreno, através de fotografia e/ou amostragem.
- 6- Espessura do material aflorante.
- 7- Características básicas dos solos e rochas: tipo de rocha, tipo de solo, relações de contato, variações no perfil, nível de água, consistência (penetração do canivete), resistência de torrão, características dos grãos, granulometria (ensaios táteis visuais), etc.
- 8- Forma das encostas.
- 9- Orientação das vertentes, etc..

As informações registradas em fita cassete foram posteriormente organizadas e escritas em caderneta.

As particularidades na metodologia utilizada se devem basicamente às características particulares da área e à

deficiência de dados. Foi elaborado um Mapa de Limitações à Ocupação (Anexo 8) e, em função da heterogeneidade e deficiência de dados, optou-se pela elaboração de um zoneamento litogenético (Mapa de Materiais de Cobertura - Anexo 5) e apresentação das informações através de tabela (Anexo 9).

## 5.2 ASPECTOS GEOTÉCNICOS GERAIS

A avaliação de parâmetros geotécnicos em áreas de geologia muito heterogênea, com grandes extensões e em pequenas escalas, torna-se bastante imprecisa, principalmente com relação às incertezas que existem na extrapolação de dados pontuais e nas previsões do comportamento dos solos perante solicitações impostas.

De uma maneira geral, os problemas e heterogeneidades geotécnicas da área inserem-se dentro das características listadas como sendo dificuldades práticas em se trabalhar com solos tropicais (Fookes et al., 1990):

1. duricrostas resistentes e espessas;
2. presença de matacões na transição entre solo residual e rocha inalterada;
3. alterações diferenciais de diques, veios, camadas, etc.;
4. solos ricos em ferro e quando molhados dificultam a trabalhabilidade;
5. erosão superficial rápida quando expostos à chuva e ao fluxo laminar;
6. índice de vazios que não reflete a história de tensões;

7. permeabilidade in situ ditada basicamente pela estruturação do solo, não correlacionável diretamente com a granulometria;

Na região do embasamento, os solos são de constituição areno-argilosa, com teores variáveis de silte, refletindo substratos de rochas gnáissicas e graníticas, onde as diferenças são de caráter estrutural (xistosidade, foliação, etc.). Estes são elementos avaliados visualmente, sem utilização de ensaios específicos, porém são fortes condicionantes do comportamento das rochas e solos saprolíticos.

Neste trabalho, os aspectos geotécnicos da área são abordados de duas maneiras:

- através do Mapa de Limitações à Ocupação (Anexo 8), e
- por meio de uma tabela (Anexo 9), referenciada às unidades de Materiais de Cobertura (Anexo 5), correspondendo a uma avaliação litogenética, onde são abordadas características geotécnicas gerais da área, de maneira descritiva.

#### 5.2.1 Mapa de Limitações à Ocupação

O objetivo deste mapa é agrupar, em um único documento, alguns aspectos do terreno identificados durante a execução do trabalho e que podem influenciar sobremaneira na execução de obras de engenharia e outras atividades, como por exemplo a agricultura. Desta maneira, ele visa fornecer subsídios para o planejamento da ocupação dos terrenos, antecipando problemas advindos de limitações que lhe são inerentes .

Foram definidos 4 tipos básicos de limitações:

### *1- Suscetibilidade elevada à erosão*

Ocorre em áreas com declividades superiores a 15 % e em algumas com declividades entre 10 e 15 %, com efeitos erosivos pronunciados e relativos às unidades REGq (Fotos 3 e 4) e REMi(migmatitos). É importante observar que a avaliação da erodibilidade dos vários tipos de solos foi feita de maneira empírica, através de observações em campo.



Fotografia nº 2 - Instalação de processo erosivo na unidade REGq, em local de implantação de conjunto habitacional, à NW de Itapira ( Pto. 106, Anexo 1)

### *2- Presença de matacões rochosos em superfície*

Observa-se nos materiais residuais das rochas graníticas (REGr) uma frequência de ocorrência de matacões em superfície, o que lhe imprime característica típica. Estimativas feitas em campo e através de fotografias aéreas, indicam que mais de 70 % em área da unidade apresenta matacões em superfície.



Fotografia nº 3 - Processo erosivo instalado, na unidade REGq e causando prejuízos à obras civís. ( Pto. 106, Anexo 1, à NW de Itapira.

### *3- Potencialidade de inundação*

Foram consideradas potencialmente inundáveis todas as áreas planas junto às margens dos rios. Em trabalhos posteriores de maior detalhe devem ser indicadas, dentro desta unidade, quais são as regiões que apresentam maior potencial à inundação, considerando alguns parâmetros hidricos da bacia, como vazão de enchente e período de recorrência.

### *4- Colapsibilidade de solos*

Foram considerados potencialmente colapsíveis os solos pertencentes à unidade RTCe (Depósitos Cenozóicos) pois, via de regra, apresentam uma estruturação marcante e índices de vazios elevados, sendo tipicamente laterizados, com intensa lixiviação de material.

São também indicadas, neste mapa, as áreas de ocorrências minerais ou com potencial para exploração de material de construção porque, em princípio, constituem-se em fatores limitantes à ocupação.

Salienta-se que podem existir várias outras limitações, tais como regiões de recargas de aquíferos, solos expansivos, etc. que, em função dos dados disponíveis não puderam ser avaliadas. Portanto, deve-se considerar este mapa apenas como indicador de algumas limitações do terreno à ocupação.

#### 5.2.2 Considerações Sobre a Disposição de Rejeitos Sólidos

A disposição de rejeitos é responsável por grande parte da poluição do ar, das águas e do solo e pode resultar muitas vezes em prejuízos diretos ao homem, sejam eles através de ações despoluidoras, propagações de doenças epidêmicas, da diminuição da qualidade de vida, etc.

Os procedimentos gerais de tratamento e disposição dos resíduos iniciam-se principalmente no processo industrial, com o objetivo de aumentar a eficiência dos processos produtivos e consequentemente diminuir o volume e potencial tóxico dos resíduos finais (Guedes, 1991). Em países desenvolvidos, como a Inglaterra e EUA, as legislações são rigorosas quanto à disposição de resíduos finais, sejam industriais ou urbanos. Os resíduos só devem ser lançados ao meio ambiente quando seus níveis de poluição estiverem abaixo de limites previamente estabelecidos. No Brasil, estes limites são regulamentados pela Portaria 013/SEMA e Decreto Federal 8468, que definem tanto os padrões de qualidade da água como os finais de emissão.

A disposição de rejeitos e resíduos diretamente no solo pode resultar na poluição da água, seja dos aquíferos livres ou dos confinados. Segundo Schalch, Leite e Gomes (1990), dentre os vários métodos de disposição de rejeitos, a construção de aterros sanitários é a mais adequada e barata, muito embora apresente alguns aspectos favoráveis e outros desfavoráveis, a saber:

a - favoráveis:

- aceita qualquer tipo de resíduo sólido;
- possibilidade de recuperação de áreas topograficamente inutilizadas;

b - desfavoráveis:

- produção de águas residuais/chorume, principalmente devido à infiltração de águas de chuva no aterro;
- possibilidade de poluição do lençol freático;
- período relativamente longo de estabilização.

Um dos índices que podem ser utilizados para medir o potencial poluidor é a DBO (Débito Bioquímico de Oxigênio), principalmente em resíduos orgânicos. No caso de aterros sanitários ou qualquer outra disposição de lixos urbanos, o chorume resulta da concentração de poluentes que migram junto com a água e apresentam potencial poluidor cerca de 1000 vezes maior do que o lixo individualmente. Deve-se, portanto, controlar a produção e migração do chorume, através de sistemas de drenagem superficial, impermeabilizações do solo, construção de drenos profundos e poços de monitoramento. Desta maneira, o chorume produzido deve ser coletado e tratado adequadamente visando a diminuição de seu potencial poluidor. Este tipo de tratamento é pouco comum no Brasil, sendo que muitas vezes a infiltração do chorume no terreno não é controlada.

A Portaria Federal 053/1979, da SEMA, estabelece entre outros pontos, que cidades com mais de 20.000 habitantes devem ter pelo menos 80% da população urbana servida por um sistema de destinação final do lixo sanitariamente adequado. Desta maneira, os lixões, vazadouros ou depósitos de lixo a céu aberto devem ser extintos.



Considerando que cada tipo de lixo tem um potencial poluidor e características de tratamento distintos, é importante o conhecimento do tipo e da legislação pertinente às emissões finais de poluentes. Segundo Lima (1987), o lixo pode ser classificado em quatro grupos:

1-Lixo Residencial : sobras de alimentos, invólucros, papéis, plásticos, vidros, etc.;

2-Lixo Comercial : oriundo de lojas, restaurantes , hotéis, etc., incluindo papéis, plásticos, restos de alimento, etc.;

3-Lixo Industrial : todo e qualquer resíduo resultante de atividade industrial e agrupados em quatro classes, a saber:

Categoria 1 -resíduos perigosos, com substancial periculosidade à saúde humana e organismos vivos, não letais, não degradáveis e com efeitos acumulativos diversos;

Categoria 2 -resíduos potencialmente biodegradáveis e/ou combustíveis;

Categoria 3 -resíduos considerados inertes e incombustíveis;

Categoria 4 -mistura variável das substancias das categorias 2 e 3.

4 - Lixo Hospitalar : -com resíduos comuns: restos de alimentos, papéis, etc.;

-com resíduos especiais :restos de salas de cirurgias, áreas de internação, etc..

### Aspectos Geológico-geotécnicos

Os fatores geológicos que influenciam a escolha de locais para a instalação de aterros de resíduos podem ser associados em três grupos (Cottas, 1991):

- 1-Propriedades geotécnicas de solos que os qualificam para materiais de cobertura das células de lixo,
- 2-Condições de drenagem superficial dos terrenos,
- 3-Condições de drenabilidade de solos e rochas.

Os dois primeiros determinam a aptidão tanto para aterro sanitário como industrial. No caso das condições de drenabilidade dos solos e rochas, deve ser dada ênfase à poluição das águas subterrâneas e do solo. Deve-se, neste caso, considerar o potencial poluidor dos rejeitos para que se possa avaliar de maneira adequada a área de disposição. Desta maneira, é necessária uma distinção preliminar entre resíduo urbano e resíduo industrial.

Nos resíduos urbanos, predominam poluentes orgânicos, com degradação relativamente fácil quando em pequenas quantidades. Nos resíduos industriais, concentram-se poluentes químicos menos degradáveis e potencialmente mais poluentes e assim não devem, de maneira alguma, serem dispostos diretamente no meio sem um tratamento que vise a diminuição do potencial poluidor.

De maneira geral, nenhum tipo de resíduo deve ser lançado diretamente ao meio ambiente sem tratamento prévio ou controle rigoroso quanto aos aspectos de poluição da água subterrânea. Os locais de disposição devem ser controlados e o chorume deve ser drenado, coletado e tratado.

Na região de Rio Claro, Cottas(1991) considera os sedimentos da Form. Rio Claro (correlatos à unidade RTCe da área em estudo), em locais com maiores espessuras e nível de água profundo, como os locais mais adequados à construção de aterros

sanitários (resíduos urbanos). No caso de aterros industriais, considera os locais onde a Fm. Rio Claro é pouco espessa e o substrato rochoso é impermeável, como naturalmente mais adequados para a disposição final. Porém, antigas cavas de mineração na Fom. Irati, em Rio Claro, constituem excelentes locais para a disposição de resíduos industriais, em função da baixa permeabilidade e como auxiliar na recuperação de áreas degradadas. Desta maneira, aquele autor considera que terrenos com permeabilidade média ( $10^{-4}$ m/s) e com nível de água profundo são os mais adequados para os resíduos urbanos, pois a zona de aeração do solo degrada a carga poluente do resíduo. Por outro lado, solos e rochas impermeáveis próximos à base dos aterros são os mais adequados para resíduos industriais, desde que tratados quimicamente antes da disposição final.

A identificação de locais mais adequados à disposição final de rejeitos deve considerar uma série de atributos, sendo que os mais importantes referem-se à : declividade, CTC, profundidade do NA, permeabilidade, etc.. Zuquette e Gandolfi(1991) consideram uma série de condições limitantes a implantação de depósitos de resíduos, sendo este um bom guia para a pré seleção de áreas a serem avaliadas mais especificamente. As principais condições limitantes são:

- alto potencial a erodibilidade,
- solos compressíveis/colapsíveis e com baixa capacidade de suporte,
- proximidade de equipamentos públicos (<10 Km),
- nível de água superficial (<8 m),
- declividade > 20%,
- evidência de movimentos de massa,
- zona de recarga de aquífero,
- regiões potencialmente inundáveis,
- localização em zonas costeiras,

- fraturamento intenso ou zona de falha,
- risco de sismicidade,
- ser constituído por materiais com coeficiente de permeabilidade maior que  $10^{-6}$  m/s.

### 5.2.3 Considerações Sobre os Materiais de Construção

As ocorrências minerais identificadas, bem como regiões potencialmente explotáveis, estão indicadas no Anexo 8.

A região estudada, por situar-se em uma área de grande expansão urbana, apresenta forte demanda de materiais de construção. A heterogeneidade litológica e a diversidade de situações geotécnicas resultam em uma grande variedade de materiais de construção e que praticamente abrangem toda a gama de materiais indispensáveis à implementação de obras civis.

Os materiais mais importantes no desenvolvimento de núcleos urbanos são os agregados que, na definição de Collis e Fox(1985), são fragmentos de rocha ou mineral, que quando agrupados, com agente cimentante ou não, formam parte ou toda uma construção ou estrutura de engenharia. Paralelamente, é indispensável a existência de materiais argilosos, que permitam a confecção de tijolos e telhas.

A região pode ser considerada um polo cerâmico, concentrando indústrias de porte como Chiarelli, Ipê, Guainco, Gerbi e Cataguá. As matérias primas principais provêm das regiões de várzea do Rio Mogi-Guaçu próximas às ocorrências de argilitos e siltitos do Grupo Tubarão (unidades RET1 e RET2). Na região norte da área, próximo ao Pto 09 (Anexo 1), ocorre uma extração intensa de material argilo-siltoso, também utilizado em cerâmica e cuja gênese não foi perfeitamente esclarecida, podendo pertencer tanto a unidade RTCe (Depósitos Cenozóicos) como à residual da unidade TU2( Form. Aquidauana).

Os extensos aluviões da unidade RTA1, associados à rochas fonte arenosas, permitem inferir a existência de depósitos

de areia potencialmente explotáveis. Ocorrem alguns portos de areia, concentrados preferencialmente no alto curso do Rio Mogi-Guaçu, antes da sua confluência com o Ribeirão da Penha.

Os materiais utilizados para brita são extraídos principalmente de diabásios da unidade JKSG (Pto 47, Anexo 1) e subordinadamente de gnaisses da unidade Gnq (Pto 84, Anexo 1, atualmente desativado). Dentre os vários locais potenciais para a extração de brita, alguns são mostrados no Anexo 8.

A ocorrência de cascalhos está intimamente associada à dos gnaisses (GNa), estando controlada pela região de contato entre a unidade GNa e os depósitos de cobertura RTCe (Ptos 80 e 81, Anexo 1). Estes depósitos caracterizam-se como ocorrências e dependem de estudos detalhados para o seu aproveitamento comercial. Além destes, os aluviões também são locais potencialmente favoráveis à ocorrências de cascalhos, porém não foram detectadas áreas de extração.

A região de afloramento das rochas graníticas (REGr), a NE da área, apresenta concentrações elevadas de matacões em superfície. Estes matacões caracteristicamente apresentam um diâmetro médio pequeno (1-2 m) e o potencial para cantaria deve ser avaliado através de ensaios específicos.

## 6.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 QUANTO AOS ASPECTOS METODOLÓGICOS

A escala é um fator que apresenta grande importância no mapeamento geotécnico; assim, para uma mesma escala de trabalho, os detalhes que podem ser representados variam de maneira inversa à heterogeneidade geotécnica.

Um mapa para fins de engenharia e planejamento deve ser apresentado de maneira simples, onde as unidades sejam reconhecidas facilmente; caso contrário, terá alta densidade de informações e será de difícil interpretação.

A amostragem de solos e rochas pode e deve ser feita após uma pré-seleção de áreas mais adequadas. Desta maneira, áreas que apresentem atributos limitantes podem ser descartadas, e os esforços concentrados nas áreas com maior aptidão ao fim proposto. Deve-se analisar sequencialmente os atributos que impõem maiores graus de limitações.

A apresentação dos dados em tabelas-resumo (conforme anexos 7 e 9) facilita a leitura, tornando o trabalho mais informativo.

O mapeamento geotécnico, no âmbito de pós-graduação e pesquisa, onde não existe um compromisso de prestação de serviço,

deve focar aspectos mais específicos, que no decorrer das pesquisas poderão auxiliar na idealização de novas técnicas de mapeamento.

Dentre os aspectos expostos acima, é necessário que se estabeleçam critérios mais precisos e específicos que permitam a extrapolação de dados pontuais. Estudos em áreas específicas e grandes escalas (1:5.000 - 1:10.000), correlacionando geologia, geomorfologia e perfis de intemperismo com as propriedades geotécnicas, podem fornecer critérios mais seguros de extrapolação de dados pontuais. Estes critérios podem advir da compreensão das variações espaciais dos elementos dos perfis.

Na mesma linha exposta acima sugere-se :

1-estudo dos perfis de alteração próximo aos pontos 44, 45 e 242, Anexo 1 ( Fotografia nº 4 ), no Sul da área, e ponto 09 no Norte da área , objetivando um esclarecimento sobre as relações de transição entre Itararé (TU1 , TU2) e Cobertura Cenozóica (RTCe), que podem representar tanto perfis residuais como perfis com superfície erosiva (retrabalhados).

2-estudo da superfície erosiva no contato JKSG/TU1. com a unidade RTCe. (pontos 260 a 264 do Anexo 1 e Sistema de Relevo 2.2 à N/NW de Mogi-Guaçu). Existem evidências de campo de que esta superfície é extremamente irregular, e não apresenta reflexo algum na superfície topográfica atual. Desta maneira, a profundidade dos depósitos RTCe neste local é muito variável. Estudos utilizando geofísica seriam úteis para indicar tais variações.



Fotografia nº 4 - Detalhe da transição entre unidade RTCe (superior) e unidade TU2. Pto. 242, Anexo 1, ao S de Mogi-Guaçu.

## 6.2 QUANTO AOS ASPECTOS DA ÁREA DE TRABALHO

O reconhecimento das diversas situações geotécnicas, em etapa de planejamento, pode resultar em sensíveis economias nos custos globais de implantação das obras e da ocupação em geral.

Nos substratos rochosos de constituições gnáissicas e graníticas, as diferenças são de caráter estrutural (xistosidade, foliação, etc.) e avaliados visualmente, sem utilização de ensaios



## 7.0 BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N.(1969) *A Depressão Periférica Paulista: Um Setor das áreas de Circundenuação pós-Cretácicas na Bacia do Paraná*. *Geomorfologia*, n. 15, pp.1-15, São Paulo, 1969.
- ABNT (1984) *NBR- 7180 -Determinação do Limite de Plasticidade; NBR- 6459 -Determinação do Limite de Liquidez*. ABNT, São Paulo, 1984.
- ABREU, R.M. (1985) *Legislação Ambiental no Brasil*. 4<sup>o</sup> Sem. de Engenharia Sanitária e Ambiental, EESC/USP, São Carlos, 1985.
- AGUIAR, R.L.(1989) *Mapeamento Geotécnico da área de Expansão Urbana de São Carlos/São Paulo, Contribuição ao Planejamento*. EESC/USP, São Carlos/SP , 2v, 127p (Dissertação de Mestrado), 1989.
- ARNOT, F. e GRANT, K. (1974) *Land Classification for Urban Growth*. DAG n.230, Research Paper, SCIRO, Austrália, 1974.
- ARTUR, A.C. (1980) *Rochas Metamórficas dos Arredores de Itapira*. 210p., Inst. Geociências/USP, São Paulo, (Dissertação de Mestrado), 1980.

- ASTM - American Society for Testing and Materials (1989) *Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes - D 2487*, p. 288-297, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 1989.
- BARROSO, J.A. et al. (1981) *Correlações de Características Genéticas de Solos e Suas Propriedades Geotécnicas*. 1º Simp. Bras. Solos Tropicais em Engenharia, COPPE/UFRJ, p. 187-198, Rio de Janeiro, 1981.
- BIERKLAND, P.W. (1984) *Soils and Geomorphology*. 327p., Longman, London, 1984.
- BJORNBERG, A.J.S. e LANDIM, P.M.B. (1966) *Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neo-Cenozóico)*. Bol. Soc. Bras. geol./ SP, V. 15 n. 14, p. 43-67, São Paulo, 1966.
- BRIGGS, S.J. e SHISHIRA, E.K. (1985) *Soil variability in Geomorphologically defined survey units in the Albudeite Area of Murcia Province, Spain*. in: *Catena Supplement n.6*, p.69-84, Amsterdam, 1985.
- BRINK, A.B.A.; PARTRIDGE, T.C.; WILLIAMS, A.A.B. (1982) *Soil Survey for Engineering*. Oxford, 378p., Clarendon Press, Oxford, 1982.
- BROLO, M.J. (1991) *Mapeamento Geotécnico da Quadricula de Araras/SP. Esc. 1:50.000*. EESC/USP, São Carlos/SP, 2v, 99p. (Dissertação de Mestrado), 1991.
- CERRI, L.E.S. (1990) *Carta Geotécnica: Contribuição para uma Concepção Voltada às Necessidades Brasileiras*. 6º CBGE/IX COBRAMSEF, Salvador, V. 1, p. 309-317, 1990.
- CHRISTOFOLETTI, A. e FILIZOLA, H.F. (1978) *Procedimentos Expeditos para o Cálculo da Densidade de Drenagem*. Boletim Geográfico, V. 36, n. 256, p. 96-104, São Paulo, 1978.

- CHRISTOFOLETTI, A. (1986) *O Fenômeno Morfogenético no Município de Campinas*. *Not. Geomorfológica*, V. 8, n. 16, p. 3-97, 1986.
- COELHO, A.M. (1980) *A Carta Geotécnica no Planejamento Regional e Urbano - Experiência de Aplicação na Região de Setubal*. LENECA, Lisboa, 157 p., 1980.
- COLLIS, L. e FOX, R.A. (1985) *Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes*. Published by The Geological Society, 220 p., London, 1985.
- COOKE, R.U. e DOORNKAMP, J.C. (1990) *Geomorphology in Environmental Management*. 410p. Clarendon Press, Oxford, 1990.
- COTTAS, L.R. (1983) *Estudos Geológico-geotécnicos aplicados ao Planejamento Urbano de Rio Claro, SP*. São Paulo/SP, IGUSP, 2v. (Tese de Doutorado)
- COTTAS, L.R. (1991) *Definição de áreas Adequadas para a Instalação de Aterros Industriais e Sanitários em Rio Claro/SP*. *REGEO'91*, p. 253-261, Rio de Janeiro, 1991.
- COTTAS, L.R. et al. (1981) *Divisão Faciológica do sub-Grupo Itararé e da Formação Aquidauana no Nordeste do Estado de São Paulo*. *Atas 3º Simp. Reg. Geol.* V. 2, p. 103-115, Curitiba/Pr, 1981.
- DE BIASI, M. (1970) *Cartas de Declividade : Confecção e Utilização*. *Geomorfologia*, n. 10, p. 8-13, São Paulo, 1970.
- ESPINDOLA, C.R. e GARCIA, G.J. (1979) *Relação entre Grau de Desenvolvimento de Mantos de Alteração e Evolução de Suas Redes de Drenagem*. *Not. Geomorfológica*, V. 19, n. 37/38, p. 29-40, Campinas, 1979.
- FANIRAN, A. e JEJE, L.K. (1983) *Humid Tropical Geomorphology*. Longman, 413 p., London, 1983.

- FINLAYSON, A.A. (1982) *Terrain Analysis, Classification and Engineering Geological Assessment of the Sydney area, New South Wales*. DAGTP n.32, v.1 e 2, CSIRO, Austrália, 1982.
- FOOKES, P.G. et al. (1990) "Tropical Residual Soils". *The Quart. Jour. Engin. Geol.*, V. 23, n.1, Geological Society Engineering Group, Working Party Report, London, 1990.
- FORTES, R.M. (1990) *Método Expedido de Identificação MCT de Solos Tropicais, para Finalidades Rodoviárias, utilizando-se anéis de PVC rígido*. Escola Politécnica/USP, São Paulo/SP, 210p. (Dissertação de Mestrado), 1990.
- FREITAS, R.O. et al. (1979) *Projeto de Levantamento Geológico das Formações Superficiais*. 2<sup>o</sup> Simp. Reg. Geol., V. 2, p. 263-277, Rio Claro/SP, 1979.
- GERRARD, A.J. (1981) *Soils and Landform, an integration of Geomorphology and Pedology*. Unwin Hyman, London, 1981.
- GIDIGASU, M.D. (1988) *Potential Application of Engineering Pedology in Shallow Foundation Engineering on Tropical Residual Soils*. in: *Geomechanics in Tropical Soils*, V. 1, p. 17-24, A.A.Balkema, Rotterdam, 1988.
- GRANT, K. e FINLAYSON, A.A. (1978) *The Assessment and the Evaluation of Geotechnical Resources in Urban or Regional Environments*. *Eng. Geol.*, V. 12, n. 3, p. 219-293, Amsterdam, 1978.
- GRANT, K. et al. (1982) *Terrain Analysis, Classification, Assessment and Evaluation for Regional Development Purposes of the Moreton Region, Queensland*. CSIRO, Vol. 1 e 2, Austrália, 1982.
- GRANT, K. (1975) *The PUCE Programme for Terrain Evaluation for Engineering Purposes. I-Principles, II-Procedures for Terrain Classification*. DAGT paper n. 15 CSIRO, Austrália, 1975.

- GUEDES, P.P. (1991) *Aterros Industriais. REGEO'91- Simp. Barragens de Rejeito e Disposição de Resíduos*, p. 305-317, Rio de Janeiro, 1991.
- HORTON, R.E. (1945) *Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins : Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*. Bull. Geological Society of America, V. 56, p. 275-370, 1945.
- HOWLAND, A.F. (1979) *Landform Evaluation as a Method of Road Construction Investigation in South Africa*. Bull. Intern. Assoc. Engin. Geol., n. 19, p. 25-30, Krefeld, 1979.
- IAC - Instituto Agrônomo de Campinas (1991) *Levantamento Pedológico de Semi-detalhe do Estado de São Paulo : Quadrícula de Mogi-Guaçu. esc. 1:100.000*, IAC, Campinas, 1991 (inédito)
- IAEG - International Association of Engineering Geologist (1976) *Engineering Geological Maps: a guide to their preparation*. Earth Science Series 15, 78p., The Unesco Press, 1976.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1972) *Mapa Topográfico: Folha de Mogi-Guaçu. Escala 1:50.000*, Rio de Janeiro, 1972.
- IGC - Instituto Geográfico e Cartográfico (1980) *Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo : Folha de Campinas (SF-Y-A)*. Escala 1:250.000, IGG, São Paulo/SP, 1980.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1982) *Mapeamento Geológico na escala 1:50.000 das Folhas de Mogi-Guaçu e águas de Lindóia /SP*. Relatório Final, SICCT/ Pró-Minério, São Paulo, 1982.
- IPT - \_\_\_\_ (1981) *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Séries monografia n. 5, 2v, 1981.

- IPT - \_\_\_\_ (1991) Curso sobre Geologia de Engenharia Aplicada à Problemas Ambientais. AGAMA - DIGEM / IPT, São Paulo, Set.91.
- JUNGERIUS,S.(1985) *Soils and Geomorphology*. Catena Supplements, n.6, p. 1-17, Amsterdam, 1985.
- KLAMT, E. (1989) *Relevância da Pedologia na Avaliação do Comportamento de Solos*. 2<sup>o</sup> Coloq. Solos Trop. e Subtrop. e suas Aplic. em Engenharia Civil, p. 13-24, Porto Alegre, 1989.
- LEPSCH,I.F. et al. (1977) *Soil Landscape relationship in the Occidental Plateau of São Paulo State, Brasil: I-Geomorphic Surfaces and Soil Mapping Units, II-Soil Morphology, Genesis and Classification*. Journal of Soil Science Society of America, V. 14, n.1, p. 104-115, 1977.
- LIMA,M.Q. (1987) *Tratamento de lixo*. 242p., Ed.Hemus, Campinas, 1987.
- LOLLO,J.A. (1991) *Mapeamento Geotécnico da Folha de Leme/SP: "Utilização da geomorfologia na caracterização preliminar de unidades geotécnicas"*. EESC/USP, São Carlos/SP, 87p, (Dissertação de Mestrado),1991.
- MALOMO, et al. (1983) *Engineering Geological Mapping in Terrains of Tropical Weathering, "an example of Abuja, Nigéria"*. Eng. Geology, V. 19, n. 133-148, Amsterdam, 1983.
- MARSLAND,A. et al. (1980) *Soil Profile Mapping in Relation to Site Evaluation for Foundations and Earthworks*. Bull. Intern. Assoc. Engin. Geol., n. 21, p. 139-155, Krefeld, 1980.
- MATHEWSON,C.C. e FONT,R.G. (1973) *Geologic Environment: Forgotten aspect in the Land Use Planning Process*. Geol.Soc.Am. Bull., p. 23-28, Case Stories 10, 1973.

- MATULA, M. (1979) *Regional Engineering Geological Evaluation for Planning Purposes*. Bull. Intern. Assoc. Engin. Geol., n. 19, p. 18-24, Krefeld, 1979.
- McRAE, S.G. e BURNHAM, L.P. (1981) *Land Evaluation*. 253 p., Clarendon Press, Oxford, 1981.
- MELNIKOV, E.S. (1979) *The Main Principles of Procedure for National Engineering Geological survey in the USSR*. Bull. Intern. Assoc. Engin. Geol., n. 19, p. 93-95, Krefeld, 1979.
- NISHIYAMA, L. (1991) *Mapeamento Geotécnico preliminar da Quadricula de São Carlos/SP*. EESC/USP, São Carlos/SP, 2v., (Dissertação de Mestrado), 1991.
- NOGAMI, J.S. e COZZOLINO, V.M.N. (1985) *A Identificação de Solos Tropicais : Dificuldades e Proposta de um Método Preliminar*. 20º Reunião Anual de Pavimentação, V. 1, p. 113-134, ABPV, Fortaleza/Ce, 1985.
- NOGAMI, J.S. e VILLIBOR, D.F. (1981) *Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias*. 1º Simp. Bras. Solos Tropicais em Engenharia, p. 30-41, Rio de Janeiro, 1981.
- OLSON, G.W. (1973) *Soil Survey Interpretation for Engineering Purposes*. FAO Bulletin, UNESCO, Roma, 25 p, 1973.
- PAIJMANS, K. (1970) *Land Evaluation by Air Photointerpretation and Field Sampling in Australian New Guinea*. Photogrammetria, V. 26, p. 77-100, 1970.
- PONÇANO, W.L. et al. (1979) *O conceito de Sistemas de Relevo Aplicado ao Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Atas 2º Simp. Reg. Geol., 1979, V. 2, p. 253-262, Rio Claro/SP, 1979.
- PUTTE, R. (1989) *Land evaluation and Project Planning*. ITC Journal, n. 2, p. 139-143, 1989.

- SANEJOUAND, R. (1972) *La Cartographie Géotechnique en France*. Ministère de l'Équipement et du Logement. D.A.F.U., A.R.M.I. N.E.S. - L.C.P.C., Paris/France, 95p., 1972.
- SCHALCH, V.; LEITE, W.C.A.; GOMES, L.P. (1990) *Curso sobre Gerenciamento de Resíduos Sólidos*. ABES, 226p. Goiânia, Junho/1990.
- SEIGNEMARTIN, C.L. (1979) *Geologia de Áreas Urbanas : o Exemplo de Ribeirão Preto/SP*. Inst. Geoc./USP, São Paulo, 2v (Tese de Doutorado), 1979.
- SETZER, J. (1976) *Atlas Climático do Estado de São Paulo*. Secretaria da Agricultura, São Paulo, 1976.
- SMITH, D.A.M. (1985) *Geology, Geotechnology and Investigation Methodology for Lateritic Soil near Worsley, WA*. Tropical's 85, V. 1, p. 429-439, Brasília, 1985.
- SOARES, P.C. et al. (1977) *Avaliação Litológica do Sub-grupo Itararé e sua Interpretação Ambiental*. Rev. Bras. Geoc., V. 7, n. 2, p. 131-149, 1977.
- SPEIGHT, J.G. (1977) *Landform Pattern Description from Aerial Photographs*. Photogrammetria, n. 32, p. 61-186, 1977.
- VERSTAPPEN, H.Th. (1966) *The Role of Landform Classification in Integrated Surveys*. 2<sup>o</sup> International Symposium on Photointerpretation, Paris, 1966.
- WEBSTER, R. e BECKETT, P.H.T. (1970) *Terrain Classification and Evaluation using Air Photography: a Review of Recent Work at Oxford*. Photogrammetria, n. 26, p. 51-75, 1970.
- WELLS, N.A. et al. (1990) *Stonelines and Landscape Development on the Lateritized Cráton of Madagascar*. Geol. Soc. Am. Bull., V. 102, p. 615-627, 1990.



- WERNICK, E. (1978) *Contribuição a Estratigrafia do pré-Cambriano do Leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas*. Rev.Bras.Geoc., V. 8, p. 206-214, 1978.
- WESLEY, L.D. (1988) *Engineering Classification of Residual Soils*. in: *Geomechanics in Tropical Soils*, V. 1, p. 77-84, A.A. Balkema, Rotterdam, 1988.
- WRIGHT, R.L. (1972) *Principles in a Geomorphological Approach to Land Classification*. Z. Geomorph. N. F. V. 16, n.4, p. 351-373, Berlin, 1972.
- ZUQUETTE, L.V. e GANDOLFI, N. (1988) *Mapeamento Geotécnico : Levantamento e Análise das Metodologias e Sistemáticas mais utilizadas*. 7º Cong.Lat.Am.Geol., Belém/PA, V. 1 p. 591-605, 1988.
- ZUQUETTE, L.V. e GANDOLFI, N. (1991) *Análise da Relação Entre Disposição de Rejeitos de Baixa Periculosidade e Meio Geológico Receptor*. REGEO'91, p. 221-232. Rio de Janeiro, 1991.
- ZUQUETTE, L.V. (1987) *Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras*. São Carlos/SP, EESC/USP, 3 V., 673p (Tese de Doutorado), 1987.
- ZUQUETTE, L.V. (1981) *Mapeamento Geotécnico Preliminar da Região de São Carlos*. EESC/USP, São Carlos/SP, 2 v., 86 p. (Dissertação de Mestrado), 1981.



				arenas.								
REGc	CL ML	A-4(2) A-4(8) A-5(5)	NS' NG'	M - Rochas graníticas com graus variados de cataclase	Latosseolos vermelhos e podzólicos. Solos moderadamente a bem drenados.	Manto de alteração espesso, podendo ser utilizado como material de aterro ou recobrimento de rejeitos.	Rocha muito alterada, com níveis e velos quartzosos de pequena espessura. Material de fácil escavação.	Classe 1	Relevo ondulado, gradativamente tornando-se mais suave em direção ao W	-	Ravinamentos moderados a intensos em estradas mal drenadas.	Facilidade de escavação superficial Ocorrência de material para recobrimento
RET1 / RET2	CL ML ML-CL SC-MC	A-4(2) A-4(4) A-4(7)	NS' NG' LG'	A - Rochas sedimentares, horizontalizadas, com variações granulométricas bruscas.	Podzólicos vermelho-amarelos, Perfis moderadamente drenados.	Ocorrências de argila para cerâmica, e areia para construção civil, respectivamente nos pontos 245 e 33 do anexo 1.	Rocha mole com escavabilidade média Eventuais crostas lateríticas no contato com RTCs.	Classe 1 / Classe 2	Relevo ondulado a suave ondulado, Declividades médias 5 - 10%.	Aqüífero Itararé Intercalações de arenitos, siltitos, argilitos, pode conter aquíferos consideráveis	Taludes rodovitários fortemente ravinados, em contraste marcante com unidade RTCs.	Possibilidade de contaminação de aquífero CTC=7-9meq/100g
REct	ML	A-4(4) A-4(8)	NG' NS'	A - Zona cataclástica Níveis de espessuras variadas, foliação verticalizada e diferentes graus de alteração e cimentação	Solos podzólicos e litólicos Perfis moderadamente a pouco drenados	-	Material de fácil escavação. A existência de níveis lenticulares competentes em meio ao solo, pode implicar no uso de explosivos.	Classe 1 / Classe 3	Relevo ondulado a forte ondulado Declividades médias > 15%	-	Solos moderadamente a pouco erodíveis em cortes e leitos de estradas e regiões de raspagem superficial	Relevo acidentado Acesso difícil
RTAI	-	-	-	M - Sedimentos recentes em várzeas, com granulometria variável em função da rocha fonte. Profundidade do substrato rochoso muito variável.	Planossolos e solos glei, indicando nível da água próximo a superfície do terreno. Terrapós aluviais elevados apresentam perfis latossólicos bem drenados.	Potencial para exploração de areia, com existência de diversas lavras em andamento. Ocorrência de argila associada as regiões de ocorrência das unidades TU1 e TU2.	Material de fácil escavação. Nível de água próximo à superfície pode tornar necessário trabalhos de rebaixamento. Profundidade do substrato rochoso muito variável, podendo ser necessário o uso de explosivos quando duro.	Classe 1 / Classe 3	Regiões de várzea Relevo plano, com declividades < 2%	Aquíferos livres nas porções mais arenosas, principalmente na base da unidade.	Relevo plano não permite a ocorrência de efeitos erosivos significativos. Fluxos concentrados de água podem carrear material.	Regiões potencialmente inundáveis Problemas de drenagem e enchentes Sedimentos muito permeáveis
REQz	-	-	-	A - Bandamento e xistossidade verticalizados. Núcleos quartzosos inalterados em meio ao solo maduro.	Litossolos e podzólicos com perfis moderadamente a pouco drenados.	Porções quartzosas mais alteradas são exploradas como sabre para regularização de estradas e ruas.	Bancos de quartzitos são frequentes, necessitando de equipamento pesado ou explosivo	Classe 3	Relevo acidentado. Presença constante de cristas de quartzito.	-	Ravinamentos moderados a intensos quando exposto o saprolito	Relevo acidentado Problemas de escavabilidade.

ANEXO 9 - CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE PARA A ENGENHARIA DAS UNIDADES DE MATERIAIS DE COBERTURA

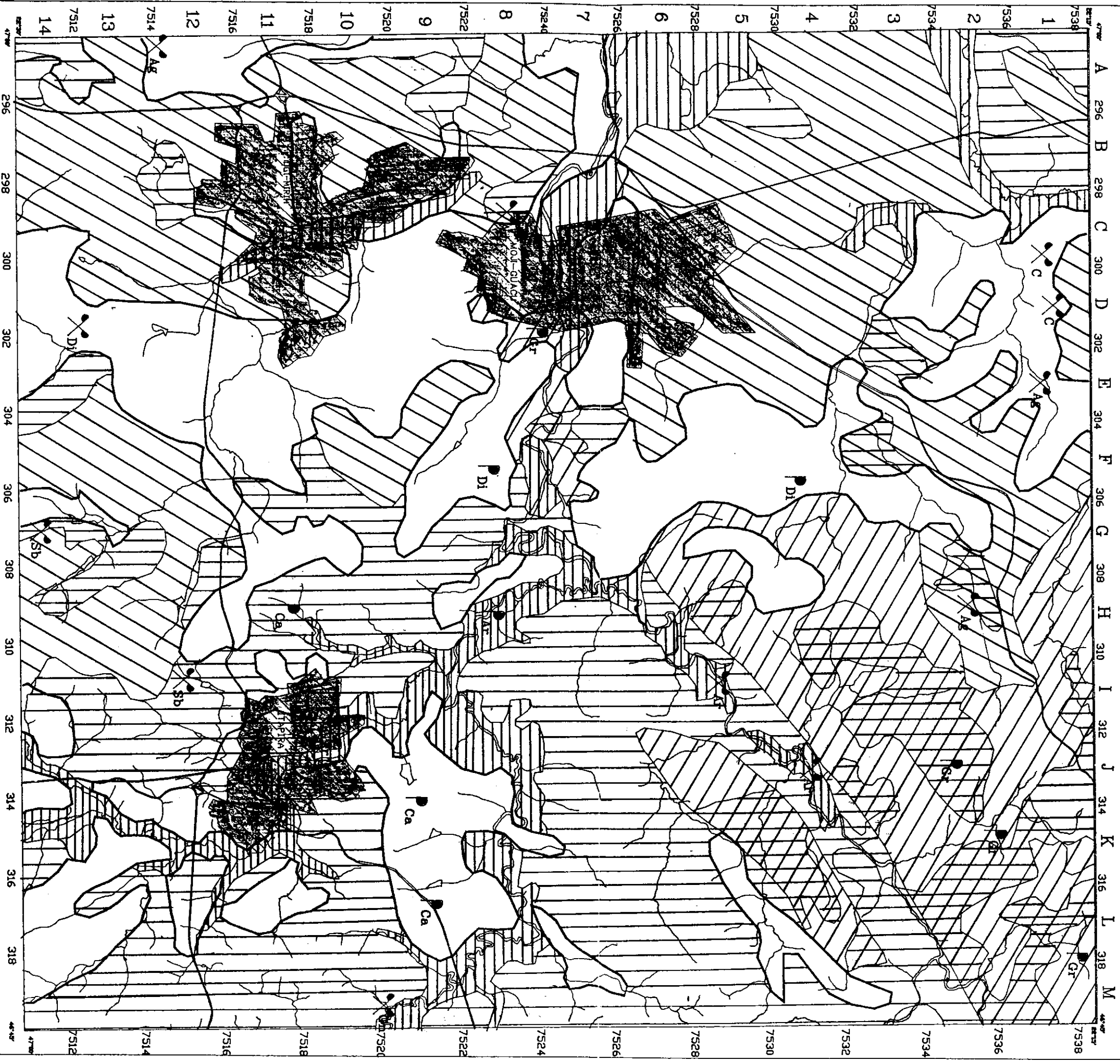
Autor : GIULIANO DE MIO  
Orientador : NILSON GANDOLFI

Convenções:

\* MCT - método expedito com uso de anéis de PVC (Fortes, 1990)  
Grau de Heterogeneidade - B=baixo, M=médio, A=alto  
- = inexistência de ensaios ou insuficiência de dados para avaliação

Classes de escavabilidade:

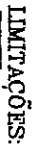
Classe 1 - solo facilmente escavável com pá  
Classe 2 - rocha branda, escavável com picareta  
Classe 3 - rocha dura, necessidade de explosivos



## ANEXO 8- MAPA DE LIMITAÇÕES À OCUPAÇÃO

LEGENDA: — Rios principais — Rodovias principais

Terrenos com limitações preliminares a ocupação, necessitam estudo geotécnico cuidadoso



**LIMITAÇÕES:**  
susceptibilidade a erosão elevada (declividades médias > 15%).

matações rochosas na superfície (> 70% em área)

susceptibilidade a inundações (n.a. raso parte do ano)

solos potencialmente colapsíveis

Terrenos sem limitações preliminares a ocupação, necessitam estudo geotécnico convencional



Áreas urbanas



exploração de materiais de construção

potencial para material de construção, necessitam estudos detalhados.

ag-argila ar-areia ca-cascalho gr-granulose sb-sabro gr-granito di-drtla(dlabêlo) c-silte arenoso p/cerâmica vermelha

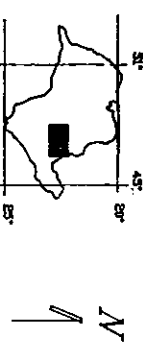
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

PROJETO: Cartografia Geotécnica da Quadricula de Mogi-guaçu (SF-23-Y-A-III-3)

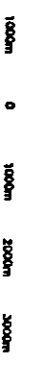
Autor : GIULIANO DE MIO  
Orientador: NILSON GANDOLFI

Articulação da Quadricula de Campinas(1:500,000) referenciada no Projeto de Cartografia Geotécnica do Centro Leste do Estado de São Paulo- ESSE/USP

SÃO CARLOS		Mogi-Guaçu		Campinas	
USO	USO	USO	USO	USO	USO
URBANO	URBANO	URBANO	URBANO	URBANO	URBANO
INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
AGROPECUÁRIO	AGROPECUÁRIO	AGROPECUÁRIO	AGROPECUÁRIO	AGROPECUÁRIO	AGROPECUÁRIO
RECREATIVO	RECREATIVO	RECREATIVO	RECREATIVO	RECREATIVO	RECREATIVO
PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROTEÇÃO AMBIENTAL



ESCALA 1:100,000



N°	SUBSTRATO ROCHOSO	MATERIAIS DE COBERTURA	FORMAS DE RELEVO	DI*	Dd*	Nh*	Ar*	TIPO DE DRENAGEM
1.0	Variável	Sedimentos areno-argilosos inconsolidados, com eventuais turfeiras	Regiões planas, junto as várzeas dos principais rios, potencialmente inundáveis	MB	B	MP	P	Desarranjada
2.1	Argilitos, siltitos e arenitos (TU1, TU2)	Coberturas areno-argilosas cenozóicas nos topos, e residuais nos vales	Colinas médias, topos planos arredondados, interflúvios alongados, vertentes convexas médias, planícies diviúvares restritas, densidade de textura média.	MB/M	B: M	P	M	Subparalela a subdendrítica
2.2	Arenitos, siltitos e argilitos / Diabásio (TU1, TU2 / JK5g)	Predominância de coberturas areno-argilosas, com exposição de solos residuais nos fundos de vales	Colinas amplas com topos aplatinados vertentes convexas longas, vales pouco encaixados, ravinhamentos profundos eventuais lagoas secas, e densidade de textura baixa	MB	B	MP	P: M	Subparalela
2.3	Argilitos e siltitos (TU2)	Residuais nas vertentes e vales, com coberturas areno-argilosas Cenozóicas restritas aos topos.	Colinas de topos médios arredondados, vertentes convexas médias e drenagem retilínea pouco encaixada.	B	B	MP	M	Subparalela
2.4	Diabásios (JK5g)	Residuais argilosos, com perfil completo da rocha sã até o solo superficial.	Platôs irregulares, alongados, com bordos escarpados e vertentes ravinhadas.	M	M	P	G	Subdendrítica
2.5	Arenitos, argilitos e siltitos (TU1, TU2)	Coberturas argilo-arenosas nos topos e residuais rasos nas vertentes e vales	Colinas médias com topos arredondados, vales encaixados com ravinhamentos nas cabeceiras, vertentes convexas e densidade de textura baixa.	B	M	P	M	Subparalela / Subdendrítica
2.6	Arenitos, siltitos e argilitos (TU1, TU2)	Residuais areno argilo siltitos de pequena espessura	Conjunto de vertentes com canais ravinhados, interflúvios restritos arredondados, densidade de textura média.	B	M: A	P	M	Dendrítica
3.1	Argilitos e siltitos, com núcleos de gnaisses, (TU2/GNq)	Sedimentos argilo-arenosos Cenozóicos, com núcleos de solos residuais de gnaisses.	Colinas amplas a médias, vertentes convexas longas, vales encaixados, com eventuais escarpamentos, e densidade de textura baixa.	B/M	M	P	M	Subdendrítica
3.2	Rochas graníticas/ argilitos e siltitos (GRc/TU2)	Coberturas argilo-arenosas de retrabalhamento colúvionar de rochas graníticas.	Colinas médias com topos arredondados, vales pouco encaixados, cabeceiras de drenagem ravinhadas, e vertentes convexas curtas.	B	M	P	M	Contorcida
4.1	Gnaisses (GNq)	Residual argiloarenoso: a areno argiloso, com silte, pouco espessos e com concentrações variáveis de mica	Pequenos cristais alongados, topos arredondados, vertentes convexas a retilíneas, canis encaixados, ravinhamentos cabeceiras, dens. de textura alta.	M: A	A	M	M/G	Subdendrítica
4.2	Gnaisses (GNq)	Residuais argilo-arenosos s arenos argilosos, com concentrações de mica variável.	Morretes alongados, topos arredondados, vertentes convexas com eventuais ravinhamentos, e densidade de textura média.	M	A	M	M	Subdendrítica / Assimétrica
4.3	Gnaisses (GNq)	Colúvios com 2-3 m recobrindo solo residual argilo-arenoso.	Colinas médias alongadas, topos arredondados, vales pouco encaixados, baixa densidade de textura.	MB/M	M	P	M	Subdendrítica
4.4	Gnaisses (GNq)	Colúvios locais com 2-5 m recobrindo solos residuais argilo-arenosos de gnaisses.	Interflúvios médios suaves, vertentes convexas suaves, com eventuais canais de ravinhamento, e calcimento geral para N/NE.	M/B	M	P	M	Subparalela / subdendrítica
4.5	Gnaisses (GNq, GNq)	Residuais pouco profundos, areno-argilosos com silte e quantidades variáveis de mica.	Morretes arredondados, vertentes convexas curtas, densidade de textura média.	M	A	MM	M	Contorcida
4.6	Gnaisses e Quartzitos (GNq, QTz)	Solos residuais rasos, arenos-siltitos com muita mica, com exposições frequentes da rocha a superfície.	Cristas com topos proeminentes, arredondados, controlando o nariz de uma dobra, vertentes retilíneas a convexas, e alta densidade de textura.	A	A	MM	G	Subparalela arredondada
4.7	Rochas graníticas catacladasas/gnaisses (GRc, GNq)	Solos residuais, areno-siltoso a argilo-siltoso, com veios de quartzo em meio ao solo	Colinas médias alongadas, topos arredondados, vertentes retilíneas a convexas irregulares, pequenos cristais com orientações variadas e ravinas.	M	A	MM/P	G	Subdendrítica
4.8	Rochas graníticas e catacladasas (GRc, GRp)	Residuais argilo-siltosos a arenosos, com fragmentos de quartzo disperso.	Topos curtos arredondados, colmosos com drenagens encaixadas, e ravinhamentos intensos. Densidade de textura média a alta.	M: A	A	M	M	Dendrítica
4.9	Rochas graníticas, gnaissicas e catacladasas (GRp, CTCI, GNq)	Residuais variadas argilo-arenosos e siltosos, com espessuras muito variadas.	Cristas com topos agudos ne, drenagem fortemente encaixados, vertentes retilíneas a convexas ravinhadas. Densidade de textura elevada.	A	M: A	MM	MG	Subdendrítica
4.10	Rochas Granitóides (GRp)	Solos residuais argilo-arenosos a silte arenosos, com frequentes exposições de motaços a superfície	Morretes arredondados, vertentes convexas curtas, vales encaixados e ravinhamentos eventuais. Densidade de textura média.	M	A	MM	G	Dendrítica
4.11	Rochas graníticas catacladasas (GRc)	Solos residuais areno-siltosos a argilo-siltosos, com cobertura colúvionar de 1-3 m extensiva.	Colinas médias topos planos, vertentes retilíneas a convexas, com intenso ravinhamento, e vales encaixados.	MB/M	M	MP	M	Subdendrítica
4.12	Rochas graníticas (GRc)	Solos residuais argilo-arenosos a silte-arenosos, com ocorrências frequentes de motaços junto a superfície.	Colinas médias com topos arredondados, vertentes retilíneas a convexas, vales médio encaixados.	V	A	M	G	Dendrítica

\* CONVENÇÕES DA TABELA:

DI - Declividades médias : MB = 0-2%, B = 2-10%, M = 10-15%, A = >15%

Dd - Densidade de drenagem ( Dd=1,83 N/L , Cristofoletti e Filizola,1978)

B = 0-1,5 Km/Km2, M = 1,5-3,5 Km/Km2  
A = 3,5-5,5 Km/Km2, MA = >5,5Km/Km2

Nh - Número de Nascentes

MP = 0-3 /Km2, P = 4-8 /Km2, M = 9-14 /Km2, MM = >15/Km2

Ar - Amplitude de relevo : P = <20m/Km2, M = 20-80 m/Km2

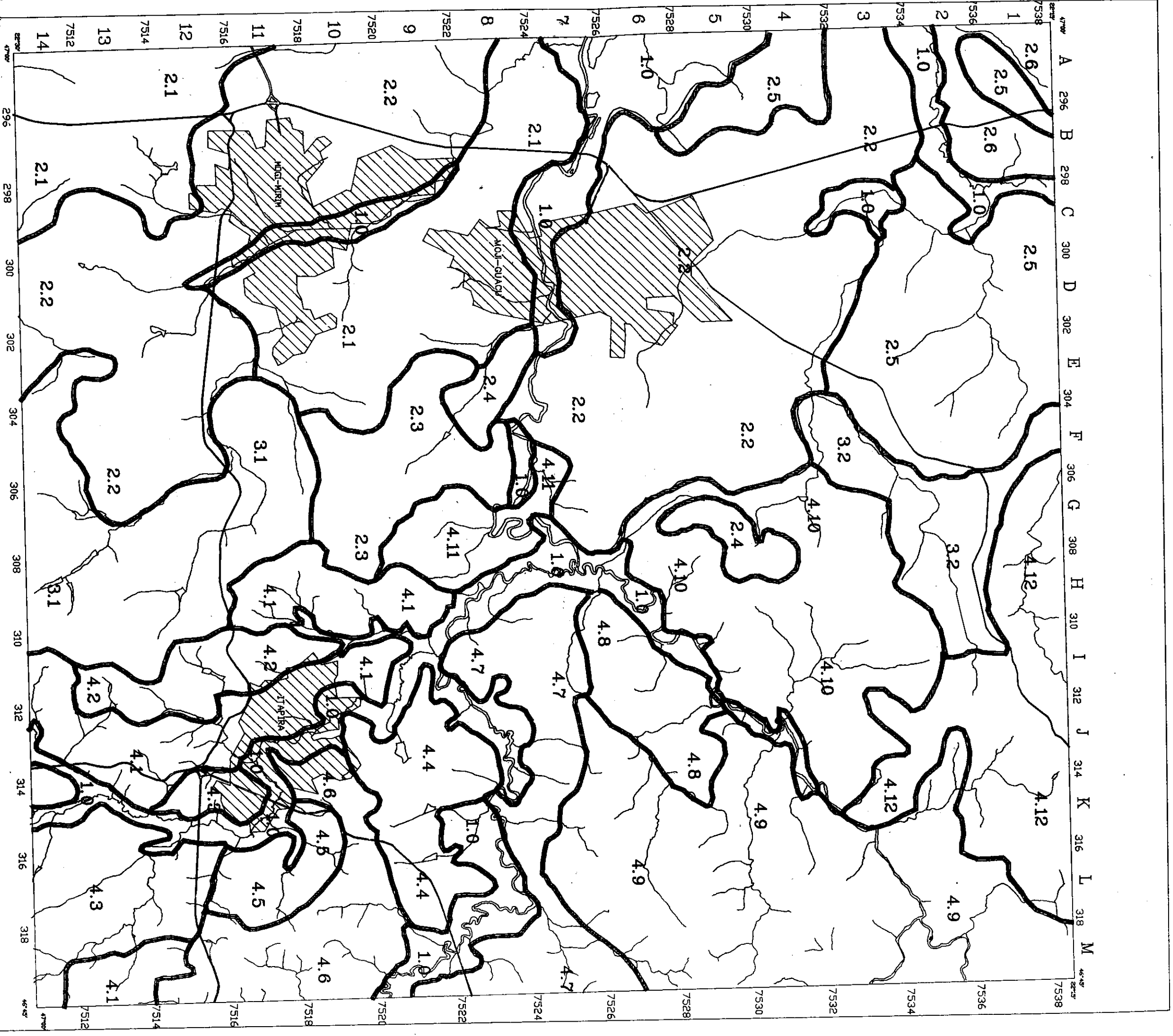
G = 80-120m/Km2, MG = >120 m/Km2.

V - Coexistência de diversas classes associadas

/ - Coexistência de duas classes distintas  
: - Interface entre duas classes

ANEXO 7-LEGENDA DO ANEXO 6  
DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE TERRENO

Autor : Giuliano De Mío  
ORIENTADOR : Nilson Gandolfi



**ANEXO 6 -- MAPA DE UNIDADES DE TERRENO**

- LEGENDA**
- Núcleos Urbanos
  - Rodovias principais
  - Rios principais
  - Limite entre as unidades

- 1.0 UNIDADE ALUVIONAR**
- 2.0 UNIDADES DA BACIA DO PARANÁ 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6**
- 3.0 UNIDADES INTERMEDIARIAS 3.1, 3.2**
- 4.0 UNIDADES DO EMBASAMENTO CRISTALINO 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12**

< DESCRIÇÃO DAS UNIDADES NO ANEXO 7 >

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**

PROJETO: Cartografia Geotécnica da quadrícula de Mogi-guaçu (SF-23-Y-A-III-3)

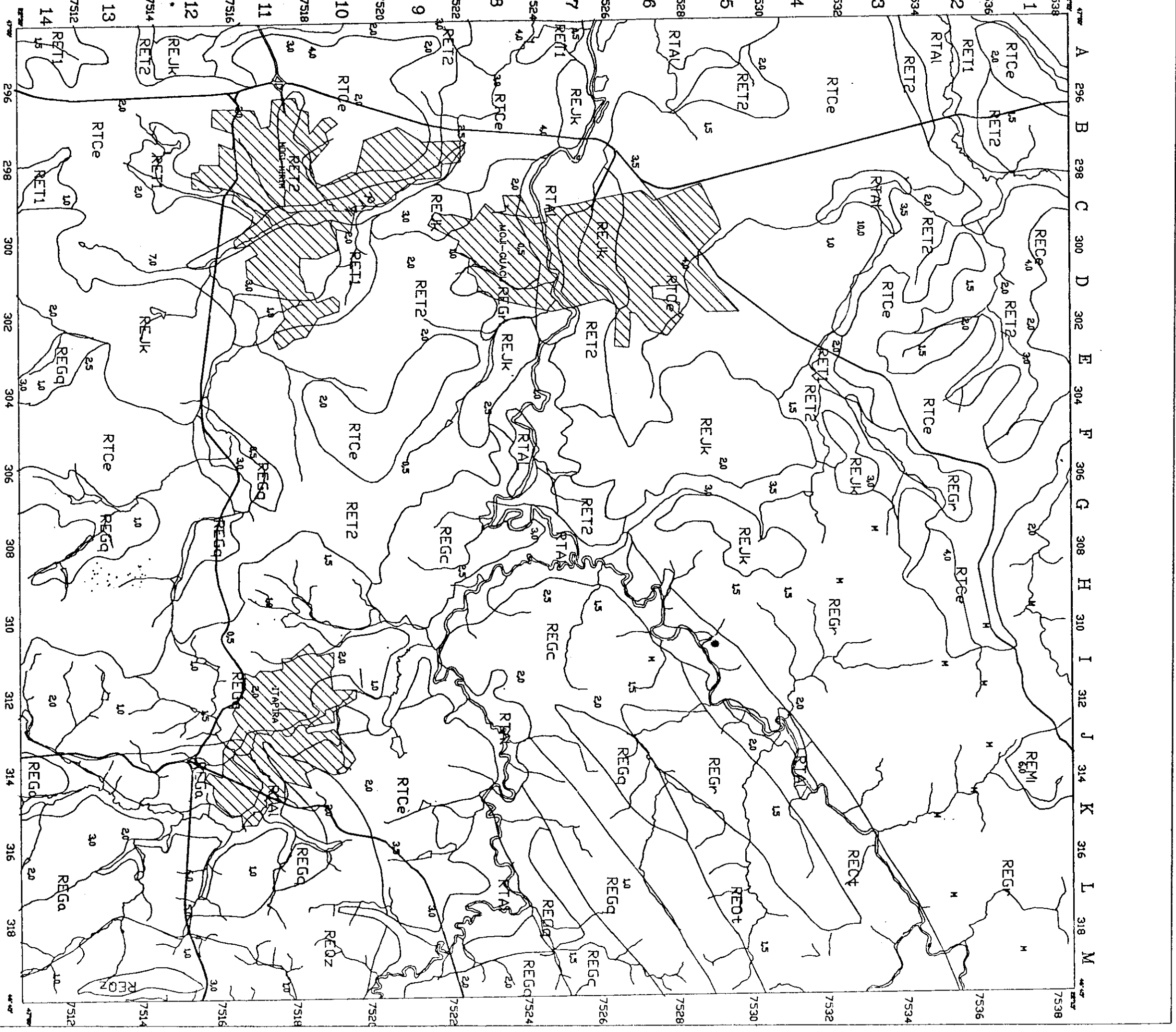
Autor : GIULIANO DE MIO  
 Orientador: NILSON GANDOLFI

Atualização da quadrícula de Cartografia (1:250.000) referente ao Projeto de Cartografia Geotécnica do Centro Sertão de Brás do São Paulo - ESCC/CEP

PROFESSOR	COORDENADOR	PROFESSOR	PROFESSOR	PROFESSOR	PROFESSOR	PROFESSOR	PROFESSOR	PROFESSOR	PROFESSOR
JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS
JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS	JOÃO CARLOS

ESCALA 1:100.000





**ANEXO 5 - MAPA DE MATERIAIS DE COBERTURA**

- LEGENDA**
- Núcleos Urbanos
  - Rodovias principais
  - Rios principais
  - 25 - PROFUNDIDADE MÍNIMA DE SOLO OBSERVADA EM AFLORAMENTOS
  - RTAL** SEDIMENTOS ALUVIAIS ARENOS ARGILADOS EM VARZEAS
  - RTCE** SEDIMENTOS CENÓZOICOS ARGILOS ARENOSOS VARIÁVEIS, DE TDPD
  - REJK** RESÍDUOS DE DIABÁSIO DA UNIDADE JKSG
  - RETI** RESÍDUOS DA UNIDADE TUI
  - RET2** RESÍDUOS DA UNIDADE TU2
  - REGG** RESÍDUOS DE GRANITOS DAS UNIDADES GRP E GRE
  - REGA** RESÍDUOS DE GNAISSES DA UNIDADE GNA
  - REGQ** RESÍDUOS DE GNAISSES DA UNIDADE GNQ
  - REGZ** RESÍDUOS DE GRANITOS CATACLASADOS DA UNIDADE GRC
  - REQZ** RESÍDUOS DA UNIDADE DE QUARTZITOS QTZ
  - REOT** RESÍDUOS DA UNIDADE DE ROCHAS CATACLÁSTICAS - CTCL
  - REMI** RESÍDUOS DA UNIDADE DE MIGMATITOS - MIG

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**

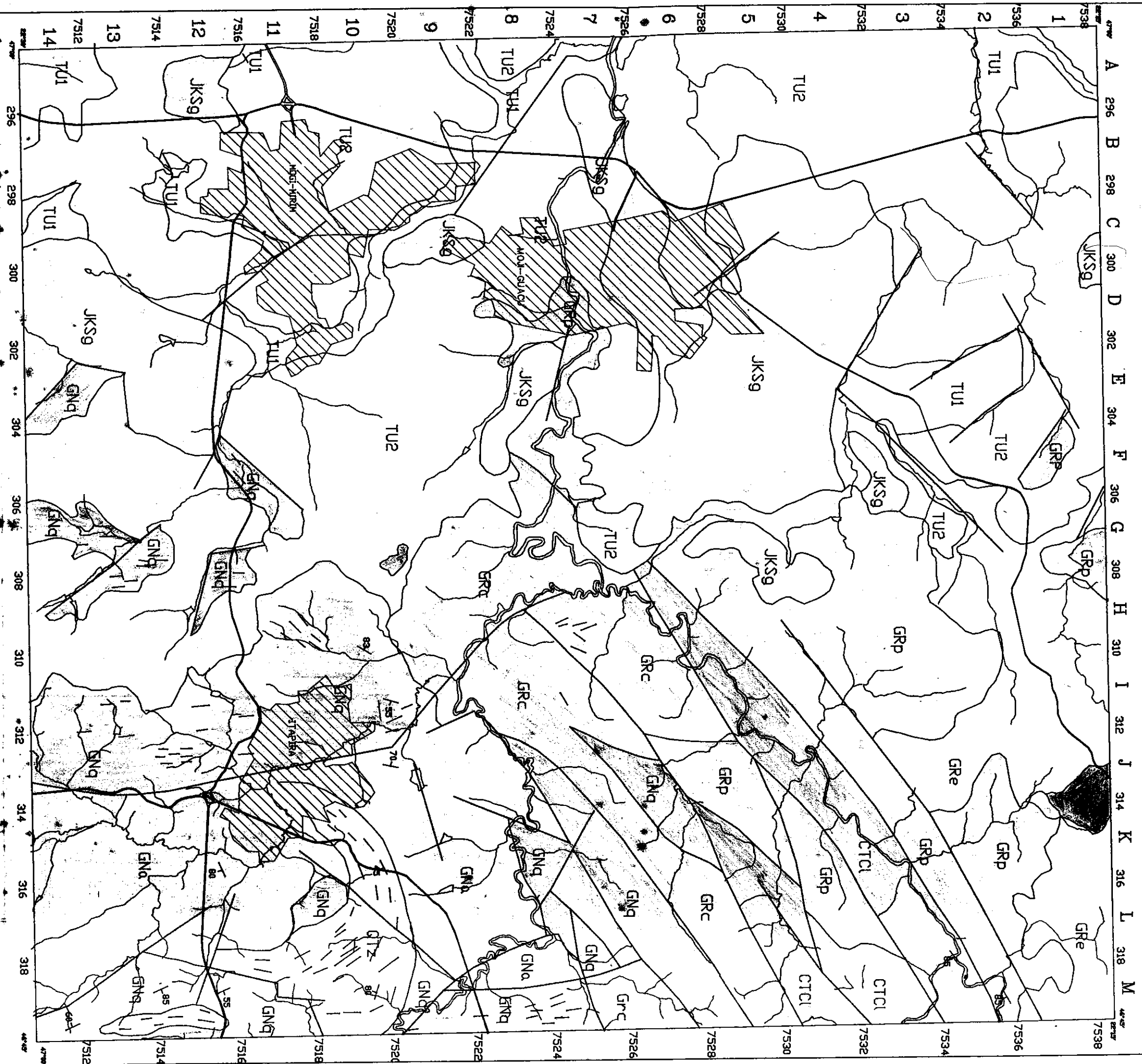
PROJETO: Cartografia Geotécnica da quadrícula de Mogi-guaçu (SF-23-Y-A-III-9)

Autor : GIULIANO DE MIO  
Orientador: NISON GANDOLFI

Articulação da quadrícula de Campinas(1:250,000) referente ao Projeto de Cartografia Geotécnica do Caudal Leste do Estado de São Paulo - ESEC/USP

Escala	750		750		750	
	1:250,000	1:500,000	1:750,000	1:1,000,000	1:1,500,000	1:2,000,000
PROJEÇÃO	UTM	UTM	UTM	UTM	UTM	UTM
UNIDADE	METROS	METROS	METROS	METROS	METROS	METROS
PROJEÇÃO	UTM	UTM	UTM	UTM	UTM	UTM
UNIDADE	METROS	METROS	METROS	METROS	METROS	METROS

ESCALA 1:100,000



**ANEXO 4 - MAPA DE SUBSTRATO GEOLOGICO**

**LEGENDA**

- Núcleos Urbanos
- Rodovias principais
- Rios principais
- xistosidade
- Ineções fotogeológicas
- contatos litológicos
- falhas e fraturas

- Intrusivas Básicas, com predominância de diabásios
- Arenitos, siltitos e dmilticos, subord. argilitos; horizontalizados e em bolsões irregulares
- Argilitos e siltitos, subord. arenitos; horizontalizados e em bolsões irregulares
- Rochas catclásticas diversas, c/ porções de granitos e gnaissees
- Rochas granitíóides variegadas, c/graus variáveis de cataclase, e interc. de granito-gnaissees
- Quartizitos e quartzo-gnaissees
- Gnaissees com biotita e intercalações de quartzitos e quartzo-xistos
- Gnaissees com biotita e hornblenda, e intercalações de anfibolitos e gonditos
- Rochas graníticas equigranulares, com textura homogênea e nebulítica
- Rochas graníticas porfiríóides, com orientação mineral incipiente
- Migmatitos variegados, com bolsões micáceos e níveis granito-gnaisseicos

**UNIVERSIDADE DE SAO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SAO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**

PROJETO: Cartografia Geotécnica da quadrícula de Mogi-guaçu (SF-23-Y-A-III-3)  
**Elaborador: GIULIANO DE MIO**  
**Orientador: NILSON GANDOLFI**

Articulada da quadrícula de Campinas (250.000) referente ao Projeto de Cartografia Geotécnica do Centro Oeste do Estado de São Paulo - ESSE/70/27

SOL	47°W		47°W		47°W	
	47°W	47°W	47°W	47°W	47°W	47°W
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14

