

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME - SP :

*Utilização da Geomorfologia para a caracterização
preliminar de Unidades Geotécnicas*

JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO

Orientador : Prof. Dr. NILSON GANDOLFI



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

DEDALUS - Acervo - EESC



31100013415

São Carlos
Janeiro
1991

A todos os pesquisadores brasileiros, que
insistem, apesar de tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nilson Gandolfi pela orientação, corretiva e aconselhadora quando necessário mas sempre flexível de forma a proporcionar uma liberdade criadora extremamente salutar.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo, a FINEP pelos recursos, e a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira por facilitar o desenvolvimento dos trabalhos.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, pelo fornecimento de resultados de ensaios laboratoriais executados quando do levantamento pedológico da Quadrícula de Araras, especialmente ao Prof. Dr. João Bertoldo de Oliveira que tornou este acesso possível.

Ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER - SP) - Regional de Campinas, ao Departamento de Águas e Energia Elétrica, às prefeituras de Leme, Pirassununga e Santa Cruz da Conceição, a Companhia Energética do Estado de São Paulo, ESTATEC - Fundações S/C Ltda, a SONDOSOLO - Geotecnia e Engenharia Ltda, e à Divisão de Engenharia da Caninha 51 S.A.; pelo fornecimento de perfis de sondagens e poços e de resultados de ensaios de caracterização geotécnica.

Aos proprietários rurais da área e seus empregados por facilitarem o acesso aos locais de visita e coleta de amostras e pelo fornecimento de informações valiosas.

Aos funcionários do Departamento de Geotecnia da EESC - USP pela ajuda desinteressada.

A todos os professores do Departamento de Geotecnia, em especial ao Prof. M. Sc. Antônio Airton Bortolucci pela ajuda inestimável na área de programação de computadores.

Ao Prof. José Fernando Moretti do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira pelos conselhos fornecidos na elaboração de programas de computador.

A srta. Helena Padovani Zani Filha, desenhista da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, pelo cuidado com os mapas.

Ao Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP pelas observações sempre oportunas.

Aos colegas geólogos Gustavo Aristides Gomes Gruber, José Antônio Gonçalves, Kurt João Albretch e M. Sc. René Levy Aguiar, pelo estímulo e pelas discussões sempre proveitosas.

A minha irmã Maria Cristina pelo apoio, e a meus pais Julio e Ercy por tudo que me ensinaram.

Finalmente à minha esposa Rossana que teve a paciência necessária para enfrentar mais esta fase de nossa vida, sendo sempre um ponto de apoio e estímulo.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

LISTA DE TABELAS	1
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
ABREVIÇÕES E SÍMBOLOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 - INTRODUÇÃO	01
1.1 Apresentação	01
1.2 Importância do Conhecimento do Meio Físico	02
1.3 Aspectos Legais	03
2 - MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	05
2.1 Histórico e Princípios	05
2.2 Metodologias	07
2.2.1 Metodologias Gerais	07
2.2.2 Metodologias Específicas	08
2.3 Mapeamento Geotécnico no Brasil	09
2.4 Proposta Metodológica de Zuquette (1987)	10
2.4.1 Princípios	10
2.4.2 Documentos Básicos	11
2.4.3 Cartas Interpretativas	12
2.4.4 Ensaio Realizados e Propriedades Estimadas	15
3 - UTILIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA	16
3.1 Dificuldades na definição de unidades geotécnicas	16
3.2 Possibilidade de uso de variáveis das vertentes	16
3.2.1 Sistemas de Relevô	17
3.2.2 Parâmetros característicos das vertentes	18
3.2.3 Modelos de Young	25
3.2.4 Procedimentos de Cálculo	27
3.2.5 Relação forma x processos x materiais	28
4 - ÁREA DE ESTUDO	31
4.1 Localização	31
4.2 Clima e Vegetação	32
4.3 Pedologia	34
4.4 Geomorfologia	36
4.5 Ocupação e Uso do Solo	39

5 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	42
5.1 Natureza dos Trabalhos Efetuados	42
5.2 Substrato Geológico	43
5.2.1 <i>Geologia Regional</i>	43
5.2.2 <i>Descrição das Unidades</i>	44
5.3 Materiais Inconsolidados	46
5.3.1 <i>Características Gerais</i>	46
5.3.2 <i>Características das Vertentes</i>	47
a. Resultados Obtidos	47
b. Significado dos Resultados	51
5.3.3 <i>Condições Geotécnicas</i>	52
5.4 Hidrologia	66
5.4.1 <i>Superficial</i>	66
5.4.2 <i>Subterrânea</i>	67
5.5 Declividade	67
5.6 Cartas Interpretativas	68
5.5.1 <i>Aplicabilidade</i>	68
5.5.2 <i>Adequabilidades Consideradas</i>	69
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76
7 - BIBLIOGRAFIA	79
8 - ANEXOS	

LISTA DE TABELAS

01 - Relação Geotecnia - Ocupação do Solo	02
02 - Primeiros trabalhos em Mapeamento Geotécnico	06
03 - Trabalhos da fase Pós-guerra e sua importância	06
04 - Metodologias Gerais de Mapeamento Geotécnico	08
05 - Metodologias Específicas de Mapeamento Geotécnico	09
06 - Aplicação de Metodologias no Brasil	10
07 - Relação Atributos - Aptidão Considerada	14
08 - Classificação de Vertentes a partir de C_1 e C_i	23
09 - Descrição dos Programas do Utilitário VERTENTE	28
10 - Tipos de Vertentes e Processos Associados	30
11 - Intervalos dos Parâmetros - Materiais Inconsolidados	49
12 - Intervalos dos Parâmetros - Unidades Geotécnicas	50

LISTA DE FIGURAS

01 - Modelo de Vertente de DERRAU (1965)	19
02 - Parâmetros da Vertente - Relações Lineares	20
03 - Comprimento da Superfície da Vertente	20
04 - Ângulo Médio da Vertente	21
05 - Ângulo Médio Ponderado e Ângulo Máximo	22
06 - Tipos de Vertente Segundo TROECH (1965)	24
07 - Modelos de Vertentes de YOUNG (1972)	25
08 - Modelo de DERRAU (1965) e Formas Derivadas	29
09 - Localização da Área em Estudo	31
10 - Divisão Administrativa da Folha de Leme	32
11 - Balanço Hídrico da Área	33
12 - Distribuição dos Tipos Pedológicos Presentes	35
13 - Divisão Geomorfológica do Estado de S. Paulo	37
14 - Sistemas de Relevo presentes na Folha de Leme	39
15 - Ocupação da Área no Período 88/89	41
16 - Distribuição Granulométrica - Unidade Ar. Aluvial	61
17 - Distribuição Granulométrica - Unidade Ag. de Rampa	61
18 - Distribuição Granulométrica - Unidade Ar. Coluvionar	62
19 - Distribuição Granulométrica - Unidade Magmatitos	62
20 - Distribuição Granulométrica - Unidade Botucatu	63
21 - Distribuição Granulométrica - Unidade Pirambóia	63
22 - Distribuição Granulométrica - Unidade Corumbataí	64
23 - Distribuição Granulométrica - Unidade Irati	64
24 - Distribuição Granulométrica - Unidade Tatuí	65

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 01 - Mapa de Documentação
- Anexo 02 - Mapa do Substrato Geológico
- Anexo 03 - Mapa de Materiais Inconsolidados
- Anexo 04 - Mapa de Águas Superficiais
- Anexo 05 - Carta de Declividades
- Anexo 06 - Carta de Erodibilidade
- Anexo 07 - Carta para Escavabilidade
- Anexo 08 - Carta para Deposição de Rejeitos Sépticos
- Anexo 09 - Carta para Materiais de Construção
- Anexo 10 - Carta para Estabilidade de Taludes
- Anexo 11 - Carta para Obras Enterradas
- Anexo 12 - Carta para Obras Viárias

ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
BIAEG - Bulletin of the IAEG
CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CESP - Companhia Energética de São Paulo
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC - Capacidade de Troca Catiônica
DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica
DER-SP - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
EESC - Escola de Engenharia de São Carlos
e. mg - Equivalente-miligrama
FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
HRB - Highway Research Board
IAC - Instituto Agrônomo de Campinas
IAEG - International Association of Engineering Geologists
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
PUCE - Pattern, Unit, Component Evaluation
SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SUCS - Sistema Unificado de Classificação de Solos
UNESCO - Organização das Nações Unidas - Educação, Ciência e Cultura
UNESP - Universidade Estadual Paulista
USC - Unified Classification System
USGS - United States Geological Survey
USP - Universidade de São Paulo

RESUMO

O mapeamento geotécnico pretende, tendo como base as propriedades geotécnicas dos materiais rochosos e inconsolidados presentes em certa área, estabelecer um zoneamento da mesma com vistas à obras decorrentes da ocupação humana.

O presente estudo abrange uma área de 717,43 km² denominada "Folha de Leme" situada na porção centro-leste do Estado de São Paulo, se desenvolveu segundo a proposta metodológica de ZUQUETTE (1987), à partir da análise de dados anteriores coletados e de informações obtidas no decorrer do trabalho.

As dificuldades surgidas durante o processo de estabelecimento das unidades geotécnicas levaram à tentativa de utilização de atributos morfométricos do terreno como critério básico para a delimitação das unidades.

As análises se desenvolveram no sentido de se estabelecer cartas finais interpretativas que apresentassem as condições de adequabilidade das unidades delimitadas frente ao tipo de obra / ocupação considerada.

ABSTRACT

The Engineering Geological Mapping intends, where it stands the geotechnical properties of rock and soil that are present in some area, to setup a zoning of this surface, driving at the work from the human being occupation.

This study takes place on an area that measures 717,43 km², called "*Folha de Leme*", located in the central-east part of São Paulo State.

This study was developed through the metodological proposition of ZUQUETTE (1987), from the earlier analysis of the colleted datas and informations that are gotten during the development of the work.

The difficulties that appeared during the geotechnical unity stablishment processes took place to the efforts of the morphometric attributes of terrain rise, as a basic division of the bounded unities.

The analysis were developed in the sense of stablish Comprehensive Special Purpose Maps that shows the condition under some obligation in front of the work's kind and considerable occupation.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Quaisquer propostas de ocupação de espaços pelo ser humano e as consequentes obras de engenharia que daí advem necessitam cada vez mais de um conhecimento prévio do meio físico para que esta ocupação se dê de forma racional evitando desta forma transtornos posteriores.

Neste sentido, o mapeamento geotécnico, como forma de caracterização das variáveis do meio físico de interesse para a engenharia civil, é um instrumento de grande valor facilitando a escolha de locais, métodos construtivos e medidas corretivas em projetos e obras.

A análise dos diversos métodos de execução deste tipo de trabalho em outros países levou ZUQUETTE (1987) a elaborar uma proposta metodológica julgada adequada a algumas condições brasileiras.

A aplicação da proposta metodológica citada à região denominada Folha de Leme (Folha SF-23-Y-A-II-1 - IBGE, 1971) compreende o levantamento, análise e apresentação das condições geotécnicas da área em questão como forma de contribuição à estudos posteriores de projeto e implantação de obras civis.

A escala utilizada (1:50.000) supõe uma análise de caráter regional das condições geotécnicas e visa estabelecer critérios preliminares de análise para o planejamento regional da área.

Desta forma são apresentadas informações relativas à ocupação nesta escala julgadas pertinentes no contexto da proposta metodológica utilizada.

Além disso, tenta-se avaliar a relação entre parâmetros descritivos de forma das vertentes e condições geotécnicas, para que estes parâmetros possam vir a constituir um critério preliminar de delimitação de unidades geotécnicas.

1.2 Importância do Conhecimento do Meio Físico

O crescimento desordenado das comunidades urbanas e as obras de engenharia à ele associadas tem provocado inúmeros problemas e dificuldades para governos e cidadãos.

Este fato está relacionado, via de regra, ao desconhecimento e/ou desrespeito às condições do meio físico, o que pode ser constatado em COULON (1976), INFANTI JUNIOR (1976) e PRANDINI (1976), já no 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia.

A falta de consideração do fator meio físico no planejamento urbano ou regional pode não só tornar as obras mais onerosas como contribuir para o aparecimento de "áreas problema" cuja solução técnica pode ser bastante difícil, fatos que poderiam ser evitados. Exemplos destas situações podem ser verificados em MIOTO *et al* (1976), SANTOS (1976) e ZARATIN (1976).

A relação entre projetos e obras de engenharia decorrentes da ocupação humana e as condições do meio físico de interesse da geotecnia encontra-se sumarizada na Tabela 1.

OCUPAÇÕES PREVISTAS	CONHECIMENTOS ENVOLVIDOS (em geral)
. Edifícios	. Tipos de Solos
. Arruamentos	. Tipos de Rochas
. Vias Expressas	. Água Subterrânea
. Pontes	. Materiais de Construção
. Túneis	. Assoreamento
. Canais	. Erosão
. Aeroportos	. Fundações
. Linhas de Utilidade	. Estabilidade de Taludes
. Resíduos Sólidos	

TABELA 1 : Relação Geotecnia - Ocupação do Solo.

Modificado de CHIOSSI (1984).

As consequências danosas da intervenção inadvertida do ser humano sobre o meio físico tem se manifestado desde longa data porém o desenvolvimento tecnológico tem proporcionado tal poder de interferência que levou TER-STEPANIAN (1988) a propor a inclusão de um novo período na Coluna Geológica (denominado Quinário ou Tecnógeno) que representasse a participação do ser humano como agente geológico de grande importância.

Segundo ZUQUETTE (1987), a não observância das limitações do meio físico nos projetos se deve a dois fatores : (1) a falta de uma legislação federal voltada à proteção do meio físico e dos recursos naturais e (2) à não existência de órgãos públicos que sejam responsáveis pela avaliação do meio físico e a fiscalização durante e após a implantação da ocupação.

O acúmulo destas situações desagradáveis tem levado porém a uma preocupação cada vez maior com uma ocupação que respeite as condições do meio físico. Neste aspecto, três fatores tem contribuído para o crescimento desta modalidade de análise : (1) as tentativas de redução de custos e danos na ocupação dos espaços, (2) a preocupação cada vez maior das comunidades com o meio ambiente, e (3) os avanços legais na defesa do meio físico.

1.3 Aspectos Legais

A constatação dos danos causados ao meio físico tem provocado um desenvolvimento da legislação ambiental no Brasil, notadamente a partir da segunda metade da década de 70.

No âmbito federal, uma das primeiras tentativas de controle das agressões ao meio físico foi a Portaria N° 323 de 29/11/78 do Ministério do Interior (CETESB, 1986) que proíbe o lançamento direto ou indireto de vinhoto em corpos d'água.

À nível do Estado de São Paulo, uma das primeiras tentativas de regulamentação foi a Lei 997 de 13/05/76 (CETESB, 1988b) que atribuía poderes a órgãos estaduais para a fiscalização de agressões ao meio ambiente.

Dentre as tentativas posteriores de fiscalização, pode-se citar a Resolução N° 1 do CONAMA (CETESB, 1988a) que define impacto ambiental e exige a realização de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e conseqüente elaboração de Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) como documentos necessários ao licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, dentre as quais estão incluídos diversos tipos de obras de engenharia.

A preocupação crescente com uma legislação que controlasse as agressões ao meio ambiente levou à inclusão na Constituição Brasileira de 1988 (OLIVEIRA, 1989) de um capítulo relativo ao meio ambiente (Artigo 225) que caracteriza como competência do poder público o estabelecimento de critérios e sua fiscalização.

Outros avanços interessantes no campo legal, que se relacionam à defesa do meio ambiente são : a exigência, por parte da constituição federal, da elaboração de Plano Diretor para municípios com mais de 20.000 habitantes; e, por parte da constituição paulista, de que estes planos diretores considerem os condicionantes geológicos e abranjam toda a área do município.

Quando se consulta a legislação (estadual ou federal) acerca do meio ambiente (cuja base é a proteção do meio físico), verifica-se que a mesma tem apresentado grandes avanços à nível de Brasil, porém a falta de uma fiscalização adequada faz com que estas leis raramente sejam respeitadas.

2 - MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

2.1 Histórico e Princípios

O mapeamento geotécnico surgiu, no início do século, como uma tentativa de representar (na forma de mapas) as condições do meio físico de interesse para a engenharia civil.

Sua história pode ser grosseiramente dividida em três fases, de acordo com a evolução dos princípios e métodos de trabalho utilizados.

A primeira fase compreende os trabalhos realizados até o final da década de 30 e abrange trabalhos que se baseavam em mapeamentos geológicos (substrato rochoso, materiais inconsolidados) e dados fornecidos por investigações locais de obras de engenharia civil, estando via de regra associados às características dos materiais de interesse para a área de fundações. Os trabalhos de grande importância desta fase são apresentados na Tabela 02.

A segunda fase de desenvolvimento dos trabalhos de mapeamento geotécnico se inicia após a Segunda Guerra Mundial com a necessidade de reconstrução planejada de um grande número de cidades européias. Corresponde à fase mais criativa do mapeamento geotécnico e que foi responsável pelo estabelecimento de muitos dos princípios hoje utilizados. A Tabela 03 apresenta os principais trabalhos desta fase e sua importância para o desenvolvimento posterior do mapeamento geotécnico.

AUTOR	FATORES CONSIDERADOS
USGS (1902 e 1905)	<ul style="list-style-type: none">. Mapeamento Geológico. Dados de Sondagens
LANGEN (1913)	<ul style="list-style-type: none">. Hidrogeologia. Materiais de Construção. Sondagens e Poços
MOLDENHAWER (1919)	<ul style="list-style-type: none">. Mapeamento Geológico. Dados de Sondagens
STREMME-OSTENDORFF (1932)	<ul style="list-style-type: none">. Dados de Sondagens. Hidrogeologia. Materiais de Construção
MULLER (1938)	<ul style="list-style-type: none">. Mapeamento Geológico. Condições de Construção

TABELA 2 : Primeiros trabalhos em Mapeamento Geotécnico.
Fonte - ZUQUETTE (1985).

AUTOR	IMPORTÂNCIA DO TRABALHO
ZEBERA (1947)	<ul style="list-style-type: none">. Sistema de Bandas Largas
POPOV <i>et alii</i> (1950)	<ul style="list-style-type: none">. Relação Gênese x Geotecnia
BENZ (1951)	<ul style="list-style-type: none">. Uso de ensaios
GWINNER (1956)	<ul style="list-style-type: none">. Estabelecimento de Unidades
SIMEK (1959)	<ul style="list-style-type: none">. Zonas segundo qualidade
GRANT (1965)	<ul style="list-style-type: none">. Utilização da Geomorfologia

TABELA 3 : Trabalhos do Pós-Guerra e sua importância.
Fonte - ZUQUETTE (1985)

A terceira fase de desenvolvimento do mapeamento geotécnico compreende a criação de metodologias que visavam tanto a caracterização genérica de uma área como a solução de problemas particulares do meio físico.

2.2 Metodologias

O desenvolvimento de metodologias de mapeamento geotécnico tem seu início na segunda metade da década de 60 e representa a tentativa de uniformizar métodos de trabalho de caracterização do meio físico, de acordo com as necessidades consideradas.

Estas tentativas de sistematização se deram de duas formas básicas : (1) desenvolvimento de metodologias para a caracterização do meio físico e sua representação (ditas *genéricas*) e (2) desenvolvimento de procedimentos específicos à solução de problemas particulares da geotecnia, denominadas "*metodologias específicas*".

2.2.1 *Metodologias Gerais*

Neste tópico, incluem-se as propostas de uniformização de métodos e procedimentos que visem a caracterização genérica das variáveis do meio físico de interesse para a engenharia civil.

Dentre estas, se destacam quatro que tiveram maior divulgação no Brasil :: (1) Coletânea de SANEJOUAND (1972) dos Procedimentos de Mapeamento Geotécnico na França, (2) Considerações de MATHEWSON e FONT (1973), (3) Programa PUCE - GRANT (1975a e 1975b), e (4) Orientações da IAEG para Mapeamento Geotécnico - UNESCO (1976), MATULA (1981a) e MATULA (1981b), apresentadas na Tabela 04.

METODOLOGIA	FATORES CONSIDERADOS	DOCUMENTOS
"Francesa"	<ul style="list-style-type: none">. Solos e Rochas. Hidrogeologia. Geomorfologia. Geodinâmica. Ação Humana	<ul style="list-style-type: none">. Cartas Analíticas. Cartas Sintéticas
Mathewson e Font	<ul style="list-style-type: none">. Materiais. Hidrogeologia. Geomorfologia. Parâmetros Geotécnicos	<ul style="list-style-type: none">. Mapas de Observação. " " Engenharia. " " Interpretativos. Mapa de Uso Recomendado do Solo
Programa PUCE	<ul style="list-style-type: none">. Solos. Vegetação. Geomorfologia. Uso do Solo	<ul style="list-style-type: none">. Mapas de Condições Geotécnicas
IAEG	<ul style="list-style-type: none">. Litologia. Hidrogeologia. Geomorfologia. Morfodinâmica. Técnicas Especiais	<ul style="list-style-type: none">. Mapa de Documentação. Mapas de Multifinalidade. Mapas de Finalidade Especial

TABELA 4 : Metodologias Gerais de Mapeamento Geotécnico

Fonte. - LOLLO (1989)

2.2.2 Metodologias Específicas

Este conjunto engloba as metodologias surgidas com a finalidade de solucionar um problema particular. Neste caso, os fatores do meio físico considerados são aqueles julgados pertinentes no contexto do problema específico considerado. -

A solução de problemas específicos criou inúmeras propostas de metodologias ditas "específicas". A Tabela 05 apresenta aquelas julgadas mais interessantes.

METODOLOGIA	PROBLEMA CONSIDERADO
Sistema ARDA	Agricultura e Reflorestamento
Metodologia ZERMOS	Estabilidade dos Terrenos
Sistema Especial de Ontário	Aterros Sanitários
KIEFER	Capacidade de Uso da Terra

TABELA 5 : Metodologias Específicas de Mapeamento Geotécnico.
Fonte - ZUQUETTE (1985)

2.3 Mapeamento Geotécnico no Brasil

A primeira referência de tentativa de caracterização das condições do meio físico de interesse para a engenharia no Brasil se deve à GREHS (1967). A partir deste trabalho o mapeamento geotécnico tem se desenvolvido grandemente como forma de caracterização das condições do meio físico.

Assim como à nível mundial, a história do mapeamento geotécnico no Brasil pode ser dividida em três fases de acordo com a forma de elaboração dos trabalhos.

A primeira fase compreende o início dos trabalhos de mapeamento geotécnico no Brasil e se caracteriza pelo desenvolvimento de procedimentos julgados convenientes. Neste contexto podem ser enquadrados os trabalhos de COULON (1973), CABRAL (1979), MACIEL FILHO (1978), CONSTANZO JUNIOR *et alii* (1978), PRANDINI *et alii* (1978), PIRES NETO *et alii* (1979), SEIGNEMARTIN *et alii* (1979), e CABRAL *et alii* (1976).

A segunda fase, que se inicia na década de 80, corresponde a um período durante o qual os trabalhos passaram a mostrar uma preocupação com o desenvolvimento e/ou aplicação de metodologias de mapeamento geotécnico.

Esta fase é representada por dois grupos de trabalhos de características distintas : (1) trabalhos que tentavam estabelecer métodos e procedimentos, como FERRANTE e GANDOLFI (1984), LINO *et alii* (1984) e ÁVILA *et alii* (1985); e (2) trabalhos que se valeram da aplicação de metodologias desenvolvidas em outros países, como os apresentados na Tabela 06.

AUTOR	ÁREA	METODOLOGIA APLICADA
ZUQUETTE (1981)	São Carlos - SP	Sanejouand (1972)
SEIGNEMARTIN (1981) et al	Ribeirão Preto - SP	"
CARVALHO (1987)	Ouro Preto - MG	IAEG (1976)
ZUQUETTE <i>et al</i> (1984)	Cuiabá - MT	Sanejouand (1972)
PEJON (1987)	Araraquara - SP	Mathewson e Font (1973)

TABELA 6 : Aplicação de metodologias de mapeamento geotécnico-Brasil

Paralelamente à esta segunda fase, tem-se o desenvolvimento, ainda incipiente, de uma terceira que representa a tendência de proposição e teste de metodologias que se adequem às condições de trabalho dos pesquisadores brasileiros. Neste caso, podem ser incluídos os trabalhos de COTTAS (1983), ZUQUETTE (1987) e AGUIAR (1989).

2.4 Proposta Metodológica de ZUQUETTE (1987)

2.4.1 *Princípios*

A proposta metodológica de ZUQUETTE (*op. cit.*) representa uma tentativa de, tendo como base os princípios que regem outras metodologias existentes, criar uma forma de execução do mapeamento geotécnico adequada às condições brasileiras.

O levantamento das informações procura buscar métodos simples, baratos e objetivos e a classificação dos atributos do meio físico deve se basear preferivelmente em características naturais e secundariamente em características técnicas.

A sequência de trabalhos inclui quatro etapas : (1) obtenção e análise dos mapas básicos, (2) elaboração dos mapas auxiliares, (3) obtenção das cartas derivadas ou interpretativas, e (4) apresentação das condições geotécnicas na forma de cartas interpretativas.

Os documentos são classificados quanto à escala, finalidade e forma de apresentação das informações.

Os atributos considerados apresentam, no entender de ZUQUETTE (1987), três formas básicas de observação e obtenção : (1) trabalhos anteriores, (2) uso de sensores remotos, e (3) trabalhos de campo.

2.4.2 Documentos Básicos

Os documentos básicos englobam aqueles a serem consultados (ou elaborados quando se fizer necessário) como forma de obtenção de informações acerca do meio físico e que permitam posteriores análises de maneira a propiciar a elaboração das cartas de aptidão.

Os mapas básicos são divididos em fundamentais e opcionais, estando a inclusão ou não destes últimos sujeita à consideração, por parte do executor, de sua importância e/ou utilidade, podendo mesmo passar a constituir um documento fundamental. A divisão proposta para estas duas categorias é :

MAPAS BÁSICOS FUNDAMENTAIS

Mapa Topográfico

Mapas Geológicos (Substrato e Materiais Inconsolidados)

Mapa de Águas (Superficiais e Subterrâneas)

MAPAS BÁSICOS OPCIONAIS

Mapa Pedológico
Mapa Geofísico
Mapa Geomorfológico
Mapa Climático
Mapa de Ocupação Atual ou Prevista

2.4.3 Cartas Interpretativas

As cartas derivadas ou interpretativas constituem o produto final do mapeamento geotécnico na concepção de ZUQUETTE (1987) e avaliam, segundo a finalidade considerada, os atributos do meio físico de interesse. Estas cartas podem ser divididas, segundo a sua natureza em :

Carta de Zoneamento Geotécnico Geral
Carta de Zoneamento Geotécnico Específico
Carta de Clinometria
Carta de Planejamento Geral
Carta de Condições Construtivas

A segunda categoria, "Carta de Zoneamento Geotécnico Específico", também denominada Carta de Aptidão, será o tipo adotado no presente trabalho para representar a adequabilidade da área frente a certo tipo de solicitação de interesse para a engenharia civil.

Além das cartas de adequabilidade serão apresentados os mapas básicos e a Carta de Clinometria, como documentos necessários à análise de adequabilidade.

Os dados coletados serão apresentados no Mapa de Documentação, que constitui outra categoria de documento (Mapa Auxiliar).

Dentre as cartas interpretativas propostas por ZUQUETTE (1987), optou-se pela elaboração apenas daquelas julgadas de interesse para a área em questão, considerando-se a escala adotada e as informações obtidas de trabalhos anteriores e de trabalhos de campo e ensaios de laboratório. As cartas assim selecionadas são apresentadas a seguir.

Carta para Erodibilidade : considera a susceptibilidade dos materiais à erosão. Os atributos que interferem na erodibilidade são a natureza do material, as condições de relevo e cobertura vegetal, fatores climáticos, ação da água e tipo de atividade humana.

Carta para Escavabilidade : apresenta as condições dos terrenos para que estes sejam escavados, classificando-os. Os atributos de interesse são o tipo de material, a profundidade do substrato, a profundidade do nível d'água e a declividade.

Carta para Deposição de Rejeitos Sépticos : deve dar orientação quanto ao tipo de deposição e de rejeitos considerados para cada unidade, excluindo-se os rejeitos radioativos e outros perigosos. Os atributos mais importantes são a declividade, a natureza do material inconsolidado, a profundidade do NA nos períodos de maior precipitação, a profundidade e características do substrato, evaporação - escoamento - pluviosidade e a presença de camadas compressíveis.

Carta para Materiais de Construção : tem a finalidade de fornecer um conhecimento preliminar acerca dos materiais inconsolidados e rochosos da região com relação à suas características técnicas e explotabilidade como materiais de construção (atual ou futura).

Carta para Estabilidade de Taludes : deve retratar as condições de estabilidade dos terrenos naturais, fornecendo informações acerca do potencial de estabilidade e devendo prever problemas decorrentes da ocupação. Para isso, são consideradas : condições morfológicas e estruturais, tipo do material, condições hidrogeológicas, climáticas e de vegetação, além da atividade humana, das técnicas construtivas e das condições de carregamento.

Carta para Obras Enterradas : considera as condições de obras de engenharia que estejam em contato direto com materiais do meio físico, devendo avaliar : profundidade e características do substrato, materiais inconsolidados e condições hidrogeológicas.

Carta para Obras Viárias : deve apresentar informações que possam afetar técnica e economicamente a execução das obras. Os atributos considerados dizem respeito à informações relativas ao traçado, ao sub-leito e à cortes e aterros.

A relação entre a aptidão considerada e os diversos atributos é representada na Tabela 07.

APTIDÃO	TM	NM	EM	NA	DE	CO	CH	MM	FE	UO	AH
Erodibilidade	o	o	o	x	o		o		o	o	o
Escavabilidade	o	x	o	o	o		o	x			
Disp. Rejeitos	o	o	o	o	o	x	o	x			
Mat. Construção	o	o	xo	o			o				
Est. Taludes	o	xo	o	o	o	x	o	o	o	o	o
Obras Enterr.	o	o	o	o		o	o				
Obras Viárias	o	o	o	o	o	o	o	o			

o - atributo fundamental

x - atributo secundário

TM - Tipo do Material

NM - Natureza do Material

EM - Espessura do Material

NA - Profundidade do NA

DE - Declividade

CO - Compressibilidade

CH - Cond. Hidrológicas

MM - Movimento de Massas

FE - Forma da Encosta

UO - Uso e Ocupação

AH - Ação Humana

TABELA 7 : Relação Atributo - Aptidão.

Modificado de ZUQUETTE, (1987)

2.4.4 Ensaio Realizados e Propriedades Estimadas

A análise de aptidão das unidades geotécnicas à certas finalidades carece, em algumas situações, de informações que não podem ser obtidas diretamente de trabalhos de campo. Este grupo de informações acerca de características dos materiais é obtido a partir de ensaios de laboratório.

Em alguns casos, estes parâmetros são obtidos diretamente de ensaios laboratoriais e em outros pode-se obter estimativas à partir dos resultados de ensaios.

A caracterização básica dos materiais depende nestes casos da utilização de ensaios de laboratório, tanto para materiais rochosos como inconsolidados.

Para os materiais inconsolidados, a proposta metodológica de ZUQUETTE (1987) prevê como básica a realização dos seguintes ensaios : granulometria, limites de consistência, massa específica dos sólidos, compactação, comportamento laterítico, caracterização de agregados, densidade relativa, além da caracterização de sua mineralogia.

Para os materiais rochosos, considera-se a possibilidade de sua caracterização no tocante à : densidade, mineralogia e resistência.

Dentre as propriedades estimadas, pode-se citar : permeabilidade, compressibilidade, expansibilidade e resistência.

3 - UTILIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA

3.1 Dificuldades na Definição de Unidades Geotécnicas

A aplicação da proposta metodológica de ZUQUETTE (1987) pressupõe que a análise conjunta de mapas básicos e trabalhos de campo seja suficiente para a definição das unidades geotécnicas consideradas.

No caso em questão, porém, verificou-se que a definição precisa dos limites entre materiais inconsolidados (requisito básico para a definição de unidades geotécnicas) se mostrou bastante difícil, o que poderia invalidar, no todo ou em parte, quaisquer outras análises de adequabilidade feitas posteriormente.

Esta constatação levou à busca de outras características das unidades (ainda não consideradas) que pudessem preencher esta lacuna e possibilitar uma divisão julgada confiável.

Após alguns testes envolvendo declividades, pedologia e características geomorfológicas decidiu-se optar pela última, por entender ser este o grupo de características que melhor resposta poderia fornecer, uma vez que a caracterização genérica de forma do terreno parecia indicar uma relação íntima com os materiais, como se pode verificar em LOLLO (1989).

3.2 Possibilidade de Uso de Variáveis das Vertentes

As indicações de uma possível relação, na área em estudo, entre características dos terrenos e materiais inconsolidados tinham como evidência apenas o reconhecimento visual de formas.

A possibilidade de uso de cartas topográficas na escala 1:10.000 mostrou que a delimitação de áreas baseada simplesmente em contrastes visuais apresentava uma boa aproximação com as tentativas de delimitação de materiais inconsolidados baseadas nos trabalhos anteriores consultados e em trabalhos de campo.

Estas evidências, porém, estavam baseadas em critérios subjetivos (inspeção visual de cartas topográficas) o que não era desejável, necessitando-se portanto estabelecer critérios objetivos delimitação de regiões consideradas "geomorfologicamente homólogas".

3.2.1 *Sistemas de Relevo*

A primeira tentativa de utilização da geomorfologia para propiciar uma divisão preliminar das unidades buscava caracterizá-las à partir de variáveis geomorfológicas genéricas, usadas no estabelecimento de "Sistemas de Relevo" segundo o conceito utilizado por PONÇANO *et alii* (1979).

Desta forma buscou-se relacionar os sistemas de relevo descritos na área segundo PONÇANO (1981), cuja caracterização tem como base atributos do terreno como declividade, amplitude do relevo, extensão e forma das encostas, com os materiais inconsolidados mapeados até aquele momento.

Esta tentativa se mostrou infrutífera basicamente por dois fatores : (1) a escala do trabalho considerado (PONÇANO, 1981) é muito pequena se comparada à escala utilizada no presente trabalho, como decorrência deste fato, os intervalos de variação das grandezas consideradas por PONÇANO (*op. cit.*) não se adequavam à escala de interesse; (2) a base cartográfica utilizada (1:50.000) não apresentava um nível de detalhe suficiente para uma análise que pretendesse considerar menores intervalos de variação dos atributos do terreno de interesse.

A constatação destas dificuldades levou à proposta de utilização das cartas topográficas 1:10.000, do Projeto Macro - Metrópole (IG, 1979), para a obtenção dos dados requeridos.

O nível de informa o buscado carecia de um levantamento de maior detalhe, o qual só poderia ser efetuado a partir do estabelecimento de características de vertentes pertencentes   certa unidade e   verifica o da possível rela o entre estas características de forma e os materiais inconsolidados associados.

O levantamento e escolha das vertentes a serem analisadas apresentava porém o risco de tornar a utilizar critérios subjetivos, fato este que não poderia ocorrer.

Para evitar qualquer componente de subjetividade na escolha das vertentes a serem analisadas, utilizou-se o procedimento descrito por CHRISTOFOLETTI e TAVARES (1977) de dividir a área em estudo numa malha regular e adotar, para análise, a vertente situada no centro de cada cela.

No caso em questão, adotou-se uma malha regular de 1km de lado (proporcionando celas de 1km^2 de área) por se verificar, após testes, ser esta a dimensão mais adequada, tanto à escala da carta topográfica utilizada como às condições locais de relevo.

Esta forma de levantamento proporcionou 672 vertentes para análise e para cada uma delas foram determinados os valores das variáveis de forma descritas à seguir.

O desconhecimento de qualquer trabalho anterior que tenha tentado este tipo de análise (relação entre forma da vertente e materiais inconsolidados e sua aplicação ao mapeamento geotécnico) fez com que este conjunto de levantamentos e análises tivesse um caráter preliminar.

3.2.2 Variáveis Características de Forma das Vertentes

Segundo DALRYMPLE *et alii* (*apud* CHRISTOFOLETTI, 1974) as vertentes podem ser definidas como "um sistema tridimensional que se estende do interflúvio ao meio do canal fluvial e da superfície do solo ao limite superior da rocha não intemperizada".

Para efeito de descrição e análise das características das vertentes, costuma-se lançar mão de perfis (seccionando-se a vertente por um plano normal à ela que contenha sua linha de maior declive), técnica esta proposta por SAVIGEAR (1956) e desenvolvida posteriormente por YOUNG (1964 e 1971).

Uma forma de simplificação utilizada na descrição de perfis de vertente é a adoção do modelo de DERRAU (1965), apresentado na Figura 1, que divide a vertente em três intervalos : um convexo, um retilíneo e um côncavo.

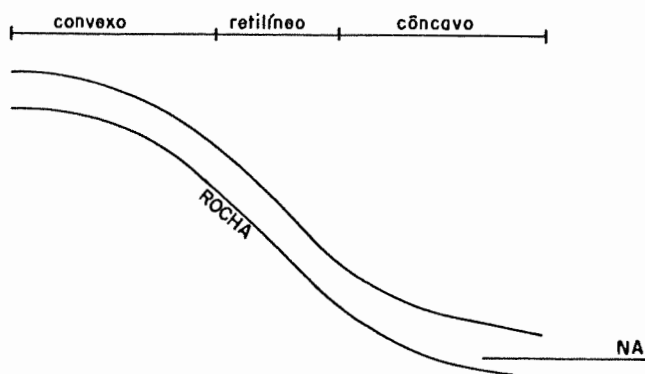


Figura 1 - Modelo de vertente de DERRAU (1965)

O conjunto de atributos denominados *Parâmetros Característicos das Vertentes* engloba uma série de grandezas lineares e angulares que tem por objetivo caracterizar a forma da vertente.

A descrição de grande parte das variáveis utilizadas normalmente para este fim pode ser encontrada em SCHEIDEGGER (1961), TROECH (1965), CHRISTOFOLETTI (1974), CHRISTOFOLETTI e TAVARES (1976).

Para o cálculo de algumas destas variáveis considera-se as vertentes compostas por três intervalos característicos (convexo, retilíneo e côncavo). A definição do ponto de inflexão entre estes intervalos se deu pela utilização do *Coefficiente de Variação da Curvatura* descrito por CHRISTOFOLETTI (*op. cit.*).

No presente trabalho, resolveu-se adotar variáveis cuja definição pudesse ser rápida e necessitasse apenas da consulta à cartas topográficas. Estas variáveis, descritas à seguir, são todas expressas em unidades do Sistema Internacional.

Amplitude ou Altura da Vertente (H) : diferença de cota entre os pontos de maior e menor cota do perfil (Figura 2).

Comprimento Horizontal ou Extensão (L) : corresponde à medida, num plano horizontal, da distância entre o ponto de menor cota do perfil e a projeção, neste plano, do ponto de maior cota (Figura 2).

Comprimento Retilíneo (LR) : comprimento do segmento de reta que une os pontos de maior e menor cota do perfil da vertente (Figura 2), definido pela fórmula :

$$LR = \sqrt{L^2 + H^2}$$

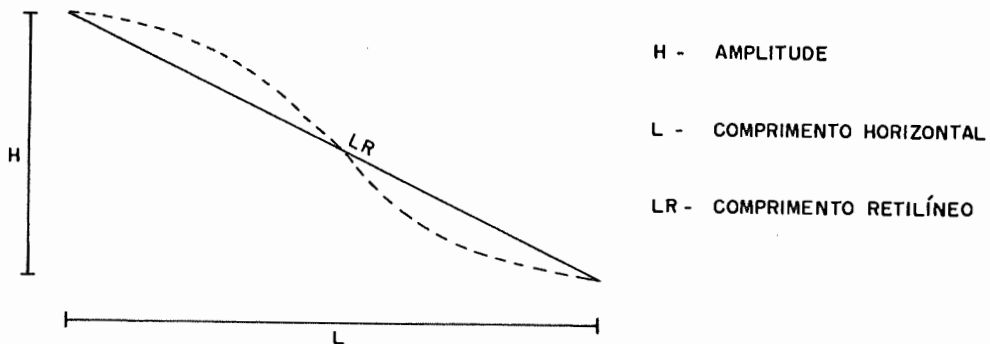


Figura 2 - Parâmetros da Vertente - relações lineares

Comprimento da Superfície da Vertente (LS) : somatório dos comprimentos retilíneos de todos os intervalos considerados no levantamento dos pares cota x distância da vertente (Figura 3) :

$$LS = \sum \sqrt{l_i^2 + h_i^2}$$

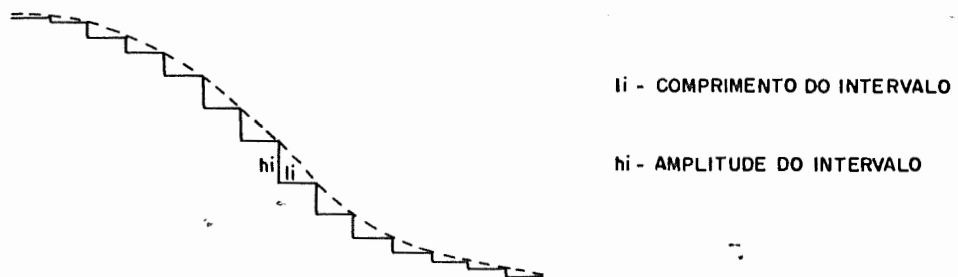


Figura 3 - Comprimento da Superfície da Vertente

Índice de Retilidade da Superfície (IR) : razão entre os comprimentos da superfície e retilíneo da vertente :

$$IR = \frac{LS}{LR}$$

Ângulo Médio da Vertente (α_{med}) : ângulo entre a reta que une os pontos de maior e menor cota do perfil e a reta que contém o comprimento horizontal da vertente (Figura 4) :

$$\alpha_{med} = \arctg \frac{H}{L}$$

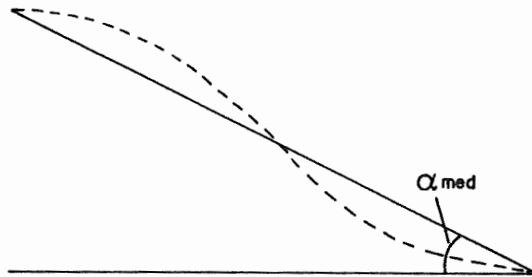


Figura 4 - Ângulo Médio da Vertente

Ângulo Médio Ponderado (α^P_{med}) : média aritmética ponderada dos ângulos dos intervalos da vertente (Figura 5) :

$$\alpha^P_{med} = \frac{\sum li \cdot \alpha_i}{L}$$

Ângulo Máximo da Vertente (α_{max}) : maior valor angular associado ao intervalo retilíneo da vertente (Figura 5).

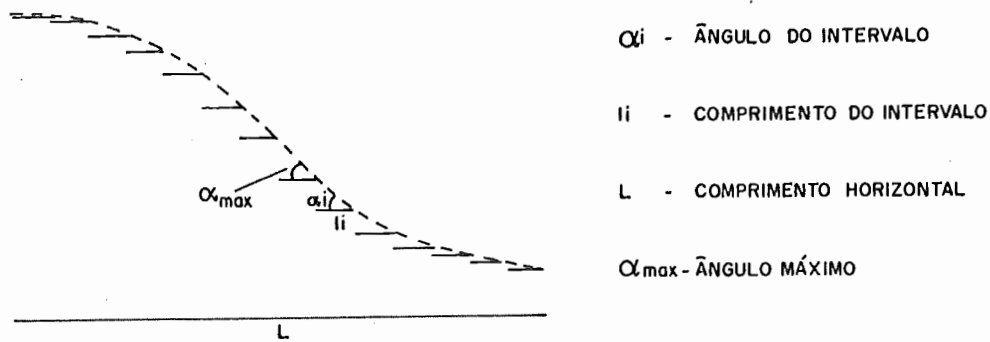


Figura 5 - Ângulo Médio Ponderado e Ângulo Máximo

Índice de Ruptura de Declive (ID) : corresponde ao número de pontos de inflexão (p) da vertente, multiplicado por 100 e dividido por seu comprimento retilíneo. Como pontos de inflexão, entende-se os pontos iniciais e terminais de uma porção côncava ou convexa do perfil, excetuando-se os pontos superior e inferior da vertente. Quanto maior o seu valor, maior o número de rupturas apresentadas pela vertente.

$$ID = \frac{p \cdot 100}{LR}$$

Coefficiente de Comprimento (CL) : razão entre os somatórios dos comprimentos dos intervalos da vertente posicionados em sua parte convexa (Lx) e côncava (Lv). Quando o resultado é inferior à 1, predomina a extensão côncava, caso contrário predomina a convexa.

$$CL = \frac{Lx}{Lv}$$

Coefficiente de Intensidade (CI) : razão entre a somatória dos ângulos das partes convexas (Ix) e côncavas (Iv). Valores superiores à unidade indicam a predominância de curvaturas positivas (vertentes predominantemente convexas), o oposto indica predominância de curvaturas negativas (vertentes côncavas).

$$CI = \frac{Ix}{Iv}$$

Índice de Intensidade (I) : razão entre os coeficientes de comprimento e intensidade. Quando os valores forem próximos à 1 indicam a existência de convexidades e concavidades relativamente iguais na composição da vertente, quando forem inferiores à unidade existe uma maior intensidade de morfogênese nos trechos convexos da vertente, quando forem superiores indicam intensidade maior nos trechos côncavos.

$$I = \frac{CL}{CI}$$

Índice de Forma (IK) : corresponde à soma do coeficiente de comprimento com a razão entre coeficientes de comprimento e intensidade, dividida por 2. Resultados superiores à 1 indicam vertente predominantemente convexa; valores inferiores indicam vertentes predominantemente côncavas.

$$IK = \frac{CL + \frac{CI}{CL}}{2}$$

De posse de alguns destes parâmetros, pode-se ainda propor a caracterização do *Tipo da Vertente* considerando-se o elemento (côncavo ou convexo) predominante, em termos de comprimento e de inclinação. Esta caracterização utiliza o mesmo critério de TROECH (1965) que considera o perfil longitudinal da vertente e suas curvas de nível. A classificação é obtida à partir dos Coeficientes de Comprimento e Intensidade como mostra a Tabela 08.

CL	CI	ÍNDICE	TIPO
>1	>1	1.1	Convexo - Convexa (convexa dispersora)
>1	<1	1.0	Convexo - Côncava (convexa coletora)
<1	>1	0.1	Côncavo - Convexa (côncava dispersora)
<1	<1	0.0	Côncavo - Côncava (côncava coletora)

Tabela 8 : Classificação das Vertentes à partir de CL e CI

Fonte : CHRISTOFOLETTI e TAVARES (1977)

A avaliação de convexidade vertical e horizontal representa um avanço significativo na caracterização das vertentes no sentido tridimensional, uma vez que parte de parâmetros de fácil definição. As quatro formas descritas no quadro anterior podem ser observadas na Figura 6.

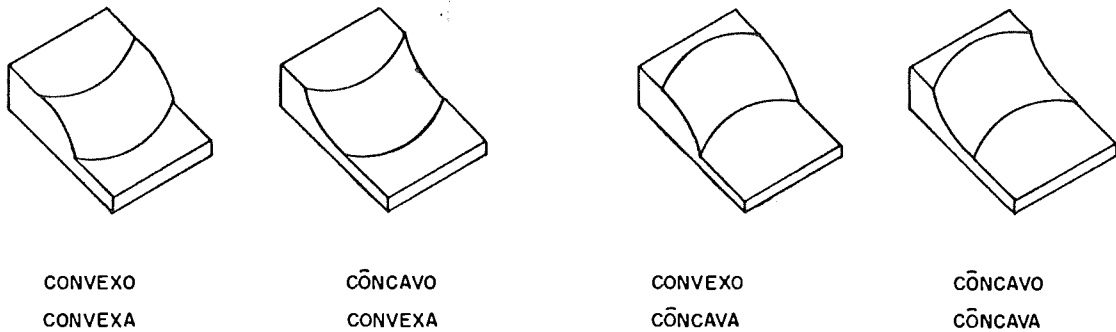


Figura 6 - Tipos de Vertente segundo TROECH (1965)

Os parâmetros característicos, assim como qualquer outra possibilidade de descrição das vertentes, não representam por si só as condições definitivas na caracterização dos processos de pedogênese e morfogênese a elas associados, porém podem ser um bom indicativo.

Isto faz com que a maioria dos trabalhos de aplicação destes conceitos considerem, devido às restrições de análise por eles possibilitadas, as características de forma das vertentes com muito cuidado.

MERICO (1987 e 1988) se utiliza da forma das vertentes como critério de descrição de processos morfodinâmicos, associando a pedogênese às formas convexas e a morfogênese às formas côncavas.

CHRISTOFOLETTI e TAVARES (1977) utilizam parâmetros como coeficientes de comprimento e intensidade para descrever processos evolutivos diferentes em vertentes de uma mesma unidade.

Em estudos como os citados anteriormente e em outros de mesma natureza, pode-se estabelecer uma divisão fundamental em duas categorias : (1) existe uma preocupação em limitar os estudos à uma única unidade geológica como forma de se garantir a aplicabilidade dos conceitos, e (2) lança-se mão de outras evidências obtidas em trabalhos de campo para validar o uso destes critérios.

A proposta de utilização destes parâmetros, como critério expedito de delimitação de unidades de materiais inconsolidados e conseqüentemente unidades geotécnicas, apresenta um caráter inovador e, por isso mesmo, deve ser encarada como um teste de validade.

3.2.3 Modelos de YOUNG

Os processos de caracterização das vertentes podem apresentar interesse para o mapeamento geotécnico na medida que possam facilitar a identificação de grupos de vertentes com as mesmas características e que isto evidencie unidades de comportamento geotécnico homogêneo.

YOUNG (1972) mostrou que existe relação entre forma da vertente, processos que propiciaram sua evolução, materiais inconsolidados nelas gerados e a variação de sua espessura ao longo do perfil. Estas evidências proporcionaram o estabelecimento de três modelos matemáticos de evolução das vertentes, apresentados na Figura 7.

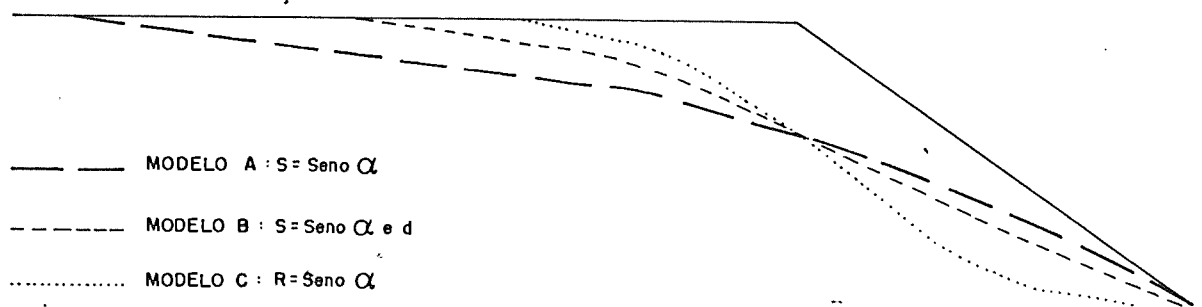


Figura 7 - Modelos de Vertentes de YOUNG (1972)

As funções estabelecidas para os três modelos consideram as relações entre intensidade de transporte, intensidade de remoção, declividade e distância entre a drenagem e o interflúvio.

No Modelo A, a intensidade de transporte (S) é função do seno da declividade (α) e os materiais gerados não são removidos pela drenagem. A função representativa deste modelo é :

$$S = f (\text{sen } \alpha)$$

Este modelo condiciona a evolução da vertente às seguintes características :

- intensidade de transporte cresce com a declividade
- materiais tendem para o sopé e não são removidos
- suavização da vertente sempre com formas convexas
- predominância do processo de pedogênese
- transporte dos materiais por "creep"
- baixas declividades e camadas espessas de solos
- acúmulo de sedimentos finos no sopé da vertente

O Modelo B apresenta a intensidade de transporte (S) como função do seno da declividade (α) e da distância do ponto considerado ao interflúvio (d). Neste modelo, os materiais inconsolidados são removidos pela drenagem. A função que descreve o modelo é :

$$S = f (\text{sen } \alpha , d)$$

Este modelo apresenta as seguintes características :

- intensidade de transporte cresce com a declividade
- intensidade de transporte cresce com a distância
- os materiais transportados para a base são removidos
- a espessura de solos diminui do topo para a base
- desenvolvimento acentuado do intervalo convexo
- tendência de suavização da base da vertente

No Modelo C, tem-se a intensidade de remoção do material (R) proporcional ao seno da declividade (α) segundo a função :

$$R = f (\text{sen } \alpha)$$

Como características principais deste tipo de evolução, tem-se :

- remoção direta do material por escoamento superficial
- recuo paralelo da vertente, sem suavização
- espessura de solos constante ao longo do perfil
- retirada de material proporcional à pedogênese
- morfogênese mecânica intensa
- solos pouco espessos

3.2.4 Procedimentos de Cálculo

A adoção das características de forma das vertentes como critério preliminar de delimitação de unidades geotécnicas apresenta como grandes vantagens o baixo custo e rapidez das operações envolvidas. Porém, o grande número de unidades (vertentes) levantadas pode inviabilizar (devido ao tempo de cálculo dispendido) este método se os cálculos e análises forem efetuados de forma manual.

Este fato fez com que se elaborasse um utilitário computacional denominado *Vertente* (LOLLO, 1990), em linguagem Turbo Pascal (versão 5.0), que possibilitasse cálculos e análises rápidas quando da avaliação das vertentes selecionadas. Trata-se de um gerenciador de cinco programas de computador desenvolvidos para efetuar os cálculos e análises requeridas. Cada um dos cinco programas tem uma função específica no contexto de caracterização das vertentes, funções estas que são apresentadas na Tabela 09.

PROGRAMA	FUNÇÃO
. VERTPAR	. Cálculo dos parâmetros característicos . Classificação das vertentes
. BEST	. Análise dos elementos e segmentos adotados
. VERTAN	. Análise de um conjunto de vertentes
. YOUNG	. Análise das vertentes segundo os modelos de YOUNG (1972)
. PROYOUNG	. Avaliação da distribuição das vertentes segundo os modelos de YOUNG (<i>op. cit.</i>)

Tabela 9 : Descrição dos programas do utilitário Vertente

3.2.5 Relação Formas x Processos x Materiais

A evolução das vertentes pode se dar, segundo características locais de materiais e processos, de maneiras diversas. Estes conjuntos diferentes de processos se expressam na forma desenvolvida na vertente.

Desta maneira, a forma da vertente pode ser um indicativo razoável do tipo de processo de denudação, pedogênese e transporte nela ocorridos e, conseqüentemente, do material inconsolidado gerado e sua distribuição em termos de espessuras ao longo do perfil.

Para se analisar a relação entre forma e demais características é preciso que se adote um modelo como "padrão", para a partir daí avaliar as variações surgidas. Neste caso, adotou-se como padrão o Modelo de DERRAU (1965).

Tal modelo adotado considera a vertente composta por três intervalos (convexo, retilíneo e côncavo), cada um com características próprias em relação aos processos de transporte, pedogênese e morfogênese.

O domínio de cada um destes intervalos sobre os demais propiciaria três possibilidades de forma diferentes do modelo, denominadas : dominantemente convexas, dominantemente retilíneas e dominantemente côncavas (Figura 8).

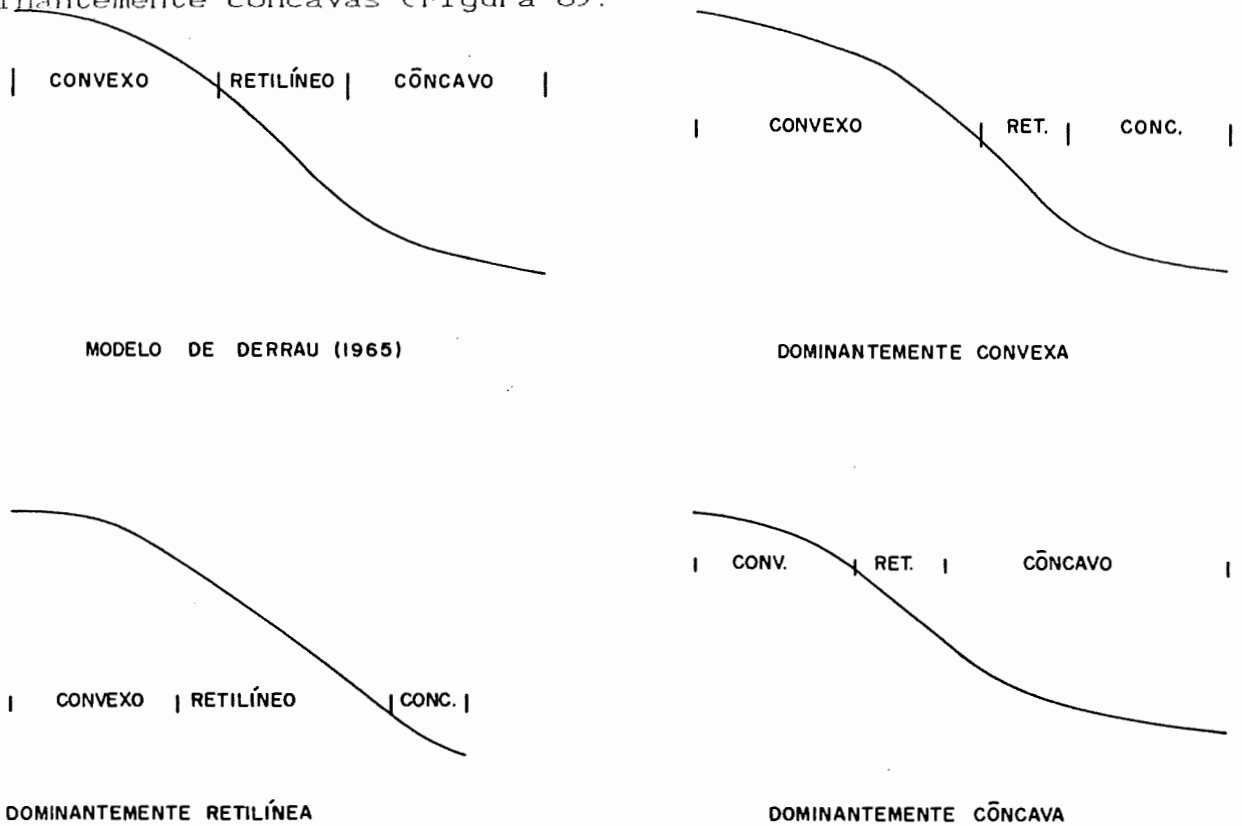


Figura 8 - Modelo de DERRAU (1965) e formas derivadas

Como consequência deste domínio de um intervalo sobre os demais, ter-se-ia condições diferenciadas de materiais, processos e espessuras conforme mostrado na Tabela 10.

CARACTERÍSTICA	INTERVALO DOMINANTE NA VERTENTE		
	CONVEXO	RETILÍNEO	CÔNCAVO
Processo de transporte predominante	Creep	Gravidade	Escoamento Superficial
Razão Pedogênese / Morfogênese	Predomina Pedogênese	Predomina Morfogênese	Predomina Morfogênese
Condições de Acumulação	Alta, maior espessura na base	Baixas	Baixas, maior espessura no topo
Intensidade de Retirada dos Materiais	Baixa	Alta f (decliv.)	Alta f (escoam.)
Característica dos Depósitos	Finos	Colúvios grosseiros de pé de vertente	Colúvios arenosos de rampa

Tabela 10 : Intervalo dominante na vertente e processos associados

4 - ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

A área em estudo no presente trabalho situa-se na região centro-leste do estado de São Paulo, entre os meridianos 47°15' e 47°30'W e os paralelos 22°00' e 22°15'S, compreendendo 717,43 km², sendo delimitada pela Folha de Leme - escala 1:50.000 (IBGE, 1971). Sua localização pode ser observada na Figura 9.

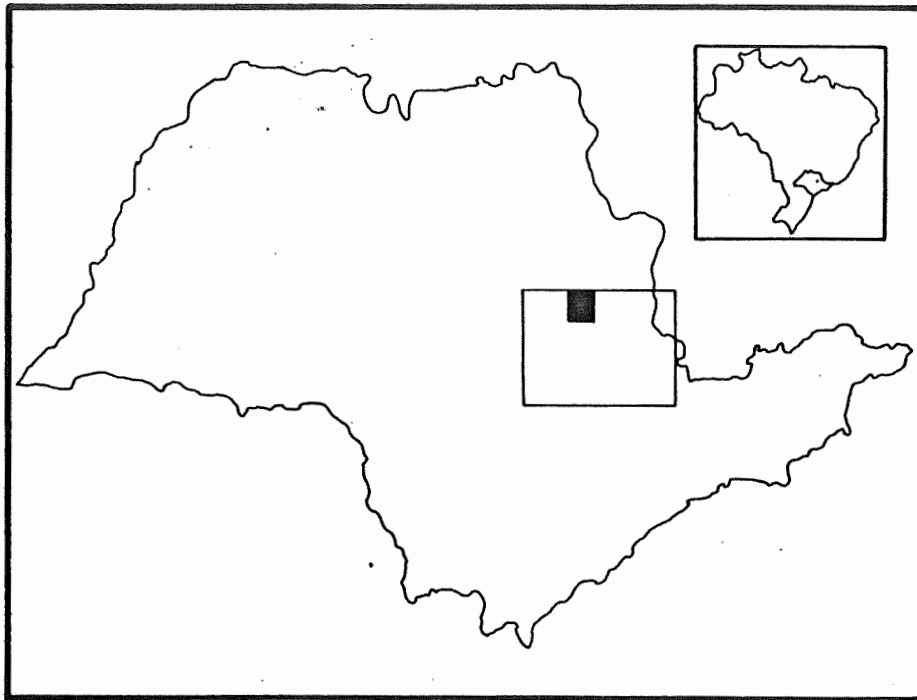


Figura 9 - Localização da área em estudo.

A escolha desta folha (SF-23-Y-A-II-1) se deve ao fato do trabalho se incluir no contexto do convênio firmado entre a EESC-USP e a FINEP para o projeto *Mapeamento Geotécnico do Centro-Leste do Estado de São Paulo*, cujos trabalhos abrangem a Folha de Campinas (escala 1:250.000).

A região citada apresenta, em sua divisão administrativa, parte dos municípios de Pirassununga, Leme, Santa Cruz da Conceição, Corumbataí, Rio Claro e Araras (Figura 10), tendo uma economia baseada em atividades agropecuárias e uma industrialização voltada basicamente ao aproveitamento de recursos agrícolas.

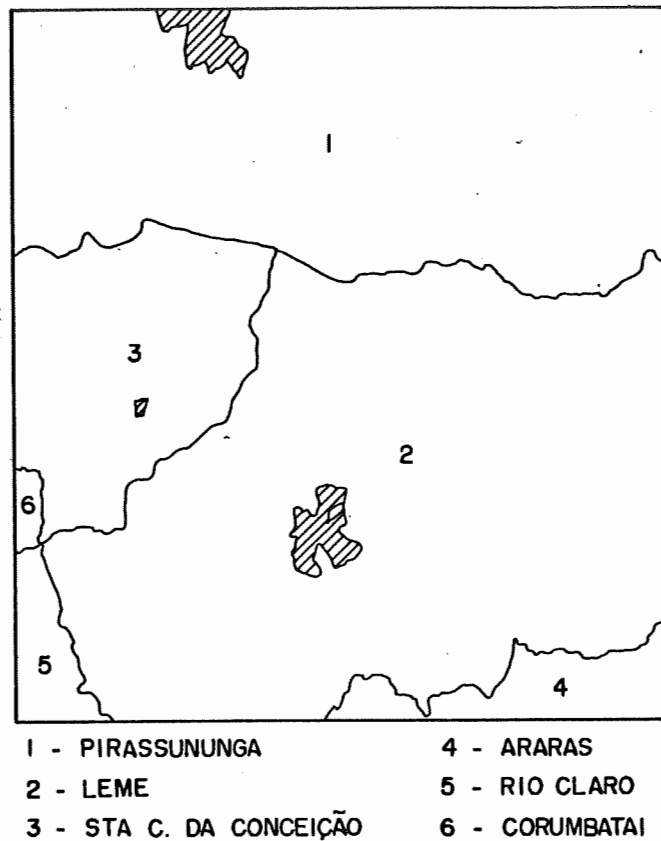


Figura 10 - Divisão Administrativa da Folha de Leme

4.2 Clima e Vegetação

O clima da área em questão é caracterizado, segundo DAEE (1981), como *Sub-Tropical Muito Úmido à Úmido*, estando a área localizada, segundo SETZER (1945), na *Depressão Paleozóica Quente (DPq)*, caracterizada por "uma topografia suave, sem serra ou vale profundo, clima tropical com estiagem nítida, pluviosidade média anual inferior à 1.300 mm e evapotranspiração média anual menor que 1.000 mm".

Segundo SETZER (1966), o clima da região apresenta os seguintes aspectos de interesse : (1) temperaturas médias anuais entre 20 e 21°C, com médias variando entre 22 e 24°C no mês mais quente e entre 16 e 17°C no mês mais frio; (2) diferença entre precipitação e evapotranspiração médias da ordem de 200 mm; e (3) média de 1 à 2 dias com geadas no ano.

O regime hídrico pode ser caracterizado á partir dos estudos de MELLO (1979), através do balanço hídrico apresentado na Figura 11, obtido com dados do período de 1946 a 1975, apresentando três períodos típicos no decorrer do ano : (1) período chuvoso entre os meses de outubro e março, (2) período de estiagem de junho à setembro, (3) período de transição (equilíbrio entre precipitação e evapotranspiração) entre abril e maio.

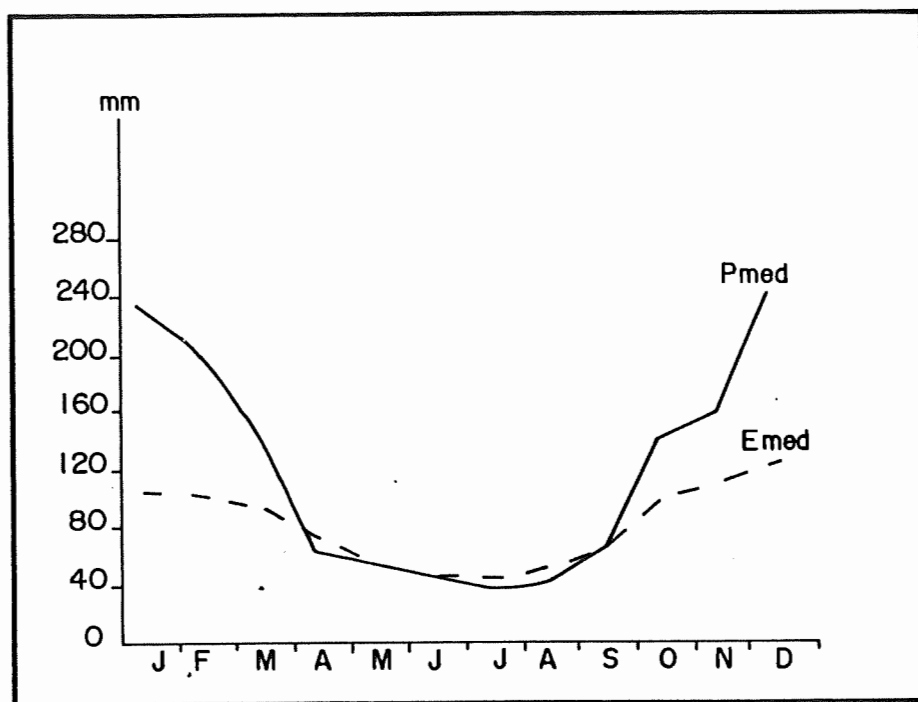


Figura 11 - Balanço Hídrico da área, segundo MELLO (1979)

Com relação á vegetação, SETZER (1966) apresenta dois tipos básicos presentes na Depressão Paleozóica Quente: os cerrados e as matas tropicais altas e densas, ressaltando ainda que a área florestada à época do levantamento era da ordem de 5%.

Estudos de ÁVILA *et al* (1981) mostram que o processo de ocupação do interior paulista, marcado principalmente pelo avanço progressivo da fronteira agrícola, foi o responsável pela drástica diminuição da área florestada presente no Estado.

Estima-se (ÁVILA *et al*, *op. cit.*) que a vegetação original do Estado apresentava cerca de 82% de área florestada que evoluiu, em 1973, para cerca de 8,3% (dos quais, grande parte se situa na região litorânea).

4.3 Pedologia

A diversidade de materiais-fonte presentes na área parece ser um dos principais fatores (associado à condições topográficas) da variedade de tipos pedológicos presentes na área em estudo, cada um deles apresentando uma subdivisão em unidades formais segundo OLIVEIRA *et al* (1982).

Para efeito de descrição das condições pedológicas, optou-se por apresentar apenas as classes principais. A distribuição destes tipos de solos pode ser observada na Figura 12.

Latossolos Roxos (LR) : provavelmente provenientes do intemperismo de rochas ígneas básicas, tem como características principais os elevados teores de Fe_2O_3 , teores de TiO_2 superiores à 3% e teores apreciáveis de magnetita. Sua espessura pode atingir vários metros, apresentam altos valores de porosidade, textura argilosa à muito argilosa no horizonte B, estando sempre associados à colinas suaves com declividade inferior à 5%. Esta categoria encontra-se presente em 173,34 km² da área.

Latossolos Vermelho-Escuros (LE) : presentes em 118,51 km² da folha de Leme, estes solos apresentam altos teores de ferro total na fração argilosa (9 - 18%) e relação molecular Al_2O_3/Fe_2O_3 inferior à 3,14, estando via de regra associados à relevo suave com declividades entre 3 e 6%.

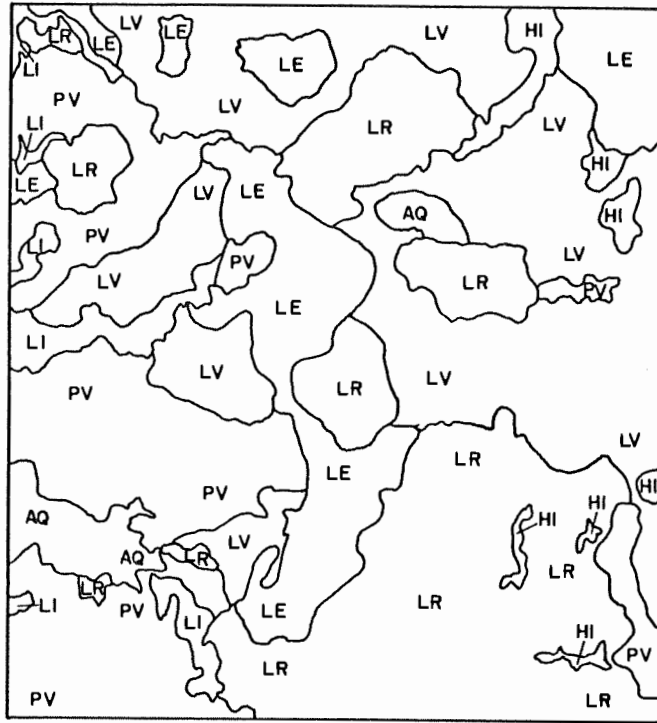


Figura 12 - Distribuição dos tipos pedológicos na Folha de Leme.
Segundo Oliveira et alli (1981)

Latossolos Vermelho-Amarelos (LV) : apresentam horizonte B com cores amareladas, teores de Fe total inferiores à 9% e relação molecular Al_2O_3/Fe_2O_3 superior à 3,14, ocupando regiões com declividades sempre inferiores à 5% sendo provenientes provavelmente de litotipos arenosos. Sua distribuição abrange 187,54 km².

Podzólicos Vermelho-Amarelos (PV) : solos com horizonte B textural, com boa individualização entre os horizontes A e B devido à acentuada diferença de cor e textura, situados sempre em locais de relevo ondulado à ondulado dissecado com declividades variando entre 5 e 15%, ocupando 133,55 km² da área estudada.

Areias Quartzosas Profundas (AQ) : solos arenosos finos com horizonte A fraco, teor médio de argila nas camadas superficial e sub-superficial inferior à 10%, ausência de hidromorfismo à menos de 80cm de profundidade, espessura sempre superior à 2m, ocupando topo de encosta em 38,73 km² da folha de Leme.

Solos Litólicos (Li) : ocupando uma área de 36,83 km². estes solos tem como principal característica a pequena espessura da camada húmica do solo (com valores sempre inferiores à 40cm) apresentando horizonte A fraco assente normalmente sobre a rocha ou sobre horizonte B ou C pouco desenvolvido, com espessuras inferiores à 2m.

Solos Hidromórficos (Hi) : abrangendo a Unidade Gley Pouco Húmico, esta categoria de solos se caracteriza pela presença de um horizonte *Gley* à menos de 80cm de profundidade, resultante do processo acentuado de redução devido a níveis d'água bastante superficiais. Ocupam 28,93 km² da área em estudo.

4.4 Geomorfologia

A descrição das condições geomorfológicas da área em questão carece, antes de tudo, de uma caracterização a nível regional das feições geomorfológicas.

Para tanto, optou-se por uma descrição preliminar da geomorfologia do Estado de São Paulo de forma a primeiro situar geomorfológicamente a região estudada e posteriormente caracterizá-la em detalhe.

As primeiras tentativas de subdivisão do relevo paulista em grandes feições com características gerais típicas se devem à MORAES REGO (1932), MONBEIG (1949) e AB'SABER (1956) de acordo com PONÇANO, (1981); todas apresentavam um caráter de descrição genérica de formas sem uma análise genética.

ALMEIDA (1964) reavaliou a divisão geomorfológica do relevo paulista, aplicando os conceitos de província, zona e sub-zona geomorfológica, acrescentando às subdivisões anteriores uma nova província denominada *Cuestas Basálticas*.

PONÇANO *et alii* (1979), valendo-se da Teoria Geral dos Sistemas de DEFAY (1929, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1978) classificou o relevo paulista em cinco conjuntos de sistemas de relevo : (1) superfícies aplainadas por agradação, (2) relevos maturamente dissecados por degradação, (3) relevos residuais suportados por litologias particulares, (4) relevos cársticos e (5) encostas interplanálticas de transição.

Este tipo de análise permitiu à ÁVILA *et al* (1981) a caracterização de cinco províncias geomorfológicas no relevo paulista : (1) Planalto Atlântico, (2) Província Costeira, (3) Depressão Periférica, (4) Cuestas Basálticas e (5) Planalto Ocidental, nas quais podem ocorrer os sistemas de relevo propostos por PONÇANO *et alii* (*op. cit.*).

Esta compartimentação do relevo do Estado de São Paulo permite incluir a área em estudo na Província Geomorfológica da Depressão Periférica, na Zona do Moji-Guaçu, conforme pode-se observar na Figura 13.

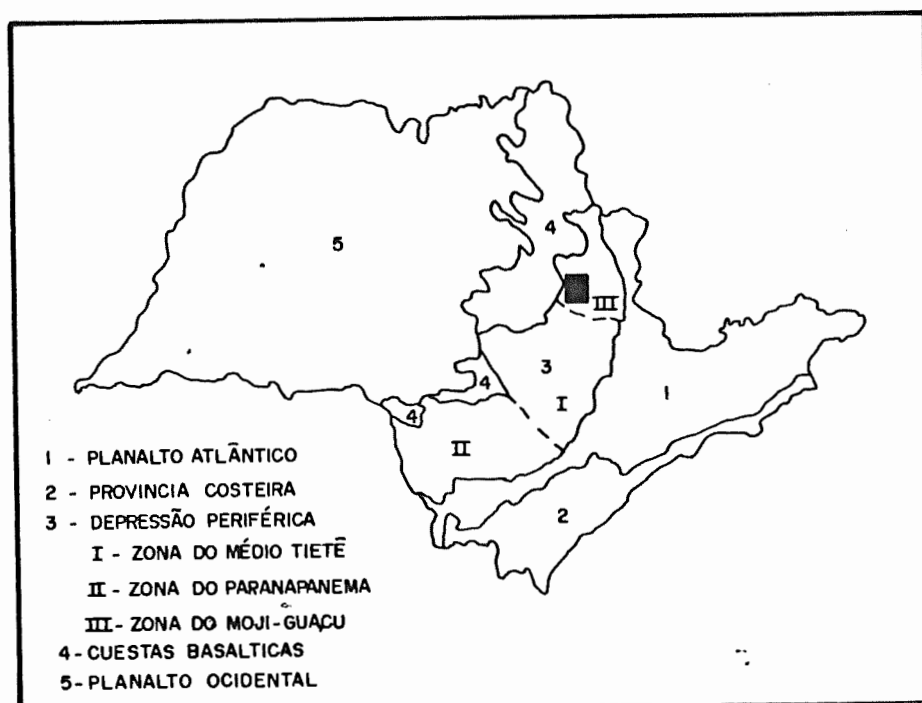


Figura 13 - A Folha de Leme na divisão geomorfológica do Estado.
Segundo ÁVILA et alii (1981)

A Depressão Periférica está inserida (segundo PONÇANO, 1981) num contexto geológico de ocorrência de sequências sedimentares infrabasálticas paleozóicas e mesozóicas do Estado de São Paulo, incluindo ainda áreas descontínuas de corpos básicos intrusivos.

Os sistemas de relevo reconhecidos por PONÇANO (*op. cit.*) foram subdivididos em cinco grandes grupos identificados numericamente por centenas : (100) Relevos de Agradação, (200) Relevos de Degradação em Planaltos Dissecados, (300) Relevos Residuais Suportados por Litologias Particulares, (400) Relevos Cársticos, e (500) Relevos de Transição.

Estes grupos de processos foram subdivididos, distinguindo-se condições evolutivas diferentes dentro de um mesmo sistema de relevo, recebendo uma designação em termos de dezenas. Como exemplo, pode-se citar os Relevos de Agradação (100), que foram subdivididos em Relevos de Agradação de Origem Continental (110) e Relevos de Agradação de Origem Litorânea (120).

Os dígitos finais (unidades) representam condições genéticas particulares ou locais, por exemplo, na classe de Relevos de Agradação de Origem Continental (110) tem-se os sistemas Planícies Aluviais (111) e Terraços Aluviais (112).

Na Folha de Leme pode-se distinguir, com base em trabalhos de PONÇANO *et al* (1981) os seguintes sistemas de relevo : Planícies Aluviais (111), Colinas Amplas (212), Colinas Médias (213), Morrotes Alongados e Espigões (234), Mesas Basálticas (311) e Encostas Sulcadas por Vales Profundos (511), distribuídos conforme mostra a Figura 14.

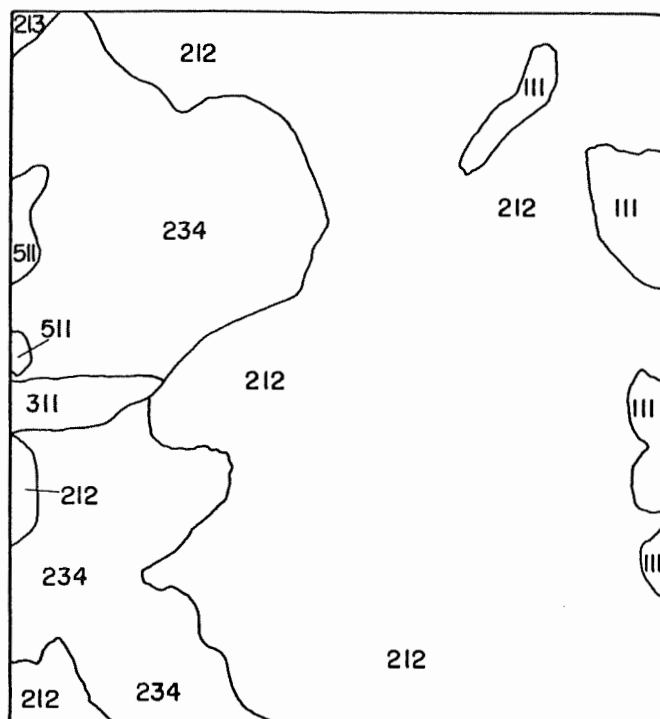


Figura 14 - Sistemas de Relevo presentes na Folha de Leme.
Segundo ÁVILA et al (1981).

4.5 Ocupação e Uso do Solo

Uma das principais características do avanço da ocupação em todo o interior do Estado de São Paulo foi sua relação íntima com a atividade agropecuária. Esta evolução foi responsável, como já citado, pela diminuição da área florestada para dar lugar às atividades de cultivo e criação.

Os levantamentos realizados à época dos trabalhos de campo mostraram que a área ocupada por vegetação natural correspondia (no período de meados de 88 à maio de 89) à cerca de 6,5% da área total estudada e, desta parcela, apenas 1,6% eram cobertura florestal, sendo o restante composto por vegetação de cerrado.

O restante da área é ocupado por atividades agropecuárias (principalmente atividade agrícola) e uma pequena parcela corresponde às áreas urbana, de expansão urbana e industrial.

A atividade agropecuária apresenta quatro modalidades de ocupação : culturas anuais (cana-de-açúcar, algodão e feijão), culturas semi-permanentes (citrus), pastagens (naturais e cultivadas) e áreas de reflorestamento.

No âmbito da ocupação residencial existe uma concentração da população nos sítios urbanos principais (cidades de Leme, Pirassununga e Santa Cruz da Conceição) e nos distritos (Taquari, Taquari-Pontes, Ibicatu, Boa Vista, Ribeirão do Meio, Pinhal e Angélica), que são antigas colônias de fazendas que permaneceram ocupadas até os dias de hoje, além de uma pequena parcela da população que reside em pequenos aglomerados de casas nas fazendas da região.

A ocupação industrial, não muito disseminada, se dá preferencialmente nas cercanias dos sítios urbanos de Leme e Pirassununga e ao longo da SP 330 (Via Anhanguera), principal rodovia da área.

A distribuição aproximada destes níveis de ocupação, divididos em cinco categorias, pode ser observada na Figura 15 : Vegetação Natural (ND), Ocupação Residencial (RD), Ocupação Industrial (ID), Culturas Temporárias (CT) - anuais, e Culturas Permanentes e Semi-Permanentes (CP) - citrus e atividades de reflorestamento.

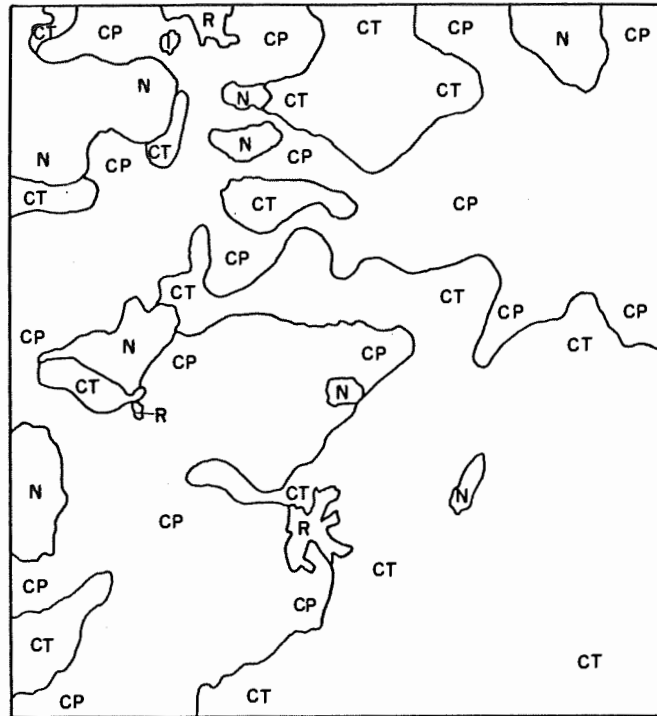


Figura 15 - Ocupação da área no período 88/89.

R - Ocupação Residencial

I - Ocupação Industrial

N - Vegetação Natural

CP - Culturas Permanentes e Semi-permanentes

CT - Culturas Temporárias

5 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

5.1 Natureza dos Trabalhos Efetuados

Os trabalhos de caracterização do meio físico, conduzidos segundo a proposta metodológica de ZUQUETTE (1987), envolvem o levantamento e análise de trabalhos anteriores efetuados na área (de caráter regional ou local) e a obtenção de informações acerca dos materiais a partir de trabalhos de campo e da análise de sensores remotos.

Para a área em questão, as informações obtidas podem ser divididas em duas categorias : (1) trabalhos anteriores, e (2) informações de campo e laboratório.

O grupo de informações obtidas a partir de trabalhos anteriores compreende : ensaios realizados visando a caracterização dos materiais (geotécnica e pedológica), sondagens profundas, sondagens de simples reconhecimento, e sondagens efetuadas com penetrômetros do tipo Borro.

As informações obtidas no decorrer dos trabalhos de campo e laboratório englobam : observações efetuadas no campo, coleta de amostras deformadas e coleta de amostras com anel, conforme procedimento sugerido por ZUQUETTE (*op. cit.*).

Estas informações são apresentadas, através da localização dos pontos aos quais se referem, num documento denominado Mapa de Documentação (Anexo 01).

Com base neste conjunto informações são elaborados os mapas básicos (com exceção do mapa topográfico) e posteriormente as cartas interpretativas, as quais constituem os documentos finais do trabalho.

5.2 Substrato Geológico

A adoção do termo "substrato geológico" em lugar de "substrato rochoso" para caracterizar os materiais consolidados presentes na área se deve às dificuldades encontradas, em muitos locais, de se definir o limite exato (em profundidade) entre os materiais inconsolidados transportados e seu substrato.

Portanto o termo substrato geológico pode englobar o manto de alteração (raramente superior à 50cm) sotoposto aos materiais retrabalhados presentes na área.

5.2.1 *Geologia Regional*

De forma genérica, poder-se-ia descrever as unidades rochosas presentes na área como pertencentes às sequências sedimentares e magmatitos básicos da Bacia do Paraná. As unidades sedimentares apresentam litologias pertencentes aos Grupos São Bento e Passa Dois e ao Supergupo Tubarão. As intrusivas básicas podem estar associadas ao Evento Serra Geral ou lhe ser posteriores.

A estruturação da área pode ser descrita, segundo ANDRADE e SOARES (1971, *apud* KAEFER *et al*, 1979), como um sistema de falhamentos de gravidade formando um conjunto de blocos elevados e rebaixados. Estes falhamentos encontram-se predominantemente orientados segundo NW-SE e NE-SW, estando normalmente associados às intrusões básicas e apresentando rejeitos da ordem de 50m.

A caracterização das unidades litoestratigráficas baseia-se principalmente nos trabalhos executados por KAEFER *et al* (1979), ALMEIDA *et al* (1981), DAEE (1981), LANDIM *et al* (1982) e nos trabalhos de campo que possibilitaram o reconhecimento dos litotipos presentes na área, documentados no Mapa do Substrato Geológico (Anexo 02).



Nesta caracterização, optou-se por descrever, em cada unidade litoestratigráfica formal, apenas os litotipos reconhecidos na área em estudo, deixando-se de lado, desta forma, aqueles litotipos pertencentes às unidades que não tenham sido caracterizadas na área em questão.

5.2.2 Descrição das Unidades

Intrusivas Básicas (v)

Soleiras e diques de magmatitos básicos, de textura fanerítica e coloração cinza a preta. Apresentam normalmente uma associação íntima com as regiões de falhamentos normais, com uma composição, segundo SANFORD e LANGE (1960, *apud* KAEFER *et al*, 1979), constituída principalmente de plagioclásio e augita. A caracterização destas litologias como pertencentes ao evento Serra Geral (de idade cretássica inferior) não foi possível. Em fotografias aéreas, apresentam tonalidades cinza escuras, pendentes abruptas e distribuição preferencial ao longo dos interflúvios. Na área em estudo apresentam diques associados a falhamentos normais na porção oeste, enquanto a leste apresentam-se na forma de extensas soleiras.

GRUPO SÃO BENTO

Formação Pirambóia (TrJp)

Composta por arenitos fluviais esbranquiçados, amarelados e róseos, médios e finos, as vezes bastante argilosos, posicionados entre as Formações Corumbatai (inferior) e Botucatu (superior), apresentam idades provavelmente triássicas. Em fotografias aéreas, apresentam tonalidades cinza claro a branca, com sistema de drenagem pouco desenvolvido, com padrão dendrítico. Situam-se em regiões com ondulações suaves e interflúvios aplainados, apresentando afloramentos extensos na porção leste da área, principalmente ao sul de Santa Cruz da Conceição.

Formação Botucatu (JKb)

Apresenta arenitos róseos e avermelhados, finos a médios, bem classificados e friáveis, sobrepostos à Formação Pirambóia. Depositados provavelmente em ambiente desértico, com idade triássica superior, podem se apresentar silicificados formando escarpas abruptas devido à erosão diferencial. Em fotografias aéreas, apresentam características idênticas às da Formação Pirambóia, porém mostram quebras negativas bastante evidentes no contato com esta última. Situando-se normalmente na porção oeste da área em estudo, principalmente na região conhecida como Serra da Cantareira, ocupando normalmente os interflúvios de maior cota da área.

GRUPO PASSA DOIS

Formação Irati (Pi)

Sequência de folhelhos carbonosos e calcários, podendo apresentar seixos de quartzo e silex, de idade permiana inferior. Posicionada estratigraficamente entre as formações Corumbatai (superior) e Tatui (inferior) com a qual apresenta uma discordância marcada por um nível conglomerático, esta unidade é representada na área em estudo apenas pelo Membro Taquaral (siltitos e folhelhos cinza escuros). Sua identificação em fotografias aéreas pode se dar a partir de quebras negativas sempre bem evidenciadas. O Membro Taquaral normalmente se apresenta bastante decomposto podendo ser confundido com o solo derivado das intrusivas e se distribui principalmente nas proximidades de Pirassununga (leste e sudeste).

Formação Corumbatai (Pc)

Composta por folhelhos variegados, apresenta uma idade permiana superior, estando posicionada entre as formações Irati (inferior) e Pirambóia (superior). Em fotografias aéreas, apresenta tonalidades cinza escuras e alta densidade de drenagem com padrão penado. As faixas de afloramento mais expressivas da área em estudo encontram-se a oeste e sudoeste de Pirassununga.

SUPERGRUPO TUBARÃO

Formação Tatui (Pt)

Representada na área em estudo apenas pelo Membro Paraguaçu, é composta de siltitos arenosos de cores arroxeadas. Em fotos aéreas, apresenta tonalidades cinza escuras, com densidade média de drenagem, em extensas áreas aplainadas de relevo cuestiforme incipiente nas proximidades do Rio Moji-Guaçu. Situa-se nas porções leste da área em estudo em regiões rebaixadas próximas ao vale do Moji-Guaçu.

5.3 Materiais Inconsolidados

5.3.1 Características Gerais

Sob a denominação materiais inconsolidados pode-se distinguir, quanto à gênese, duas categorias : materiais residuais e materiais retrabalhados (sedimentos aluviais recentes e sedimentos cenozóicos).

Os materiais residuais representam, como o próprio nome indica, produtos derivados dos litotipos do substrato. Englobam solos derivados das intrusivas básicas e das formações Botucatu, Pirambóia, Corumbatai, Irati e Tatui.

Os sedimentos aluviais englobam depósitos de terraços aluviais e de planícies de inundação, predominantemente arenosos, com cobertura turfoosa em alguns pontos da planície de inundação do Rio Moji-Guaçu.

Os sedimentos cenozóicos podem ser divididos em duas fases : arenosa indiferenciada, que apresenta distribuição extensa e caracteriza-se por uma granulometria francamente arenosa; e argilosa de rampa, que se distribui principalmente nas proximidades das soleiras básicas.

5.3.2 Características das Vertentes

a. Resultados Obtidos

Para efeito de caracterização das unidades a partir das variáveis morfométricas das vertentes, foram utilizadas as seguintes variáveis : Altura, Comprimento Horizontal, Comprimento Retilíneo, Comprimento da Superfície, Índice de Retilidade, Ângulo Médio, Ângulo Médio Ponderado, Ângulo Máximo, Índice de Ruptura de Declive, Coeficiente de Comprimento, Coeficiente de Intensidade, Índice de Intensidade, Índice de Forma, e "Tipo" da Vertente.

Para que se pudesse analisar o significado dos intervalos de valores obtidos para cada variável, dividiu-se a análise em duas etapas, a primeira considerando apenas o material inconsolidado presente na vertente e a segunda considerando a unidade geotécnica (substrato, material inconsolidado e sua classe de espessura) a qual a vertente pertencesse.

O tabelamento e análise dos intervalos obtidos para cada uma das variáveis consideradas permitiu a eliminação direta de quatro delas (Índice de Intensidade - I, Comprimento Retilíneo - LR, Comprimento da Superfície - LS, e Índice de Retilidade - IR), pois estas variáveis não se mostraram adequadas à caracterização das unidades.

As variáveis LR e LS apresentam valores muito próximos da variável L (comprimento horizontal), tornando-se por isso variáveis de pouco interesse. A variável I pelo fato de ser definida a partir da razão entre outras duas (CL e CI) apresenta intervalos com grande dispersão, o que inviabiliza o seu uso. A variável IR apresenta valores muito próximos para todas as vertentes analisadas (independentemente do material inconsolidado ou da unidade geotécnica considerada) uma vez que apresenta uma razão entre LS e LR.

As variáveis Ângulo Médio e Ângulo Médio Ponderado apresentaram praticamente os mesmos intervalos e, por esta razão, apenas a última foi utilizada.

Efetuada a análise dos conjuntos de variáveis obtidas para cada unidade, foi possível o estabelecimento de intervalos típicos de variação de cada parâmetro considerado tanto para materiais inconsolidados (Tabela 11), como para unidades geotécnicas (Tabela 12).

Unidade	L	H	CL	CI	α_m^p	α_{max}	ID	IF	T
R. Intr.	$\frac{250}{1200}$	$\frac{15}{60}$	$\frac{1,20}{2,80}$	$\frac{0,20}{0,50}$	1-5	26,6	$\frac{0,04}{0,30}$	$\frac{0,90}{1,40}$	1.0
R. TrJb	$\frac{250}{600}$	$\frac{30}{70}$	$\frac{0,80}{1,40}$	$\frac{0,10}{0,30}$	6-9	26,6	$\frac{0,28}{0,40}$	$\frac{0,75}{1,20}$	1.0
R. TrJp	$\frac{300}{900}$	$\frac{35}{70}$	$\frac{0,90}{2,20}$	$\frac{0,20}{1,20}$	4-10	14,0	$\frac{0,15}{0,45}$	$\frac{0,75}{1,30}$	1.0
R. Pc	$\frac{400}{1200}$	$\frac{20}{85}$	$\frac{1,20}{2,40}$	$\frac{0,20}{0,60}$	2-4	11,3	$\frac{0,05}{0,25}$	$\frac{0,90}{1,40}$	1.0
R. Pi	$\frac{450}{1200}$	$\frac{15}{50}$	$\frac{1,60}{2,50}$	$\frac{0,15}{0,50}$	2-4	8,1	$\frac{0,10}{0,20}$	$\frac{0,90}{1,60}$	1.0
R. Pt	$\frac{300}{1100}$	$\frac{15}{45}$	$\frac{1,10}{2,50}$	$\frac{0,25}{0,70}$	2-3	5,7	$\frac{0,10}{0,95}$	$\frac{0,80}{1,90}$	1.0
S. Al.	$\frac{200}{1300}$	$\frac{25}{50}$	$\frac{1,00}{4,50}$	$\frac{0,30}{1,20}$	1-4	5,7	$\frac{0,10}{0,95}$	$\frac{0,80}{2,20}$	1.0
S. A.R.	$\frac{200}{1000}$	$\frac{10}{45}$	$\frac{1,50}{3,00}$	$\frac{0,10}{0,45}$	1-5	18,4	$\frac{0,10}{0,40}$	$\frac{1,00}{2,00}$	1.0
S. A.I.	$\frac{200}{1500}$	$\frac{10}{80}$	$\frac{1,20}{1,80}$	$\frac{0,30}{1,00}$	1-5	11,3	$\frac{0,05}{0,80}$	$\frac{0,90}{2,80}$	1.0

- | | |
|-----------------------------------|--|
| R. Intr. - Residual Magmatitos | L - Compr. Horizontal (m) |
| R. TrJb - Residual Botucatu | H - Altura da Vertente (m) |
| R. TrJp - Residual Pirambóia | CL - Coef. de Comprimento |
| R. Pc - Residual Corumbatai | CI - Coef. de Intensidade |
| R. Pi - Residual Irati | α_m^p - Ângulo Med. Ponderado (°) |
| R. Pt - Residual Tatui | α_{max} - Ângulo Máximo (°) |
| S. Al. - Sedimento Aluvial | ID - Índ. de Ruptura de Declive |
| S. A.R. - Sed. Argiloso de Rampa | IF - Índice de Forma |
| S. A.I. - Sed. Arenoso Coluvionar | T - Tipo da Vertente |
- (segundo CL e CI)

Tabela 11 : Intervalos dos Parâmetros - Materiais Inconsolidados

Unidade	L	H	CL	CI	α_m^p	α_{max}	ID	IF	T
R. Intr. e < 2m	250 450	15 35	1,20 1,75	0,20 0,35	2-5	26,6	0,22 0,30	1,00 1,40	1.0
R. Intr. e:2-5m	500 800	25 45	1,70 2,30	0,05 0,20	1-4	11,3	0,11 0,18	0,80 1,20	1.0
R. Intr. e > 5m	900 1200	35 60	2,00 2,80	0,30 0,50	1-3	11,3	0,04 0,10	0,90 1,30	1.0
R. TrJb e < 2m	350 600	30 70	0,80 1,40	0,10 0,30	6-9	26,6	0,28 0,40	0,75 1,20	1.0
R. TrJp e < 2m	300 500	35 50	0,90 1,40	0,90 1,20	5-10	18,4	0,30 0,45	0,75 1,00	1.0
R. TrJp e > 2m	750 900	50 70	1,70 2,20	0,20 0,50	4-7	11,3	0,15 0,30	0,95 1,30	1.0
R. Pc e < 2m	400 750	20 40	1,20 1,80	0,35 0,60	2-4	14,0	0,15 0,25	0,90 1,20	1.0
R. Pc e > 2m	900 1200	55 85	2,00 2,40	0,20 0,40	2-4	11,3	0,05 0,20	1,10 1,40	1.0
R. Pi e < 2m	450 750	15 35	2,20 2,50	0,30 0,50	2-3	5,7	0,10 0,20	1,30 1,60	1.0
R. Pi e > 2m	900 1200	30 50	1,60 1,90	0,15 0,35	2-4	8,1	0,10 0,20	0,90 1,20	1.0
R. Pt e < 2m	300 500	10 25	2,30 2,50	0,25 0,35	2-3	4,8	0,20 0,35	1,60 1,90	1.0
R. Pt e > 2m	800 1100	30 45	1,10 1,40	0,45 0,70	2-3	5,2	0,10 0,25	0,80 1,10	1.0
S. Al. / Int e < 2m	900 1100	25 35	4,00 4,50	0,90 1,20	1-3	6,3	0,10 0,20	2,20 2,40	1.0
S. Al. / Pc e < 2m	200 500	30 50	1,00 1,50	0,30 0,50	2-5	8,1	0,25 0,35	0,80 1,00	1.0
S. Al. / Pi e < 2m	400 700	20 35	2,00 2,30	0,30 0,50	1-3	5,7	1,10 0,20	0,90 1,20	1.0
S. Al. / Pt e > 2m	800 1900	30 50	1,00 1,40	0,60 0,90	1-4	7,1	0,15 0,30	0,90 1,20	1.0
SAR / Int e < 2m	200 500	10 25	2,20 2,50	0,20 0,45	2-5	8,1	0,20 0,40	1,00 1,20	1.0
SAR / Int e > 2m	700 1000	20 45	1,50 3,00	0,10 0,25	1-2	8,1	0,10 0,20	1,50 2,00	1.0
SAI / Int e < 2m	300 600	10 30	1,20 1,50	0,15 0,40	1-4	6,3	0,15 0,30	0,90 1,20	1.0
SAI / Int e:2-5m	600 900	25 40	1,40 1,80	0,50 0,80	1-3	8,1	0,10 0,20	1,20 1,40	1.0
SAI / Int e > 5m	1000 1500	30 55	0,50 0,90	0,35 0,60	1-3	4,8	0,05 0,15	2,40 2,80	1.0
SAI / Pc e < 2m	200 500	25 45	1,40 1,80	0,70 1,00	2-6	11,3	0,20 0,40	1,80 2,20	1.0
SAI / Pc e:2-5m	600 900	40 60	1,30 1,60	0,50 0,80	2-5	9,5	0,10 0,20	0,80 1,20	1.0
SAI / Pc e > 5m	950 1200	50 80	1,30 1,80	0,30 0,50	1-4	9,5	0,40 0,80	1,80 1,20	1.0
SAI / Pi e > 2m	900 1200	35 60	1,00 1,40	0,80 1,00	2-3	6,3	0,10 0,20	0,90 1,20	1.0

SAI / Pc - inconsolidado / substrato geológico
 Legenda : vide Tabela 11.

Tabela 12 : Intervalo dos Parâmetros - Unidades Geotécnicas

b. Significado dos Resultados

L e H : apresentam intervalos bastante próximos para quaisquer unidades, com intervalos significativos apenas com relação à variação de espessura dos materiais inconsolidados (maiores valores de L e H estão sempre associados a maior espessura de materiais inconsolidados). Como seria esperado, a variável H apresenta maiores valores para produtos residuais de litologias mais resistentes à erosão.

CL : não evidencia qualquer diferença entre unidades de materiais inconsolidados ou de classes de espessura; parece refletir uma tendência regional de desenvolvimento de formas.

CI : bom critério para diferenciar classes de espessura em uma unidade de material inconsolidado.

α_m e α_m^p : apresentam, como seria esperado, maiores valores para os materiais residuais provenientes de rochas mais resistentes à erosão. Para os sedimentos, os valores maiores estão associados a substrato mais resistente.

α_{max} : raramente apresenta valores maiores que $11,31^\circ$ (correspondente à 20% de declividade), só excedendo este valor em locais onde os materiais inconsolidados apresentam espessura inferior a 2m. Além disso, apresenta uma tendência geral de maiores valores angulares para menores espessuras.

ID : bom parâmetro para diferenciação de classes de espessura numa mesma unidade de materiais inconsolidados. Apresenta maiores valores para vertentes de materiais inconsolidados mais grosseiros, provavelmente devido à maior facilidade de desenvolvimento e identificação de rupturas de declive nestes materiais.

IF : os intervalos de variação obtidos não permitiram utilizar esta variável para distinção entre unidades ou de classes de espessura.

TIPO : a caracterização do "tipo" da vertente, baseada em CL e CI, apresentou um forte predomínio do tipo 1.0 (vertentes convexo-côncavas ou convexas-coletoras) indicando uma tendência regional.

Modelos de Young : a comparação entre as formas observadas nas vertentes avaliadas e os modelos de YOUNG (1972) mostrou uma grande dificuldade de ajuste com o Modelo A. Com relação aos outros modelos, as vertentes esculpidas em materiais residuais se aproximam mais do Modelo C, enquanto aquelas que evoluíram com a contribuição de sedimentos se aproximam do Modelo B.

5.3.3 Condições Geotécnicas

A distinção entre as unidades de materiais inconsolidados, baseada em trabalhos de campo e laboratório, na análise dos parâmetros geométricos das vertentes e em trabalhos anteriores consultados, é apresentada no Mapa de Materiais Inconsolidados (Anexo 03).

Este mapa apresenta os contatos entre as diferentes unidades de materiais inconsolidados bem como as curvas de isovalores de espessura dos mesmos. A definição das variações de espessura dos materiais foi bastante dificultada devido ao pequeno número de exposições do substrato rochoso em taludes de corte e de sondagens na zona rural. Nos locais onde esta definição tornou-se difícil, os estudos de forma das vertentes se constituíram em informação complementar de grande valia.

Geneticamente, os materiais podem ser divididos, grosso modo, em duas categorias : materiais residuais e materiais retrabalhados.

Para efeito de nomenclatura destas unidades, buscou-se uma forma de ressaltar aspectos considerados importantes a respeito de sua origem ou composição.

Desta forma, adotou-se, para as unidades residuais, o nome da unidade estratigráfica formal que lhe deu origem. Assim, os materiais residuais de rochas da Formação Botucatu, por exemplo, foram denominados Unidade Botucatu.

Para os materiais retrabalhados, foi adotada uma nomenclatura que descrevesse sucintamente sua gênese e características granulométricas. Os sedimentos arenosos de origem aluvial, por exemplo, foram denominados Unidade Arenosa Aluvial.

A descrição de cada uma das unidades (residuais e retrabalhadas) engloba aspectos genéticos, mineralógicos, físicos e químicos, abrangendo as informações posteriormente utilizadas nas análises de adequabilidade efetuadas para a produção das cartas de aptidão.

a. Unidade Arenosa Aluvial (Ar. a.)

Depositados em planícies de inundação e terraços aluviais ao longo das drenagens de maior expressão da área, estes sedimentos normalmente possuem espessuras inferiores a 2m, apresentando maiores valores apenas na planície de inundação do Rio Moji-Guaçu, na porção leste da área.

Predominam areias argilosas (Figura 16) compostas predominantemente por quartzo, fragmentos de rocha, óxidos de Fe e argilominerais do grupo da caulinita. Apresentam valores de CTC em torno de 20 e.mg/100g de argila, e pH da ordem de 6,0 (OLIVEIRA *et alii*, 1982).

A massa específica dos sólidos apresenta valores médios de $2,67 \text{ g/cm}^3$, com índices de vazios em torno de 0,60 podendo chegar até 0,90. Com massa específica seca variando entre $1,40$ e $1,60 \text{ g/cm}^3$, estes materiais apresentaram, nos ensaios de compactação proctor normal, massa específica seca máxima de $2,00 \text{ g/cm}^3$ para uma umidade ótima de 10%.

Os coeficientes de permeabilidade estimados, pelo método de HONORATO e MACKENNA (1982, *apud* ZUQUETTE, 1987), são bastante altos, em torno de 10^{-3} cm/s ou maiores, e os valores de SPT (entre 2 e 6 golpes) indicam uma compactidade muito fofa a fofa. A análise das características granulométricas e mineralógicas evidencia ausência de expansividade e argilas inativas.

No Sistema H.R.B. de classificação estes materiais se enquadram no grupo A-2-7 enquanto no U.S.C. pertencem ao grupo SC.

Na área em estudo, estes materiais apresentam intensa exploração em portos de areia situados no Rio Moji-Guaçu, principalmente na porção NE da área.

Uma característica interessante desta unidade é o fato da mesma apresentar, em alguns locais na planície de inundação do Moji-Guaçu, corpos de turfa em seu interior.

b. Unidade Argilosa de Rampa (Ag. r.)

Composta por colúvios cenozóicos de rampa, denominados "depósitos frontais às escarpas regionais" por FULFARO (1979), esta unidade foi reconhecida a NW da área na região conhecida como Serra da Cantareira e na porção centro-sul, nas proximidades de Leme. Sua presença está sempre associada às vizinhanças das escarpas das soleiras de magmatitos básicos, com espessuras inferiores a 2m nas regiões mais próximas dos corpos básicos, aumentando quando se afasta destes (podendo chegar a 5m).

São sedimentos predominantemente argilosos (Figura 17) que apresentam uma mineralogia rica em óxidos de Fe, ilmenita, quartzo, limonita, zircão e argilominerais do grupo da caulinita, mostrando, segundo OLIVEIRA *et alii* (1982), valores médios de CTC de 8,8 e.mg/100g de argila para a camada sub-superficial podendo chegar até 12,1 e.mg/100g de argila, e valores de pH em torno de 5,0.

Os valores de massa específica dos sólidos encontram-se em torno de $2,70 \text{ g/cm}^3$, com limites de liquidez de até 54% e índices de plasticidade em torno de 20%.

A massa específica seca é de $1,50 \text{ g/cm}^3$, enquanto a massa específica seca máxima obtida através do ensaio de compactação proctor normal foi de $1,80 \text{ g/cm}^3$ para umidade ótima de 18%.

Os valores de índice de vazios situam-se em torno de 1,00 e o coeficiente de permeabilidade estimado é de 10^{-4} cm/s . Os valores de SPT obtidos das sondagens de simples reconhecimento variam entre 3 e 10 golpes, indicando uma consistência mole a rija. A análise das condições de plasticidade permitiu classificar as argilas presentes como inativas.

No Sistema Unificado de Classificação de Solos os materiais se posicionaram no grupo CL, e no Sistema H.R.B. no grupo A-7.

c. Unidade Arenosa Coluvionar (Ar. c.)

De distribuição extensa na área em estudo (principalmente em sua porção norte), estes sedimentos coluvionares cenozóicos são fruto do retrabalhamento indistinto de unidades rochosas da Bacia do Paraná, segundo BIGARELLA e MOUSINHO (1965) e ÁVILA *et alii* (1981), apresentam três classes de espessura recobrando as intrusivas básicas e as rochas do Grupo Passa Dois : menores que 2m, 2 - 5m, e maiores que 5m.

São sedimentos predominantemente arenosos finos com significativa contribuição da fração argila (Figura 18) compostos mineralogicamente por quartzo, óxidos e hidróxidos de Fe e argilominerais do tipo 1:1, apresentando, segundo OLIVEIRA *et alii* (1982), capacidade de troca catiônica na camada sub-superficial de 11,8 e.mg/100g de argila e pH em torno de 4,0.

A massa específica dos sólidos pode variar de 2,65 a 2,70 g/cm^3 , enquanto a massa específica aparente seca varia 1,30 a 1,50 g/cm^3 e a massa específica seca máxima obtida é de $1,94 \text{ g/cm}^3$ para uma umidade ótima de 11%.

São materiais tipicamente não plásticos podendo porém apresentar valores de IP de até 7%. O índice de vazios é de 0,60 para as camadas mais superficiais, crescendo em profundidade até valores de 0,80. Os coeficientes de permeabilidade estimados são da ordem de 10^{-9} a 10^{-2} cm/s. A avaliação da mineralogia, da CTC e a presença de argilas inativas indicam um comportamento não expansivo. Sua compactidade varia de muito fofa (na camada superficial) a média nas porções mais profundas.

Estes materiais foram classificados segundo o SUCS como SC, e na Classificação H.R.B. como A-2-6.

d. Unidade Magmatitos (Mg)

Os solos derivados das intrusivas básicas foram reconhecidos na área principalmente nas porções norte (na Serra da Cantareira e nas proximidades da estação de tratamento do SAAE de Pirassununga) e sudeste (nas proximidades de Ibicatu), podendo apresentar três classes de espessura : menor que 2m, entre 2 e 5m, e maiores que 5m.

São solos predominantemente argilosos (Figura 19), compostos basicamente por opacos (magnetita, hematita, ilmenita e limonita) e quartzo, apresentando (segundo OLIVEIRA *et alii*, 1982) capacidade de troca catiônica variando entre 4,8 e 15,8 e.mg/100g de argila e pH em torno de 5,0 para a camada sub-superficial. Os coeficientes de permeabilidade estimados variaram entre 10^{-9} e 10^{-4} cm/s. Os coeficientes de compressão, estimados segundo SKEMPTON (1974, *apud* ZUQUETTE, 1987) não ultrapassaram 0,50.

O índice de vazios mostra valores entre 0,82 e 1,67, com massa específica dos sólidos entre 2,76 e 3,04 g/cm³, massa específica aparente seca de 1,50 g/cm³ e massa específica seca máxima de 1,69 g/cm³ com umidade ótima de 23,2%. O índice de plasticidade é da ordem de 12% com limites de liquidez de até 49%.

A consistência estimada com base no índice de resistência à penetração situa-se entre média e muito rija, com valores de SPT aumentando em profundidade.

A classificação destes solos, tendo como base granulometria e limites de Atterberg, permitiu incluí-los no grupo A-7 da Classificação H.R.B. e no grupo CL do U.S.C.

e. Unidade Botucatu (Bt)

Presentes principalmente na porção NW da área estudada, em regiões de relevo escarpado ocupando as maiores cotas dos terrenos da área, estes solos apresentam espessuras sempre inferiores à 2m e encontram-se assentes diretamente sobre o arenito silicificado em estágio inicial de alteração.

Granulometricamente (Figura 20), apresentam predominância da fração areia fina (com alto grau de seleção dos grãos), podendo mesmo ultrapassar 85%. Apresentam uma mineralogia rica em quartzo e argilominerais tipo 1:1 originados dos feldspatos. OLIVEIRA *et alii* (1982) apresentam uma CTC de 22,8 e mg/100g de argila e valores de pH de 6,0 para a camada sub-superficial.

Em termos de massa específica dos sólidos apresentam valores de $2,65 \text{ g/cm}^3$, com massa específica aparente seca de $1,67 \text{ g/cm}^3$ e índice de vazios de 0,50.

Com uma permeabilidade estimada entre 10^{-4} e 10^{-3} cm/s e presença de argilas inativas, estes solos não apresentam evidências de comportamento expansivo. Os valores de SPT indicam compacidade muito fofa a fofa, e as características granulométricas e de plasticidade permitiram incluir este grupo de solos nos tipos SP-SC do SUCS e A-2-4 na Classificação H.R.B.

Estes solos não apresentam utilização como materiais de construção na área, devido a sua pequena espessura.

f. Unidade Pirambóia (Pb)

Identificada nas porções NW e SW da área em estudo, esta unidade apresenta faixas de distribuição mais expressivas nas proximidades de Santa Cruz da Conceição. Em termos de espessuras, estes solos podem ser divididos em duas sub-unidades : menor que 2m e entre 2 e 5m.

Os solos presentes na unidade são predominantemente areias finas argilosas (Figura 21) compostas por quartzo, feldspatos e argilominerais cauliníticos, apresentando capacidade de troca catiônica de 19,8 e.mg/100g de argila para a camada sub-superficial e pH por volta de 4,0.

Os valores de massa específica dos sólidos se situam em torno de $2,67 \text{ g/cm}^3$, a massa específica seca é da ordem de $1,60 \text{ g/cm}^3$, com índices de vazios de 0,70. A massa específica seca máxima obtida do ensaio proctor normal é de $1,90 \text{ g/cm}^3$ para uma umidade ótima de 13,3%.

Os coeficientes de permeabilidade estimados são da ordem de 10^{-3} cm/s . A mineralogia identificada e o índice de plasticidade determinado permitiram caracterizar as argilas presentes no solo como inativas.

No U.S.C. estes solos foram classificados como SC enquanto na Classificação H.R.B. se enquadraram no grupo A-2-6.

Devido à ausência de outro material para obtenção de areia para construção, estes solos são explotados com esta finalidade na região de Santa Cruz da Conceição.

g. Unidade Corumbatai (Cb)

De distribuição extensa em toda a porção oeste da área, principalmente à SW de Pirassununga e NW e SW de Leme, esta unidade pode apresentar espessuras menores que 2m ou variando entre 2m e 5m.

São solos nos quais predomina granulometricamente a fração argila (Figura 22) e apresentam uma composição rica em óxidos e quartzo, com argilominerais 1:1. Os valores de capacidade de troca catiônica descritos por OLIVEIRA *et alii* (1982) para a camada sub-superficial são da ordem de 10 e.mg/100g de argila e os valores de pH situam-se em torno de 4,0.

O índice de vazios pode variar de 0,45 a 0,95 para índices de plasticidade da ordem de 20% e limites de liquidez máximos de 53%. A massa específica dos sólidos obtida é de $2,73 \text{ g/cm}^3$, a massa específica aparente seca de $1,50 \text{ g/cm}^3$, e a massa específica seca máxima obtida do ensaio de compactação proctor normal foi de $1,75 \text{ g/cm}^3$ para uma umidade ótima de 18,3%.

Os coeficientes de permeabilidade estimados variam entre 10^{-5} e 10^{-4} cm/s , as argilas presentes são inativas, e o coeficiente de compressão apresenta valores sempre inferiores à 0,65. O fenômeno de expansividade observado em taludes de corte durante os trabalhos de campo, se deve, segundo CAMPOS *et alii* (1987), ao alívio de tensões em zonas de microfissuramento.

Os valores de índice de resistência à penetração obtidos de sondagens de simples reconhecimento forneceram uma consistência de média a muito rija, aumentando com a profundidade.

No Sistema Unificado de Classificação dos Solos os materiais se enquadram no grupo CL, enquanto na Classificação H.R.B. foram incluídos no grupo A-7.

h. Unidade Irati (It)

Identificada na área em estudo nas porções NW (a sul de Pirassununga) e SE (nas proximidades de Ibicatu), esta unidade apresenta dois intervalos de espessura : menor que 2m e de 2m a 5 m.

Granulometricamente, são argilas arenosas (Figura 23) compostas essencialmente por quartzo e opacos, apresentando subordinadamente carbonatos e argilominerais cauliniticos. OLIVEIRA *et alii* (1982) apresenta para esta unidade CTC de 6,2 e mg/100g de argila para a camada sub-superficial e pH de 6,0.

Os valores de massa específica dos sólidos variam entre $2,85$ e $3,00 \text{ g/cm}^3$, a massa específica aparente seca é da ordem de $1,30 \text{ g/cm}^3$, fornecendo uma massa específica seca máxima de $1,60 \text{ g/cm}^3$ com umidade ótima de 16,7%. O índice de vazios apresenta valores entre 1,00 e 1,20.

O limite de liquidez máximo é de 44% e o índice de plasticidade se encontra, em média, em torno de 15%, fornecendo um coeficiente de compressão estimado em torno de 0,20. As informações obtidas a partir de sondagens de simples reconhecimento indicam uma consistência variando de mole a média.

Os coeficientes de permeabilidade estimados situam-se entre 10^{-5} e 10^{-4} cm/s; as análises relativas à atividade das argilas indicam presença de argilas inativas.

A classificação do solo permitiu a sua inclusão no grupo CL do SUCS e no grupo A-6 do Sistema de Classificação H.R.B.

i. Unidade Tatui (Ta)

Presentes principalmente na porção NE da Folha de Leme, os produtos residuais da Formação Tatui são os materiais presentes nas regiões mais aplainadas e rebaixadas da área apresentando duas classes de espessura : menor que 2m e 2 - 5m.

Em termos granulométricos são areias argilosas (Figura 24) compostas predominantemente por quartzo e opacos, apresentando, segundo OLIVEIRA *et alii* (1982), capacidade de troca catiônica de 7,8 e.mg/100g de argila para a camada sub-superficial e pH em torno de 4,0.

Os ensaios laboratoriais permitiram definir valores de $2,70 \text{ g/cm}^3$ para massa específica dos sólidos e $1,62 \text{ g/cm}^3$ para massa específica aparente seca. A massa específica seca máxima, calculada através do ensaio proctor normal, foi de $1,90 \text{ g/cm}^3$ para uma umidade ótima de 12%.

As estimativas de coeficiente de permeabilidade foram de 10^{-4} cm/s. As análises de plasticidade e composição mineralógica indicam a presença de argilas inativas.

A classificação, efetuada a partir das características de granulometria a limites de Atterberg, destes solos permitiu incluí-los no grupo SC do SUCS e no grupo A-2-6 da Classificação H.R.B.

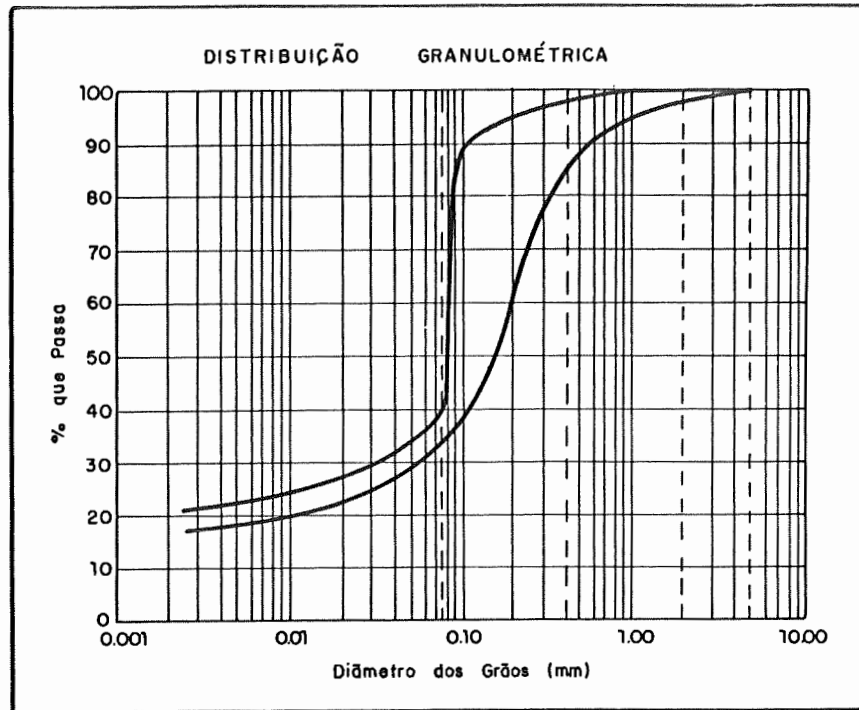


Figura 16 - Distr. Granulométrica - Unidade Arenosa Aluvial

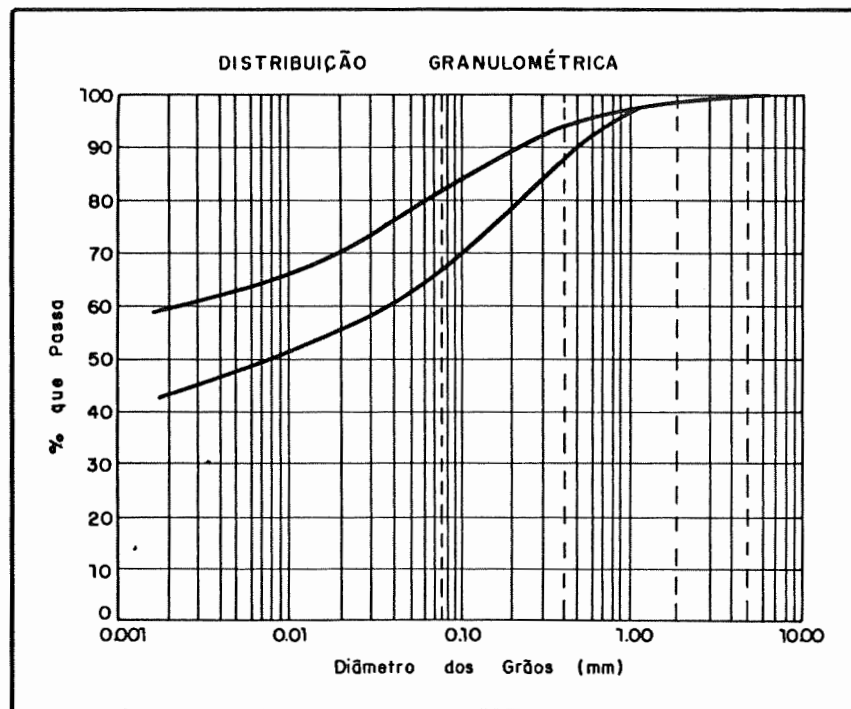


Figura 17 - Distr. Granulométrica - Unidade Argilosa de Rampa

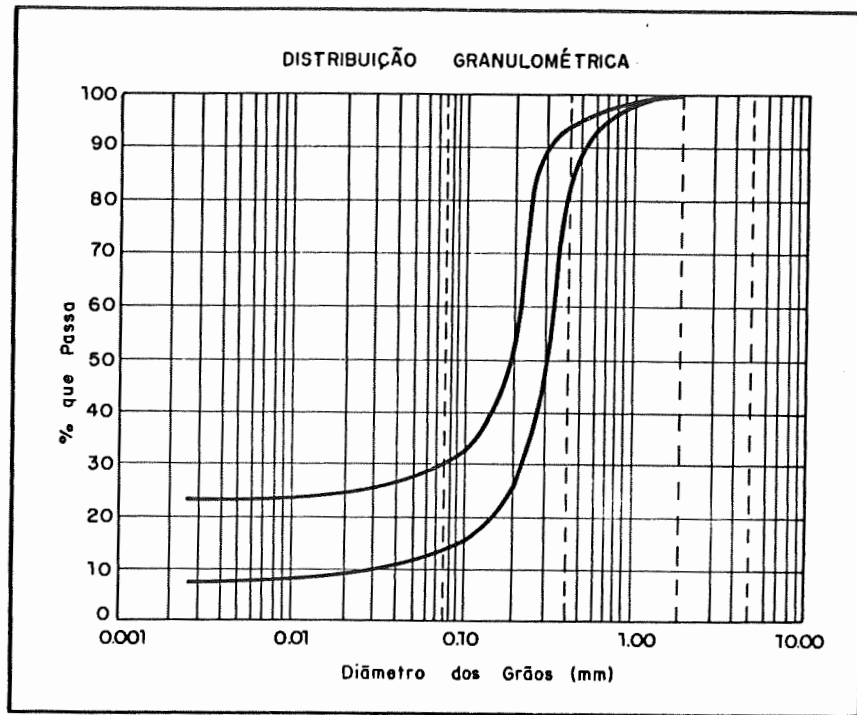


Figura 18 - Distr. Granulométrica - Unidade Arenosa Coluvionar

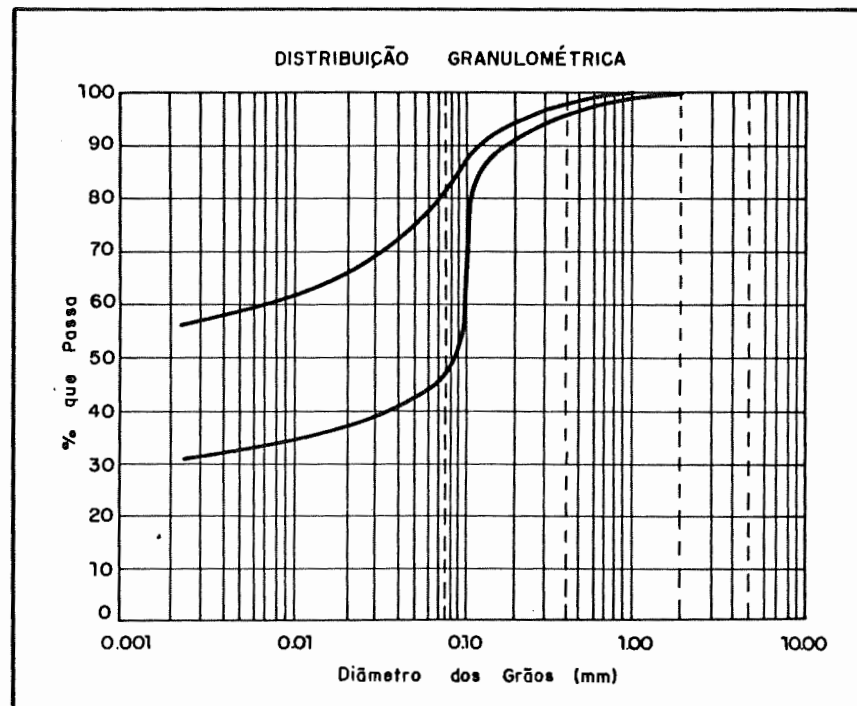


Figura 19 - Distr. Granulométrica - Unidade Magmatitos

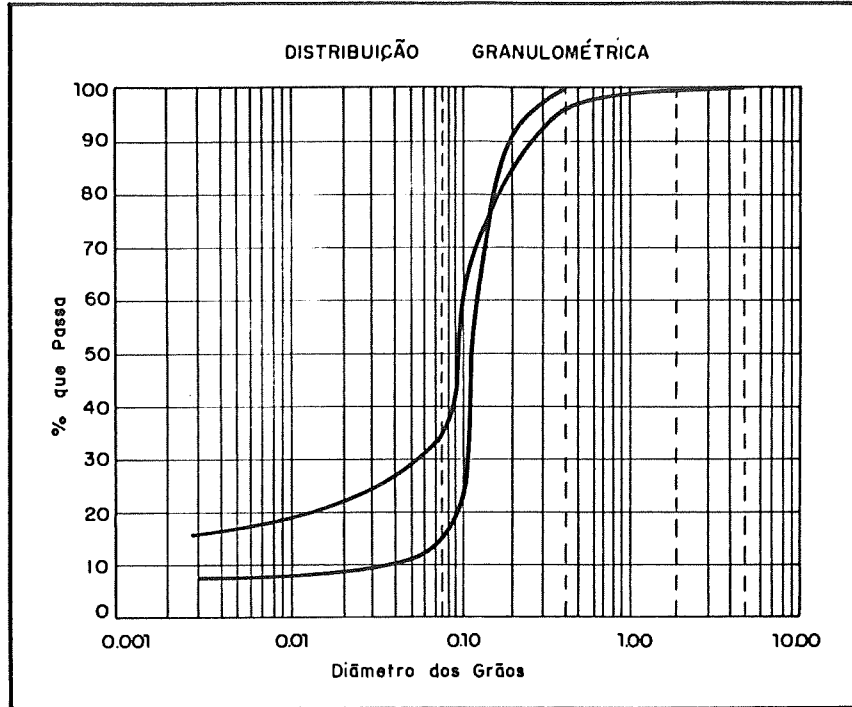


Figura 20 - Distr. Granulométrica - Unidade Botucatu

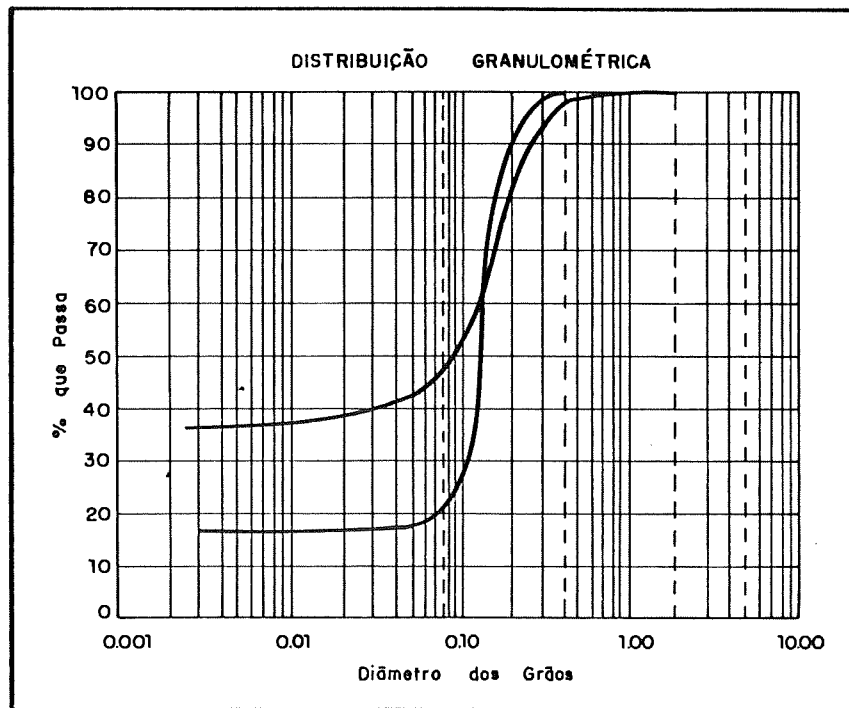


Figura 21 - Distr. Granulométrica - Unidade Pirambóia

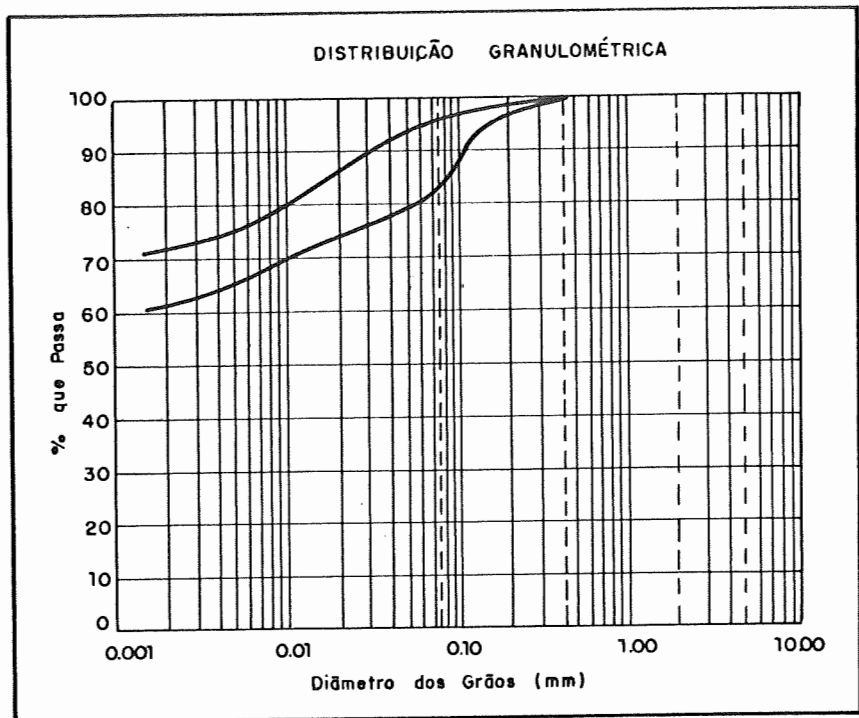


Figura 22 - Distr. Granulométrica - Unidade Corumbataí

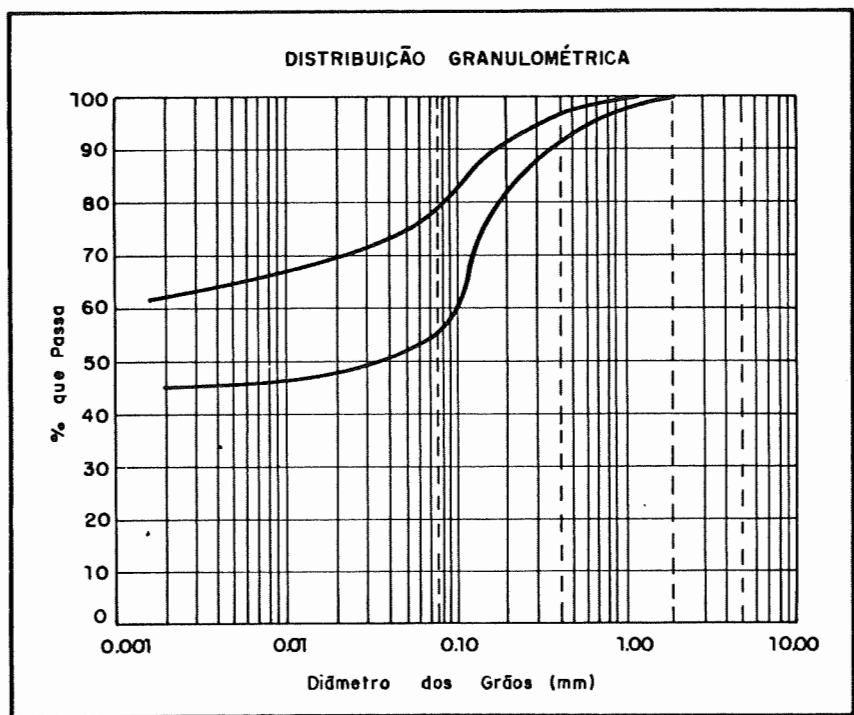


Figura 23 - Distr. Granulométrica - Unidade Irati

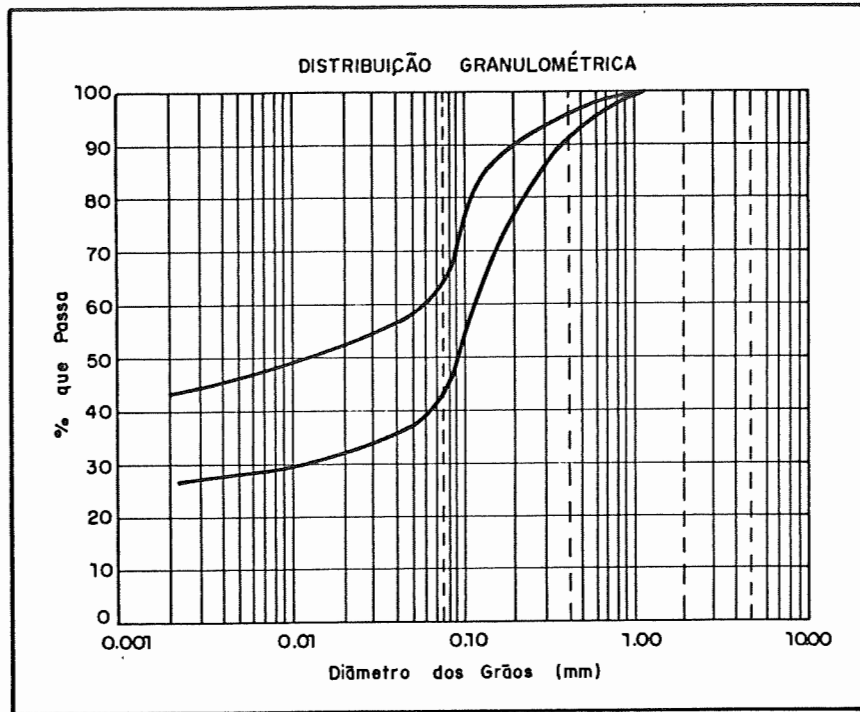


Figura 24 - Distr. Granulométrica - Unidade Tatuf

5.4 Hidrologia

5.4.1 *Superficial*

De forma geral, as drenagens presentes na área pertencem todas a Bacia do Moji-Guaçu, englobando quatro sub-bacias delimitadas no Mapa de Águas Superficiais (Anexo 04) : do Córrego do Roldão (Ro), do Ribeirão do Meio (Me), do Ribeirão do Roque (Rq) e do Córrego da Laranja Azêda (La).

A rede de drenagem apresenta quatro padrões de orientação típicos de acordo com a ordem da drenagem. As drenagens de primeira ordem apresentam uma orientação tipicamente S-N, as de segunda e terceira ordem apresentam orientações SW-NE, os cursos d'água de ordens superiores (afluentes diretos do Moji-Guaçu) orientam-se segundo W-E, e a drenagem principal (Rio Moji-Guaçu) apresenta orientação SE-NW, compatível com outros rios de igual porte de bacias próximas tais como Tietê, Jaguari, Piracicaba, Jaguari-Mirim e Pardo.

A orientação das drenagens de segunda e terceira ordem, bem como a do Rio Moji-Guaçu, bastante próximas das direções dos falhamentos presentes na área, parecem indicar um comportamento tipicamente subsequente. Para as drenagens de ordem superior à terceira, esta orientação indica um comportamento consequente.

O padrão de drenagem dendrítico é o dominante para as drenagens de ordem inferior à quarta, para as demais, este padrão apresenta um comportamento mais retilíneo.

Dois aspectos importantes que também são representados no Mapa de Águas Superficiais são a presença de áreas inundáveis e a delimitação de regiões de nascentes em locais que apresentam materiais inconsolidados suscetíveis à erosão ou cuja ocupação agrícola intensa possa provocar a contaminação das nascentes por defensivos agrícolas.

Uma observação importante com respeito às drenagens presentes na área é a quase total ausência de mata ciliar, fenômeno decorrente de uma ocupação agrícola que se estende até as proximidades dos corpos d'água (as vezes não mais que 1m).

5.4.2 Subterrânea

Com relação a águas subterrâneas, a área em estudo não apresenta aquífero em boas condições de explotabilidade, seja com relação à qualidade das águas ou à magnitude dos reservatórios.

Este fato, que pode ser verificado em DAEE (1979), DAEE (1981) e nos trabalhos realizados pelos SAAE de Pirassununga e Leme, faz com que não se tenha obtido informações suficientes para a elaboração de um Mapa de Águas Subterrâneas.

Um aspecto apenas, com relação ao comportamento das águas subterrâneas na área, é digno de nota. Os sedimentos arenosos cenozóicos que ocorrem na região NE da área podem apresentar, quando sobrepostos a algum material pouco permeável, boas condições de concentração em aquíferos rasos, fato que se evidencia pela presença, em várias fazendas da região, de cisternas onde se obtêm água em profundidades inferiores a 15m. Como até o momento não existem estudos a respeito da explotabilidade deste aquífero não é possível se fazer observações acerca do mesmo.

5.5 Declividade

Um aspecto que se reveste de grande importância em vários tipos de análises de adequabilidade em mapeamento geotécnico é a declividade dos terrenos, normalmente medida em termos de percentagem de inclinação.

O levantamento destas informações pode se dar de três maneiras : (1) a partir do *Método do Gabarito*, descrito por DE BIASI (1970), (2) através de estimativas baseadas na contagem de curvas de nível presentes nos intervalos de uma malha regular e (3) a partir de modelos digitais do terreno através do uso de programas de computador (TATIZANA e YAMAMOTO, 1988).

Como o método de contagem de curvas de nível pode apresentar algumas imprecisões em função da definição da malha utilizada e o método que se utiliza de modelos digitais do terreno carece de sistemas específicos de aquisição de dados, optou-se pela utilização do método do espaçamento de curvas de nível (método do gabarito).

As classes de declividade consideradas, propostas por ZUQUETTE (1987) para trabalhos em escala regional, foram : < 2%, 2 - 5%, 5 - 10%, 10 - 20% e > 20%. O zoneamento final da área em termos de declividades, bem como o sentido da pendência, é apresentado na Carta de Declividades (Anexo 05).

5.6 Cartas Interpretativas

5.6.1 *Aplicabilidade*

A adoção, por parte de ZUQUETTE (1987), das cartas interpretativas como forma final de apresentação dos resultados de um trabalho de mapeamento geotécnico se deve à praticidade que as mesmas podem apresentar em termos de consulta.

A utilização de classes de adequabilidade com as denominações "adequada", "razoável" e "inadequada", longe de ser uma caracterização subjetiva e incompleta, na verdade alerta o usuário potencial destas cartas para aspectos do meio físico considerados importantes para a aptidão avaliada.

As dificuldades porém de aquisição de dados para um trabalho de caráter regional (notadamente no que diz respeito à zona rural) fazem com que os resultados finais (cartas interpretativas) possam apresentar algumas imprecisões. Mesmo assim estas cartas podem ser de grande valia desde que o usuário compreenda que as mesmas não substituem, em nenhuma hipótese, os procedimentos de investigação local, necessários à qualquer projeto de engenharia civil.

5.6.2 Adequabilidades Consideradas

Erodibilidade (Anexo 06)

O zoneamento da área em estudo em termos de susceptibilidade à erosão apresenta, segundo a proposta metodológica de ZUQUETTE (*op.cit.*), três classes : Alta, Média e Baixa erodibilidade.

Esta divisão da área evidenciou o predomínio das áreas cobertas por materiais inconsolidados retrabalhados na categoria com alta erodibilidade, enquanto os materiais residuais apresentam sempre áreas com erodibilidades média e baixa.

Alta Erodibilidade : predomina nas áreas de ocorrência dos materiais retrabalhados arenosos e soltos (Unidade Arenosa Aluvial e Unidade Arenosa Coluvionar), condicionada essencialmente pela natureza arenosa dos materiais, encostas convexas com extensão superior à 500m e ocupação caracterizada por culturas anuais e semi-permanentes.

Erodibilidade Média : caracterizada basicamente nas áreas de ocorrência de materiais residuais arenosos (Unidade Pirambóia e Unidade Tatui) e retrabalhados argilosos (Unidade Argilosa de Rampa); está associada normalmente à encostas convexas de média a grande extensão (200 a 700m) e presença de culturas anuais e semi-permanentes.

Baixa Erodibilidade : relacionada à materiais residuais argilosos (Unidades Magmatitos, Corumbatai e Irati) e à materiais arenosos com cimentação reliquiar (Unidade Botucatu), esta classe apesar de possuir as maiores declividades que ocorrem na área apresenta baixa susceptibilidade à erosão devido à alta coerência de seus materiais. São áreas de vertentes normalmente côncavas, que podem apresentar ocupação tanto por culturas anuais como semi-permanentes.

Escavabilidade (Anexo 07)

As condições dos materiais presentes na área em termos de escavabilidade são, de maneira geral, boas. As dificuldades expressas na carta na forma de unidades inadequadas estão normalmente associadas a locais com espessuras de materiais inconsolidados inferiores à 2m. O resultado das análises para esta adequabilidade permitiu a apresentação de três classes descritas a seguir.

Adequada : reúne os materiais que apresentam espessuras superiores à 5m, declividades inferiores à 10% e profundidade do NA maiores que 5m.

Razoável : locais que apresentam materiais inconsolidados com espessuras entre 2 e 5m, declividades entre 10 e 20%, e NA entre 2 e 5m.

Inadequada : espessuras de materiais inconsolidado ou profundidade do NA menores que 2m, altas declividades (maiores que 20%), ou espessura de materiais inconsolidados entre 2 e 5m sobrepostos a substrato de difícil escavação.

Deposição de Rejeitos Sépticos (Anexo 08)

Para a finalidade "deposição de rejeitos sépticos" considera-se apenas as possibilidades de utilização de fossas e tanques sépticos e de aterros sanitários e apenas resíduos considerados "não perigosos", (excluindo-se resíduos hospitalares, radioativos e industriais de grande risco).

Devido aos riscos de poluição de aquíferos e mananciais, o controle dos atributos considerados é bastante rígido o que torna bastante difícil a identificação de áreas consideradas adequadas. A análise das condições reinantes na área em estudo permitiu a definição de duas classes apenas.

Razoável : engloba as áreas que apresentem NA e substrato em profundidades superiores à 5m, CTC maior que 5,0 e.mg/100g de argila, declividades entre 2 e 10% e coeficientes de permeabilidade entre 10^{-9} e 10^{-5} cm/s. Apesar de terem sido classificadas, segundo a proposta metodológica utilizada, como áreas "razoáveis" estas regiões podem vir a ser utilizadas desde que sejam adotadas medidas corretivas tais como a impermeabilização da base e das laterais do aterro e a aplicação de drenagem horizontal.

Inadequadas : ocupando quase a totalidade da área estudada esta classe inclui unidades que apresentam pelo menos uma restrição muito séria para a deposição de rejeitos sépticos. Esta restrição pode ser relativa à declividade, profundidade do substrato ou do NA ou permeabilidade dos materiais inconsolidados.

Materiais de Construção (Anexo 09)

A carta para materiais de construção deve apresentar as possibilidades de utilização de materiais que já se encontrem em exploração na área e delimitar áreas potenciais para tal finalidade.

Neste sentido, deve-se documentar nesta carta as áreas de ocorrência destes materiais, com uma descrição de suas características e propriedades, sejam eles materiais rochosos ou inconsolidados.

Na categoria de materiais rochosos, a área em questão apresenta duas unidades litoestratigráficas passíveis de exploração:

- magmatitos básicos, que são aproveitados em predeiras nas proximidades de Leme e Pirassununga, apresentando boas condições de utilização também na região próxima à Usina Creciumal, podendo ser utilizados como agregado tanto para pavimento asfáltico como para concreto;

- siltitos da Formação Corumbatai, que apresentam resistência razoável quando se encontram em regiões de falhamentos, sendo utilizados para recobrimento de vias não pavimentadas na zona rural.

Os materiais inconsolidados utilizados na área como materiais de construção são basicamente agregados miudos (areias) e podem ser de três tipos :

- sedimentos aluviais, explotados principalmente na planície de inundação do Rio Moji-Guaçu;

- solos arenosos derivados de litotipos da Formação Pirambóia, explotados nas proximidades de Santa Cruz da Conceição;

- solos arenosos derivados da Formação Botucatu, que apesar de apresentarem pequena espessura, reúnem excelentes qualidades como material de construção.

Estabilidade de Taludes (Anexo 10)

Nesta carta, são apresentadas as condições do meio físico de interesse para a estabilidade dos terrenos, considerando-se : características dos materiais, suas condições morfológicas, hidrológicas e estruturais, condições climáticas locais, cobertura vegetal e ação humana.

As unidades são divididas em três categorias de acordo com o conjunto dos fatores acima descritos e sua tendência de comportamento : (1) áreas estáveis, (2) áreas preliminarmente estáveis, e (3) áreas potencialmente instáveis. Na área em estudo, pode-se reconhecer uma nítida predominância das áreas estáveis e a ausência de áreas consideradas potencialmente instáveis.

Áreas Estáveis : são áreas que mesmo quando sujeitas à intensa ação modificadora humana preservam suas características de estabilidade.

Áreas Preliminarmente Estáveis : áreas onde se deve proceder uma ocupação cuidadosa no sentido de não induzir os movimentos de materiais. Na área em estudo, há três tipos de unidades de materiais que podem ser assim classificados :

- áreas recobertas pela Unidade Corumbatai, que apresentam tendência de abatimento natural de taludes por microfissuramento podendo comprometer obras de drenagem de obras viárias;

- áreas recobertas pela Unidade Arenosa Aluvial, que apresenta depósitos altamente incoerentes, associados, via de regra à locais de NA menor que 2m;

- áreas recobertas pela Unidade Arenosa Coluvionar, devido à alta incoerência de seus depósitos e à tendência de fluxo de matéria em locais com declividade superior à 5%.

Obras Enterradas (Anexo 11)

Entendendo-se como obras enterradas todas aquelas que apresentam contato, pelo menos parcial, com os materiais rochosos ou inconsolidados, é possível promover o zoneamento de certa área com relação à sua aptidão a instalação de tais obras.

Dentre os atributos relacionados por ZUQUETTE (1987) para estabelecer tal zoneamento, não são considerados, no presente trabalho, aqueles ligados à qualidade das águas subterrâneas, uma vez que na área em estudo não existem informações suficientes. Desta forma, é importante que se veja este documento como uma tentativa de, estabelecer um zoneamento preliminar da área, tendo-se por base as poucas informações disponíveis.

Tal análise, que levou em consideração os atributos profundidade do substrato, natureza dos materiais inconsolidados e do substrato e aspectos particulares dos materiais inconsolidados, tais como expansibilidade e compressibilidade, permitiu a divisão da área em três classes :

Adequada : unidades que apresentam profundidade do substrato maior que 2m, materiais do substrato com boa resistência e profundidade do NA superior a 5m.

Razoável : áreas com pequena espessura de materiais inconsolidados e materiais do substrato com boa resistência.

Inadequada : regiões com pequena espessura de materiais inconsolidados (< 2m) e que apresentam substrato com características impróprias à instalação de obras enterradas. Compreende as áreas nas quais os siltitos e argilitos da Formação Corumbatai estão recobertos por espessuras de materiais inconsolidados menores que 2m, principalmente devido à tendência de microfissuramento por alívio de tensões que estas rochas apresentam quando expostas (principalmente durante o período chuvoso).

Obras Viárias (Anexo 12)

Esta carta tem como objetivo definir as unidades mais adequadas para traçado e implantação de obras viárias, a partir das condições de escavabilidade, estabilidade dos terrenos, e características dos materiais usados para empréstimo ou suporte.

A caracterização da adequabilidade das unidades para esta finalidade está associada ao tipo e número de atributos considerados limitantes. A representação adotada por ZUQUETTE (1987) contempla seis categorias : (1) áreas que apresentam três ou mais atributos desfavoráveis, porém contornáveis tecnicamente, com exceção da declividade; (2) áreas com dois atributos desfavoráveis, contornáveis tecnicamente, com exceção da declividade; (3) áreas com um atributo desfavorável, com exceção da declividade; (4) áreas com declividade desfavorável; (5) áreas com presença de camadas compressíveis ou expansivas e (6) áreas favoráveis.

Na área em questão, pode-se perceber o predomínio de áreas com dois atributos desfavoráveis; as áreas com declividade desfavorável são em pequeno número, como decorrência do fato da região estudada apresentar um predomínio marcante de baixas declividades.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A aplicação da proposta metodológica de ZUQUETTE (1987) proporcionou, na escala adotada, um bom resultado em termos de divisão da área estudada em unidades geotécnicas, possibilitando a elaboração de cartas temáticas que podem ser de grande utilidade para os usuários futuros.

Porém, algumas observações podem ser feitas no sentido de facilitar o processo lógico de aplicação da proposta metodológica :

- a escala adotada para trabalhos de expressão regional deveria contemplar limites administrativos (municípios) ou fisiográficos (bacias de drenagem), facilitando a obtenção dos dados e fornecendo uma visão localizada do problema;

- os atributos utilizados na confecção das cartas interpretativas deveriam ser melhor hierarquizados, priorizando-se os mesmos de acordo com as peculiaridades das áreas estudadas. Quando se considera estabilidade de taludes por exemplo, a declividade pode ser o atributo primordial quando se analisa terrenos sedimentares, enquanto em terrenos metamórficos o estado de alteração das rochas pode ter papel preponderante;

- a Carta para Fundações deveria ser aplicada somente à trabalhos de grande escala (> 1:25.000), que avaliassem áreas urbanas ou de expansão urbana;

- a elaboração da Carta para Irrigação necessita de um volume de informações e conhecimentos que só é possível quando o trabalho é conduzido por uma equipe multi-disciplinar.

A proposta de utilização das características de forma das vertentes com a finalidade de identificar condições diferenciadas de morfogênese e pedogênese e, conseqüentemente, geotécnicas, mostrou-se útil em alguns aspectos e para um grupo das variáveis consideradas, a saber :

- alguns dos parâmetros testados apresentaram resultados não representativos das unidades estudadas, provavelmente por se tratar de variáveis derivadas de outras, nesta situação encontram-se as variáveis Comprimento Retilíneo (LR), Comprimento da Superfície (LS), Índice de Intensidade (I), e Índice de Retilicidade (IR);

- as variáveis CL (Coeficiente de Comprimento), α_{med} (Ângulo Médio), α_{med}^p (Ângulo Médio Ponderado) e IF (Índice de Forma) não apresentaram, no presente trabalho, bons resultados em termos de diferenciação de unidades;

- a análise efetuada em termos de "Tipo" da vertente (baseada unicamente nos Coeficientes de Comprimento e Intensidade) apresentou o mesmo resultado para todas as unidades, fato este que pode ter duas explicações : (1) a utilização de CL e CI para esta caracterização não é adequada; (2) as vertentes apresentam uma tendência regional de evolução que fornece resultados similares;

- algumas das variáveis utilizadas refletiram aspectos esperados da evolução das vertentes; os parâmetros L (Extensão) e H (Amplitude) apresentaram maiores valores para vertentes com maior espessura de materiais inconsolidados; a variável α_{max} (Ângulo Máximo) apresentou maiores valores para unidades com espessuras de materiais inconsolidados menores que 2m;

- para diferenciação de classes de espessura numa mesma unidade de materiais inconsolidados, as variáveis CI (Coeficiente de Intensidade) e ID (Índice de Ruptura de Declive) foram de grande utilidade;

- a comparação das vertentes estudadas com os modelos de YOUNG (1972) mostrou um comportamento muito parecido entre as vertentes esculpidas em materiais residuais e o Modelo C, enquanto as vertentes que evoluíram em unidades retrabalhadas se aproximam do Modelo B;

- parte das dificuldades encontradas na análise de forma das vertentes provavelmente se deve ao fato da mesma ter sido efetuada à duas dimensões; sugere-se, para trabalhos futuros, a consideração das três dimensões da vertente.

Com relação à área estudada e sua caracterização em termos das adequabilidades avaliadas, alguns aspectos merecem destaque :

- os problemas já existentes e o potencial de erosão da Unidade Arenosa Coluvionar indicam a necessidade de um manejo muito cuidadoso com a mesma, especialmente no que diz respeito à atividade agrícola;

- o fenômeno de expansão, decorrente de microfissuramento, apresentado pela Unidade Corumbatai, exige um cuidado especial com taludes de corte;

- as análises relacionadas à deposição de rejeitos sépticos indicam a possibilidade de uso de certas unidades para tal finalidade, desde que sejam adotadas soluções técnicas que permitam seu aproveitamento, como por exemplo a instalação de drenos e a impermeabilização da base do aterro;

- finalmente os pontos de ocorrência de sedimentos orgânicos (turfas) na planície de inundação do Rio Moji-Guaçu devem ser evitados em projetos de engenharia civil, especialmente os de obras viárias.

7 - BIBLIOGRAFIA

- AGUIAR, R.L. Mapeamento Geotécnico da Área de Expansão Urbana de São Carlos - SP. São Carlos - SP, EESC/USP, Dissertação de Mestrado, 1987. 2 V., 127 p.
- ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. São Paulo - SP, Boletim do Instituto Geográfico - Número Especial - Geologia do Estado de São Paulo, 1964. (41) : 167-262.
- ALMEIDA, F.F.M. Mapa Geológico do Estado de São Paulo - Escala 1:500.000. São Paulo - SP, DMGA - IPT, Publicação N° 1184, Série Monografias N° 6, 1981. 2 V., 126 p.
- AVILA, I.G.; IWASA, O.Y.; PRANDINI, F.L.; FORNASARI FILHO, N. e PONÇANO, W.L. 1981) Algumas Características Geológicas e Geotécnicas dos Depósitos Coluvionares do Estado de São Paulo. 3º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Itapema - SC, ABGE, 1981, V. 3, p. 19-31.
- AVILA, I.G.; MORETTI, R.S.; NAGAZAWA, V.A.; PEDROSA, J.A.B.A. e PRANDINI, F.L. Carta Geotécnica da Grande São Paulo. São Paulo - SP, IPT, Comunicação Técnica N° 358, Publicação N° 1618, 1985. 13 p.
- BIGARELLA, J.J. e MOUSINHO, M.R. Considerações a Respeito dos Terraços Fluviais, Rampas de Colúvios e Várzeas. Boletim Paranaense de Geografia, (16-17) : 153-198, 1965.
- CABRAL, S. Mapeamento Geológico-Geotécnico da Baixada de Jacarepaguá e Encostas Adjascentes. Rio de Janeiro - RJ, UFRJ, Dissertação de Mestrado, 1979. 153 p.
- CABRAL, S.; BARROSO, J.A. e TEIXEIRA, H.A.S. Nota sobre o Mapeamento Geotécnico da Baixada de Jacarepaguá e Maciços Circunvizinhos. XXIX Congresso Brasileiro de Geologia. Ouro Preto - MG, SBG, Resumo dos Trabalhos, 1976, p. 81-82.

- CAMPOS, J.O.; FRAZÃO, E.B.; FULFARO, J.V.; NOBREGA, C.; VILLAR, O.M. e BORTOLUCCI, A.A. Formação Corumbataí - Caracterização geotécnica de suas propriedades : Os exemplos de Piracicaba e Rio Claro. 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo - SP, ABGE, 1987, V. 2, p. 163-178.
- CARVALHO, E.T. Carta Geotécnica de Ouro Preto. São Paulo - SP, Síntese de Tese N° 07, Publicação Especial da ABGE, 1987. 53 p.
- CETESB Controle da Poluição Ambiental. Legislação Estadual e Federal. Brasília - DF, Coletânea da Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico, 1986. 155 p.
- CETESB Legislação. Controle da Poluição Ambiental. Estado de São Paulo (Atualizado até Abril, 1988). São Paulo - SP, Publicação Especial da Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico, 1988a. 123 p.
- CETESB Legislação. Controle da Poluição Ambiental. Estado de São Paulo (Atualizado até Junho, 1988). São Paulo - SP, Publicação Especial da Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico, 1988b. 158 p.
- CHIOSSI, N. Impactos Ambientais e Sociais no Uso e Ocupação do Solo. 4º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Belo Horizonte - MG, ABGE, 1984, V. 2, p. 253-266.
- CONSTANZO JUNIOR, J.; VIRGILI, J.C. e MACIEL FILHO, C.L. Contribuição à Cartografia Geotécnica da Região de Santa Maria (RS). 2º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo - SP, ABGE, 1978, V. 1, p. 267-277.
- COTTAS, L.R. Estudos Geológico-Geotécnicos Aplicados ao Planejamento Urbano de Rio Claro - SP. São Paulo, IG/USP, Tese de Doutorado, 1983. 171 p.
- COULON, F.K. Mapeamento Geotécnico das Folhas de Morretes e Montenegro (Rio Grande do Sul - Brasil). Porto Alegre - RS, UFRS, Dissertação de Mestrado, 1973. 125 p.

- COULON, F.K. A Geologia e o Planejamento Urbano : Questões para Debate e/ou Reflexão. 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro - RJ, ABGE, 1976. V.3, p. 370-373.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo - SP, Edgard Blucher e EDUSP, São Paulo - SP, 1974. 150 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aspectos da Análise Sistêmica em Geografia. Geografia, 3 (6) : 1-31, 1978.
- CHRISTOFOLETTI, A. e TAVARES, A.C. Análise de Perfis de Vertentes Esculpidas em Rochas do Grupo Nova Lima (Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais). Notícia Geomorfológica, 16 (31) : 41-56, 1976.
- CHRISTOFOLETTI, A. e TAVARES, A.C. Análise de Vertentes : Caracterização e Correção dos Atributos do Sistema. Notícia Geomorfológica, 17 (34) : 65-83, 1977.
- DAEE Estudo da Qualidade das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo - SP, DAEE, 1979. 2 V., 205 p.
- DAEE Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa de Campinas. São Paulo - SP, DAEE, 1981. 2 V., 175 p.
- DE BIASI, M. Carta de Declividade de Vertentes : Confeccção e Utilização. Geomorfologia. 21 : 8-13, 1970.
- DERRAU, M. Précis de Géomorphologie. Paris, Masson et Cie., 1965. 738 p.
- FERRANTE, J.E. e GANDOLFI, N. Metodologia Fotointerpretativa de Estudos Básicos para um Planejamento Integrado. 4º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Belo Horizonte - MG, ABGE, 1984. V. 2, p. 227-239.
- FULFARO, J.V. O Cenozóico da Bacia do Paraná. 2º Simpósio Regional de Geologia. Rio Claro - SP, SBG, 1979. V.1., p. 231-241.

- GRANT, K. The P.U.C.E. Programme for Terrain Evaluation for Engineering Purposes. I. Principles. Melbourne, CSIRO, Division of Applied Geomechanics Technical Paper N° 15. 1975a. V. 1., 32 p.
- GRANT, K. The P.U.C.E. Programme for Terrain Evaluation for Engineering Purposes. II. Procedures for Terrain Classification. CSIRO, Division of Applied Geomechanics Technical Paper N° 19. 1975b. V. 2., 68 p.
- GREHS, S.A. A Importância do Geólogo no Estudo Preventivo de Escorregamentos, Deslizamentos e outros Aspectos Correlatos. XXI Congresso Brasileiro de Geologia. Curitiba - PR, SBG, 1967. 119-123.
- IBGE Mapa Topográfico : Folha de Leme (SF 23-Y-A-II-1). São Paulo - SP, IBGE, São Paulo - SP, Escala 1:50.000, 1971.
- IG Projeto Macro-Metrópole : 24 Mapas Topográficos. São Paulo - SP, Secretaria de Economia e Planejamento, Escala 1:10.000, 1979.
- INFANTI JUNIOR, N. Geologia de Planejamento : Escopo e Metodologia. 1° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro - RJ, ABGE, 1976, V. 3., p. 373-382.
- KAEFER, L.Q. Projeto Sapucaí : Relatório Final de Geologia. CPRM - Ministério de Minas e Energia. Série Geológica, Brasília - DF, Boletim N° 2, 1979. 299 p.
- LANDIM, P.M.B. et al Mapa Geológico do Estado de São Paulo : Folha de Campinas (SF 23-Y-A). Escala 1:250.000. Rio Claro - SP, DAEE-UNESP, 1982.
- LINO, G.L.S. ; BARROSO, J.A. e CABRAL, S. Subsídios Geológico-Geotécnicos para a Ordenação e Ocupação do Município de Petrópolis - RJ. 4° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Belo Horizonte - MG, ABGE, 1984. V. 2., p. 279-290.

- LOLLO, J.A. Mapeamento Geotécnico da Folha de Leme (1:50.000) : O Uso da Geomorfologia na Caracterização dos Limites das Unidades Geotécnicas. São Carlos - SP, EESC/USP, 1989. 98 p. (Seminário).
- LOLLO, J.A. Vertente : Um Aplicativo Computacional para Cálculo e Análise de Forma das Vertentes. 1990. (Inédito)
- MACIEL FILHO, C.L. Mapeamento Geotécnico e Planejamento da Ocupação Urbana de Santa Maria (RS). 2º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo - SP, ABGE, 1978. V. 1, p. 257-265.
- MATHEWSON, C.C. & FONT, R.G. Geologic Environment : Forgotten Aspect in the Land Use Planning Process. Geologic Environment. (25) : 23-28, 1973.
- MATULA, M. Recommended Symbols of Engineering Geological Mapping. Commission on Engineering Geological Mapping. BIAEG. (24) : 227-234, 1981a.
- MATULA, M. Rock and Soil Description and Classification for Engineering Geological Mapping. Commission on Engineering Geological Mapping. BIAEG. (24) : 235-274, 1981b.
- MELLO, M.H.A. Determinação da Largura Efetiva de Escoamento da Bacia do Rio Moji-Guaçu, Aplicação do Modelo Macneill & Serra. Boletim do Instituto Geológico de São Paulo. 6 (4) : 52 p, 1979.
- PONÇANO, W.L. e MELO, M.S. Gênese, Distribuição e Estratigrafia dos Depósitos Cenozóicos do Estado de São Paulo. São Paulo, DMGA-IPT. Publicação N° 1364, Série Monografias N° 9, 1983. 72 p.
- MERICO, L.F.K. A Estabilidade do Meio Morfodinâmico e sua Aplicação no Planejamento Ambiental. III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba - PR, 1987. V. 1, p. 3-9.

MERICO, L.F.K. Considerações Geomorfológicas de Interesse à Geotecnia. São Carlos - SP, EESC/USP, 1988, 25 p. (Seminário).

MIOTO, J.A. e CARLSTRON FILHO, C. Experiência Acumulada em Acumulada em Estudos Geológico-Geotécnicos para Estabilização de Taludes ao Longo do Trecho Ferroviário Gal. Luiz (RS) - Ponta Grossa (PR). 1º Parte : Elementos Gerais. Metodologia de Trabalho. 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, ABGE, 1976. V. 1., p. 306-330.

OLIVEIRA, J. Constituição da República Federativa do Brasil. São Paulo, Saraiva, 1989. 168 p.

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.; BARBIERI, J.L. ROTTA, C.L. e TREMOCOLDI, W. Levantamento Pedológico Semi - Detalhado do Estado de São Paulo : Quadrícula de Araras. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 180 p, 1982.

PEJON, O.J. Estudos Geológico-Geotécnicos da Região Urbana de Araraquara - SP. São Carlos, EESC/USP, Dissertação de Mestrado, 1987. 117 p.

PIRES NETO, A.G.; PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; e STEIN, D.P. Carta Geomorfológica dos Morros de Santos e São Vicente (SP). 2º Simpósio Regional de Geologia. Rio Claro - SP, SBG, 1979. 14-15.

PONÇANO, W.L. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, DMGA - IPT, Publicação N° 1183, Série Monografias N° 5, 1981. 2 V., 94 p.

PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, M.A. de; PIRES NETO, A.G. e ALMEIDA, F.F.M. O Conceito de Sistemas de Relevo Aplicado ao Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo. 2º Simpósio Regional de Geologia. Rio Claro - SP, SBG, 1979. 15-16.

PRANDINI, F.L. O Brasil e a Geologia de Planejamento Territorial e Urbano. 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, ABGE, 1976. V. 3., p. 354-370.

PRANDINI, F.L.; AVILA, I.G.; CONSTANZO JUNIOR, J.; CARLSTRON FILHO, C.; BOTTURA, J.A. e TEIXEIRA, A.L. Uma Carta Geotécnica dos Terrenos Adjacentes ao Canal do Rio Tietê, de Osasco a Guarulhos. 2º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE, 1978. V. 1., p. 281-296.

SANEJOUAND, R. La Cartographie Géotechnique en France. Paris, Laboratoire Central Ponts et Chaussées, 1972. 90 p.

SANTOS, A.R. Por menos Ensaios e Instrumentações e uma maior Observação da Natureza. 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, ABGE, 1976. V. 1., p. 177-185.

SAVIGEAR, R.A.G. Technique and Terminology in the Investigation of Slope Forms. Rio de Janeiro, Premier Rap. de la Commission pour le Etude des Versants, 1956. 66-75.

SCHEIDEGGER, A.E. Mathematical Models of Slope Development. Geological Society of America Bulletin, 72 : 37-50, 1961.

SEIGNEMARTIN, C.L. e FULFARO, Geologia de Áreas Urbanas : O Exemplo de Ribeirão Preto, SP. 3º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Itapema - SC, ABGE, 1981. V. 2., p. 398-408.

SEIGNEMARTIN, C.L.; MUZARDO, V.A.; XAVIER, J.A.P.; FERREIRA, S.M.; CERRI, L.E. e GERMANO, G. Mapeamento Geológico-Geotécnico preliminar do Município de Americana- SP. 2º Simpósio Regional de Geologia, Programa e Resumos. Rio Claro - SP, SBG, 1979. 18.

SETZER, J. Divisão Morfoclimática e Ecológica do Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto Geográfico Paulista, 1945. 45 p.

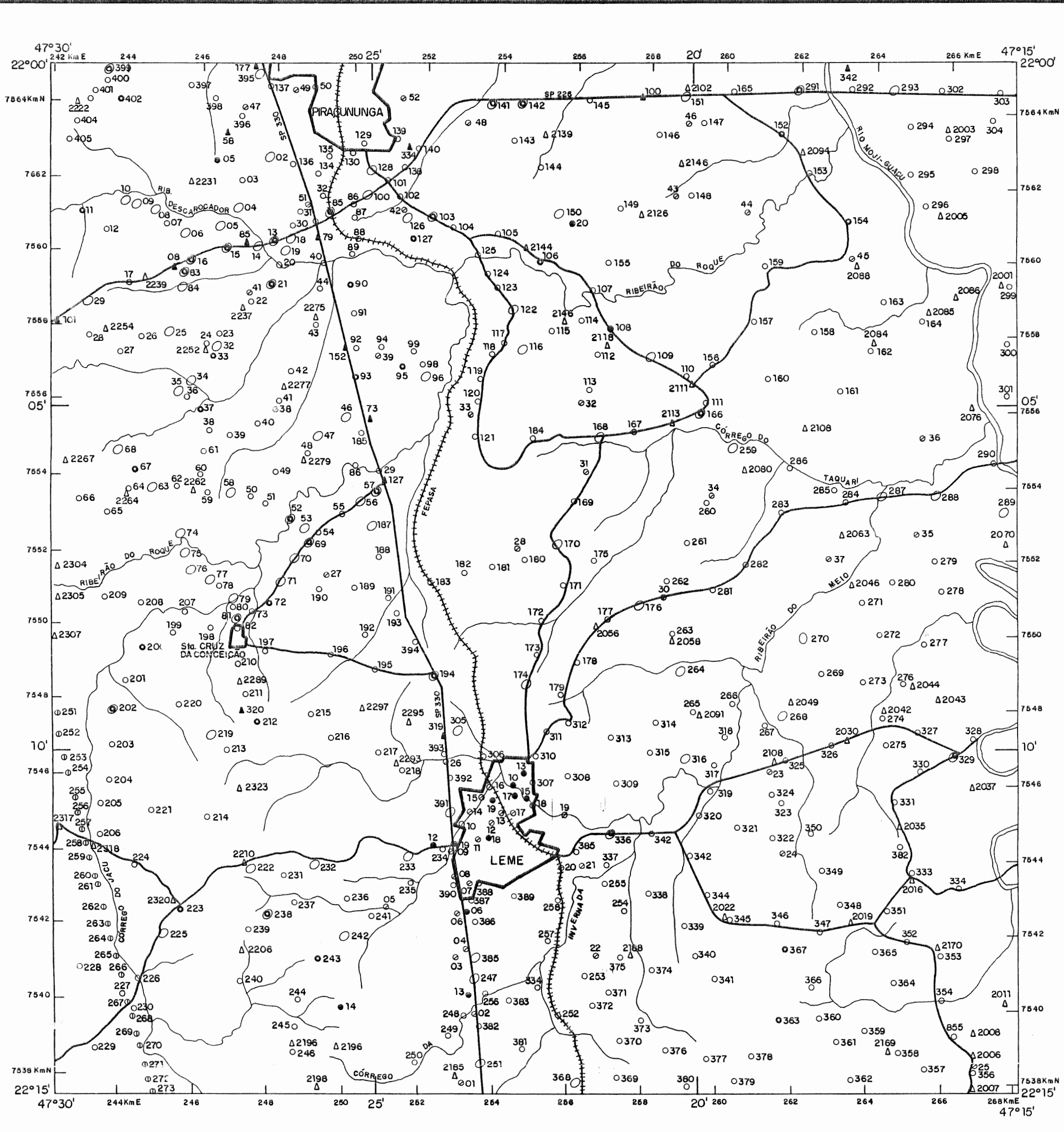
- SETZER, J. Atlas Climatológico e Ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná - Uruguai, 1966. 61 p.
- TATIZANA, C. e YAMAMOTO, J.K. Cartas de Declividade à partir de Modelos Digitais do Terreno. Simpósio Sobre Aplicações de Microcomputadores em Geotecnia. Rio Claro - SP, 1988. 405-415.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. Bulletin of The International Association of Engineering Geology, (38) : 133-142, 1988.
- TROECH, F.R. Landform Equations Fitted to Contour Maps. American Journal of Science, 263 : 616-627, 1965.
- UNESCO Engineering Geological Maps. A Guide for their Preparation. Paris - Commission on Engineering Geological Maps of International Association of Engineering Geology, Unesco Press, 78 p, 1976.
- ZARATIN, S. Considerações sobre a Aplicação dos Estudos de Fisiografia aos Planos de Desenvolvimento Urbano e Regional. 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, 1976. V. 3., p. 343-354.
- ZUQUETTE, L.V. Mapeamento Geotécnico Preliminar da Região de São Carlos. São Carlos - SP, EESC/USP, São Carlos - SP, Dissertação de Mestrado. 1981. 2 V., 86 p.
- ZUQUETTE, L.V. Mapeamento Geotécnico : Estado da Arte. São Carlos - SP, EESC/USP, 1985, 37 p. (Seminário).
- ZUQUETTE, L. V. Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras. São Carlos - SP, EESC/USP, Tese de Doutorado, 1987. 3.V, 673p.

ZUQUETTE, L.V. e GANDOLFI, N. Contribuição à Cartografia Geotécnica da Grande Cuiabá - MT. 4º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Belo Horizonte, ABGE, 1984. V. 2., p. 109-118.

YOUNG, A. Slope Profile Analysis. Zeitschrift fur Gemorphologie. Supplementband 5 : 17-27, 1964.

YOUNG, A. Slope Profile Analysis : The System of Best Units. in Slopes : forms and processes. London, Institut of British Geographers Special Publication, 1971.

YOUNG, A. Slopes. London, Oliver & Boyd, 1972. 251 p.



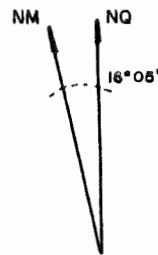
ANEXO 01 - MAPA DE DOCUMENTAÇÃO

LEGENDA

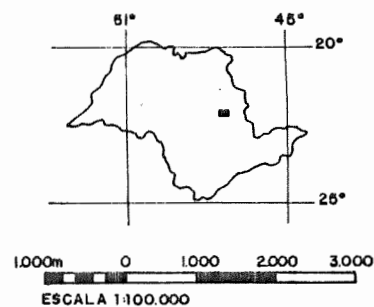
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS

CONVENÇÕES DA CARTA

- PONTO VISITADO
- PONTO DE AMOSTRAGEM
- AMOSTRA DEFORMADA
- AMOSTRA EM ANEL
- Δ CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA (IAC)
- ▲ CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA (DER)
- SONDAGENS E POÇOS
- SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO
- POÇOS PROFUNDOS
- ⊙ SONDAGEM TIPO BORRO



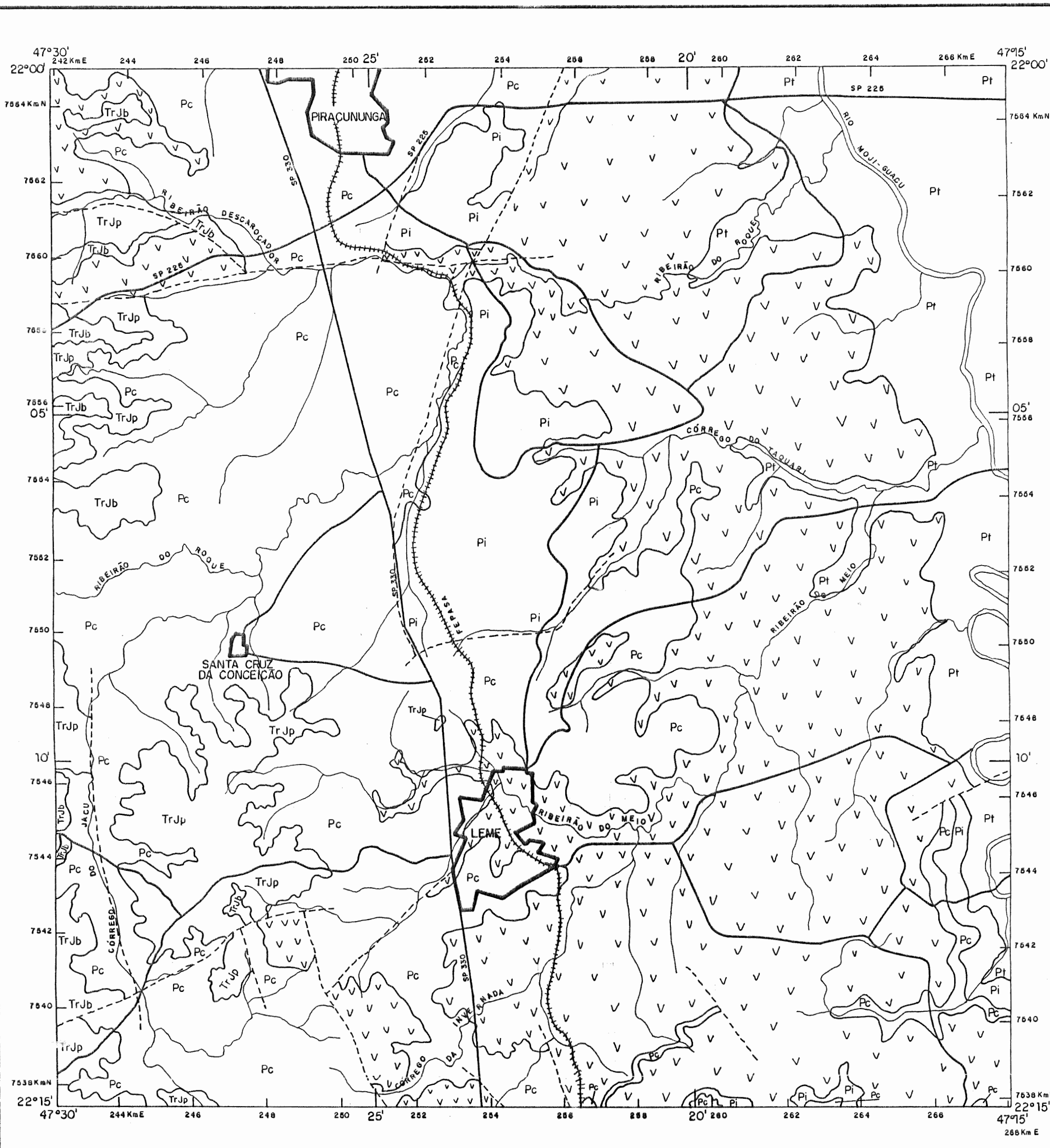
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPETINGA
RIO CLARO	ARARAS	CONGHAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



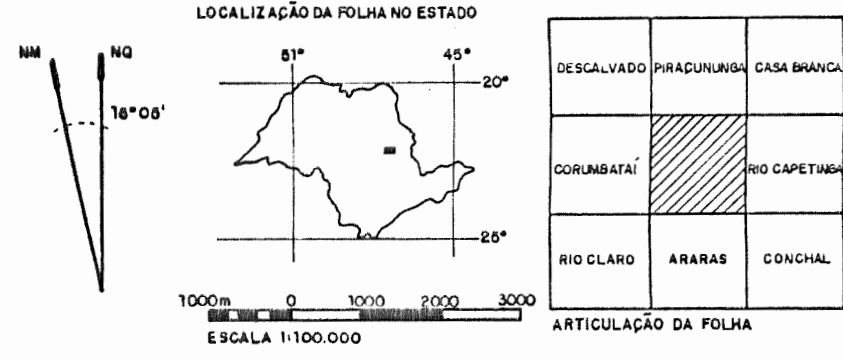
ANEXO 02 - MAPA DO SUBSTRATO GEOLÓGICO

LEGENDA

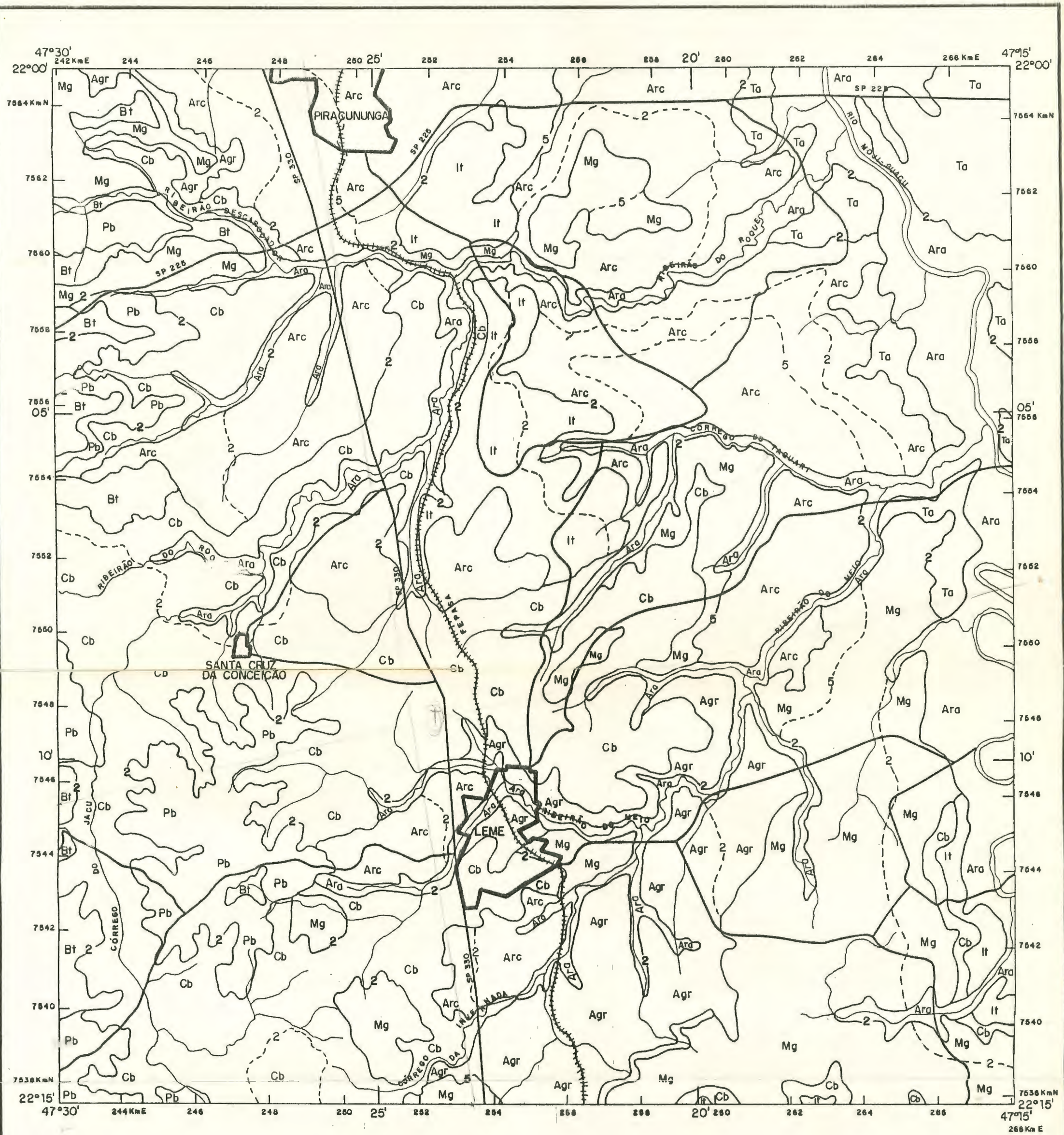
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- CONTATO
- FALHA

UNIDADES

- INTRUSIVAS BÁSICAS
- FORMAÇÃO BOTUCATU
- FORMAÇÃO PIRAMBÓIA
- FORMAÇÃO CORUMBATAÍ
- FORMAÇÃO IRATÍ
- FORMAÇÃO TATUI



MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



ANEXO 03 - MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

LEGENDA

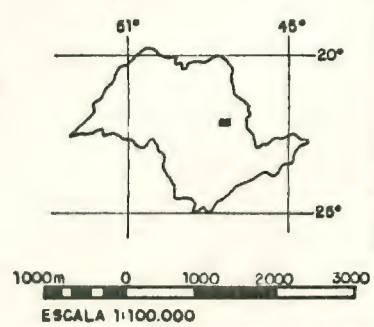
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITE ENTRE UNIDADES
- LIMITE ENTRE ESPESURAS
- LIMITE ENTRE UNIDADES E ESPESURAS

UNIDADE DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| Ara ARENOSA ALUVIAL | Pb PIRAMBÓIA |
| Agr ARGILOSA DE RAMPA | Cb CORUMBATAÍ |
| Arc ARENOSA COLUVIONAR | It IRATI |
| Mg MAGMATITOS | Ta TATUÍ |
| Bf BOTUCATU | |



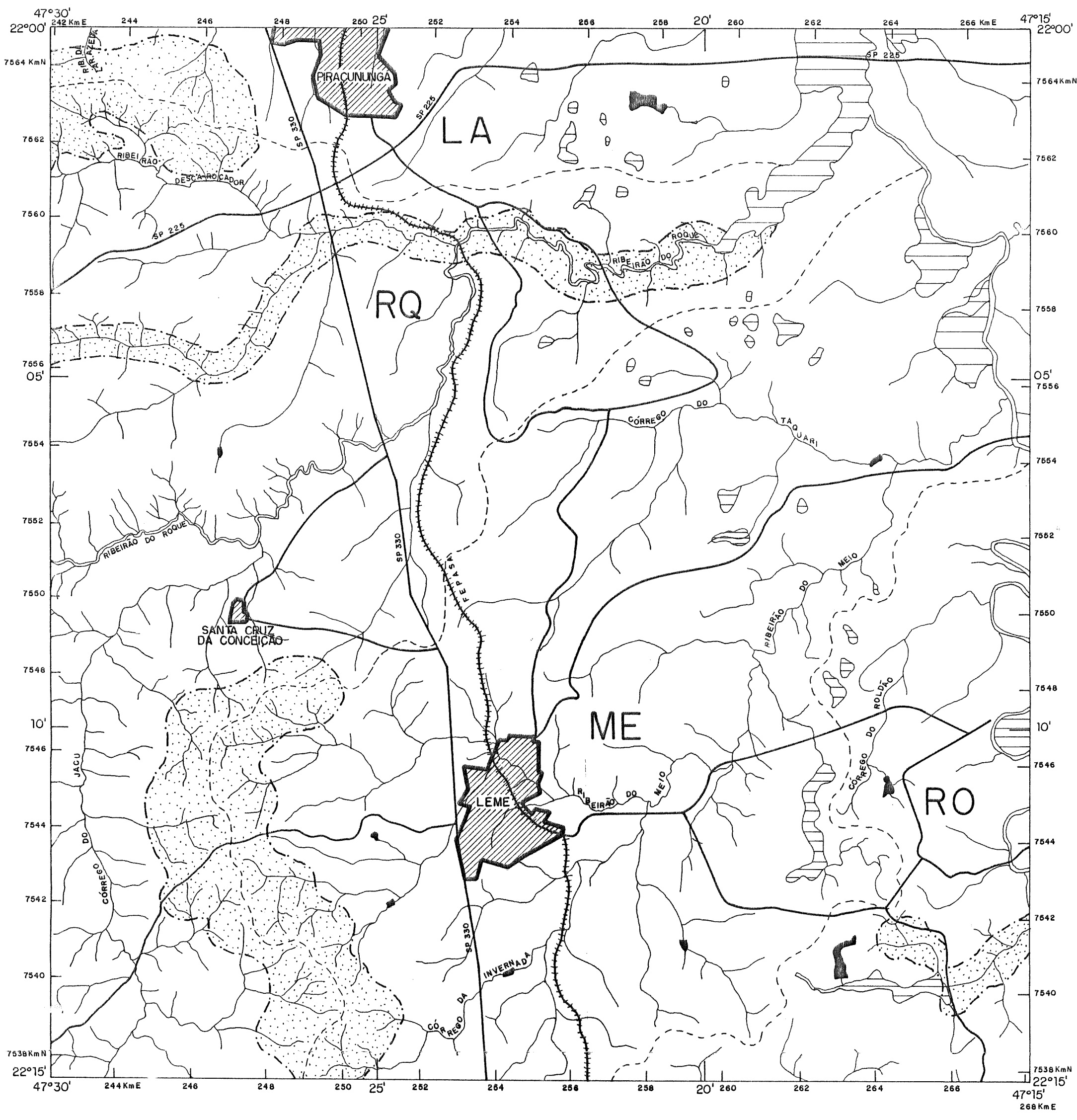
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPEATINGA
RIO CLARO	ARARAS	GONÇAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

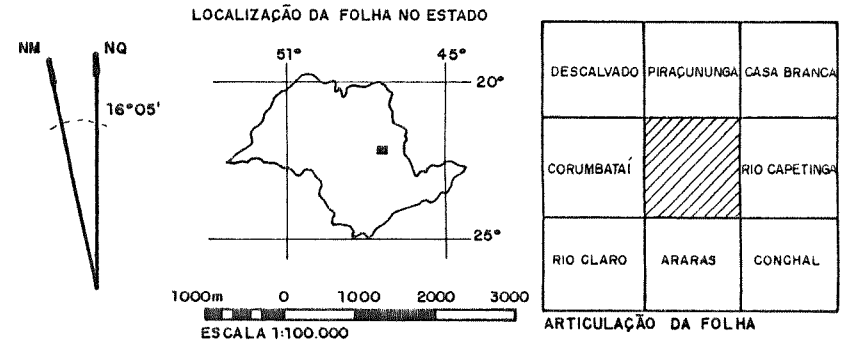
MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC/ USP



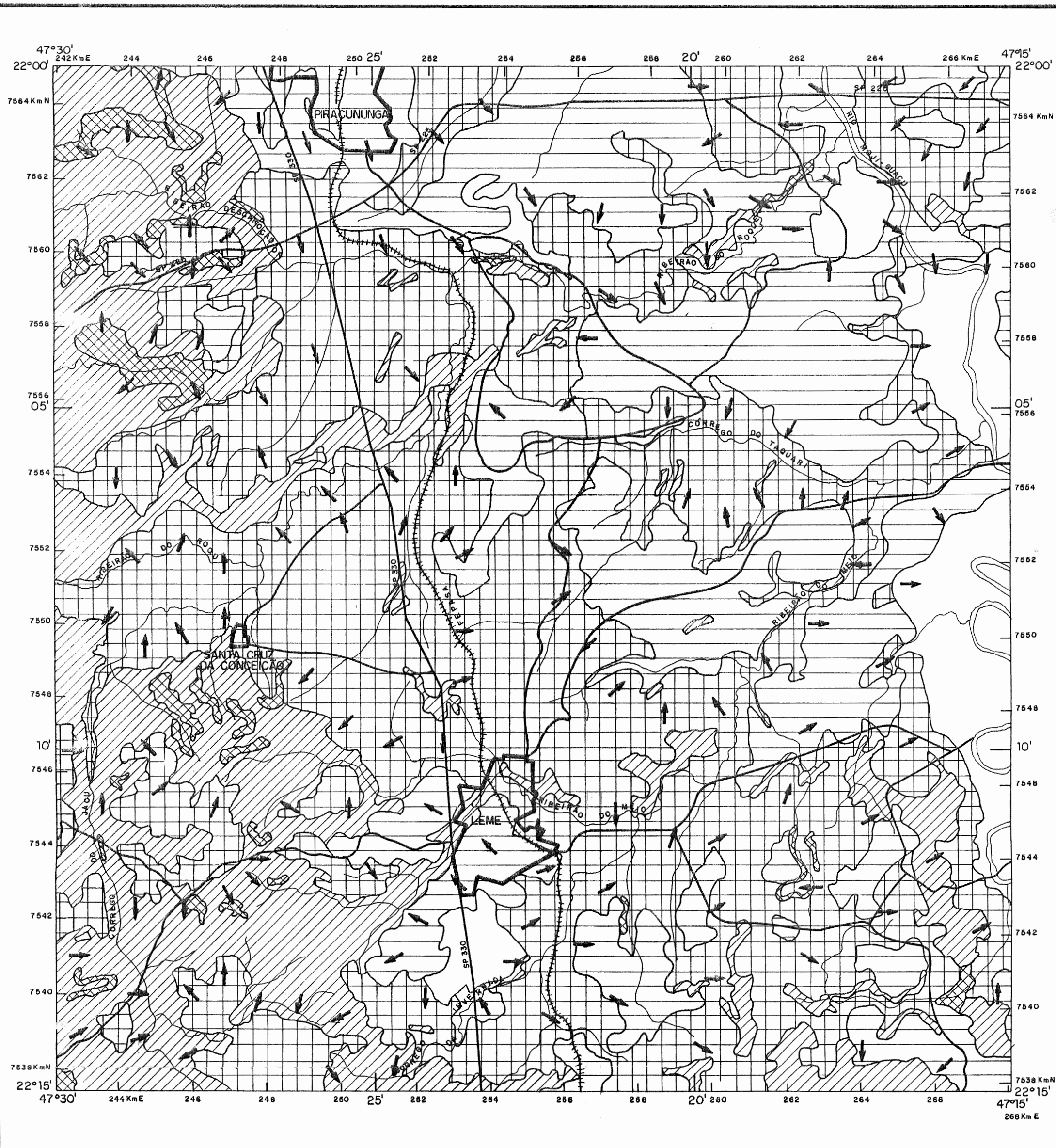
ANEXO 04 - MAPA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

LEGENDA

- NÚCLEOS URBANOS
 - RODOVIAS
 - FERROVIAS
 - RIBEIRÕES E RIOS
 - BARRAGENS E RESERVATÓRIOS
 - ÁREAS INUNDÁVEIS
 - LIMITE DE SUB-BACIA
 - ÁREA DE RISCO AMBIENTAL
- SUB-BACIAS:**
 - RQ - RIBEIRÃO DO ROQUE
 - ME - RIBEIRÃO DO MEIO
 - LA - RIBEIRÃO DA LARANJA AZEDA
 - RO - CÓRREGO DO ROLDÃO



MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



ANEXO 05 - CARTA DE DECLIVIDADE

LEGENDA

- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- SENTIDO DA PENDÊNCIA

CLASSES DE DECLIVIDADE

- < 2%
- 2 - 5%
- 5 - 10%
- 10 - 20%
- > 20%

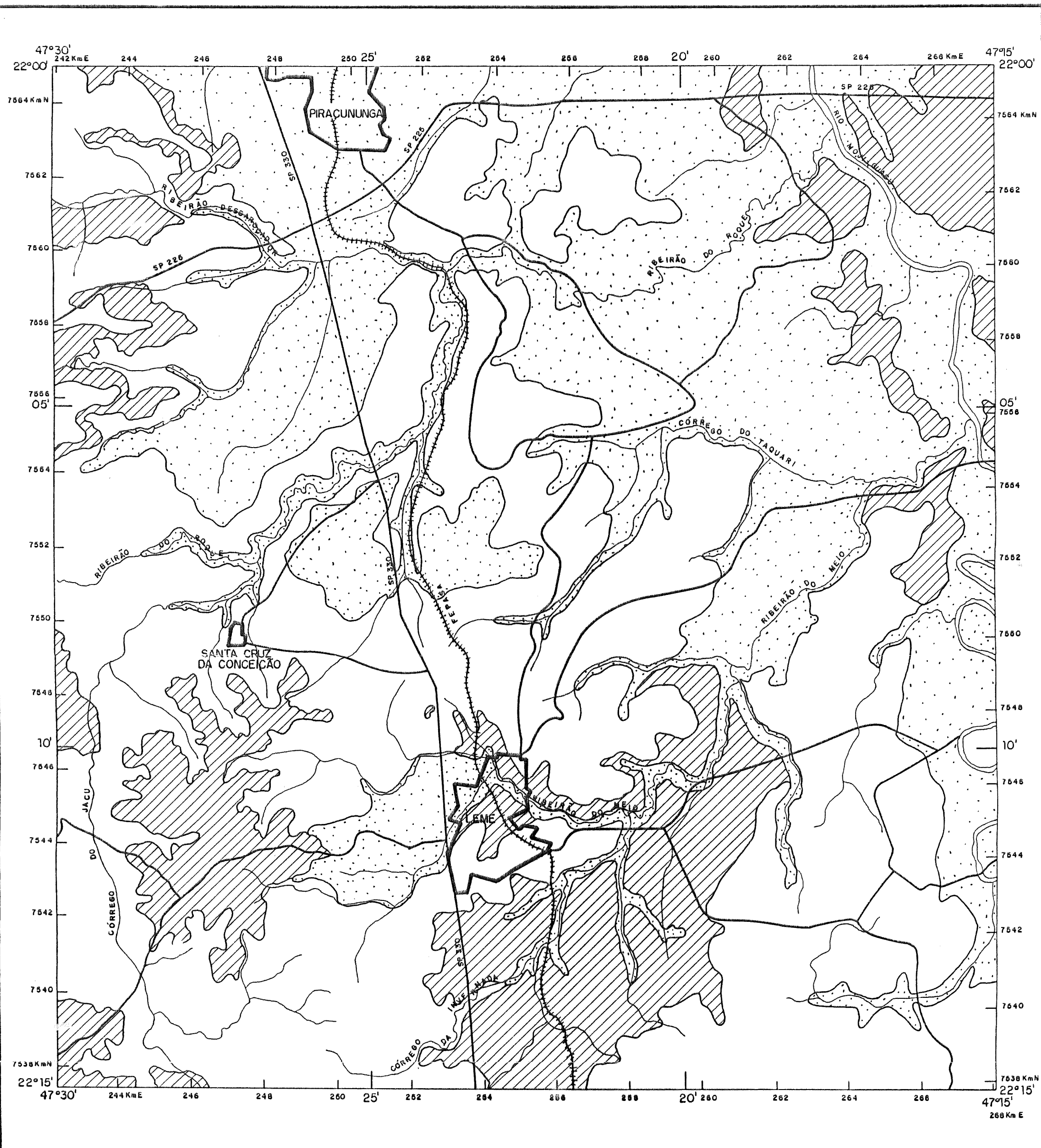
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

ESCALA 1:100.000

DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPETINGA
RIO CLARO	ARARAS	GONCHAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



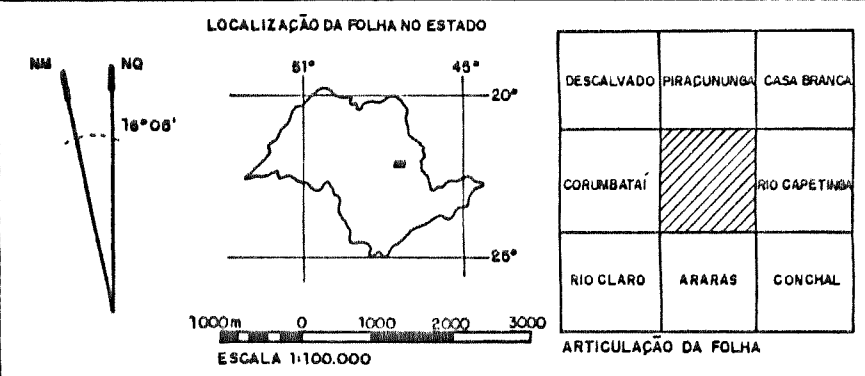
ANEXO 06 - CARTA DE ERODIBILIDADE

LEGENDA

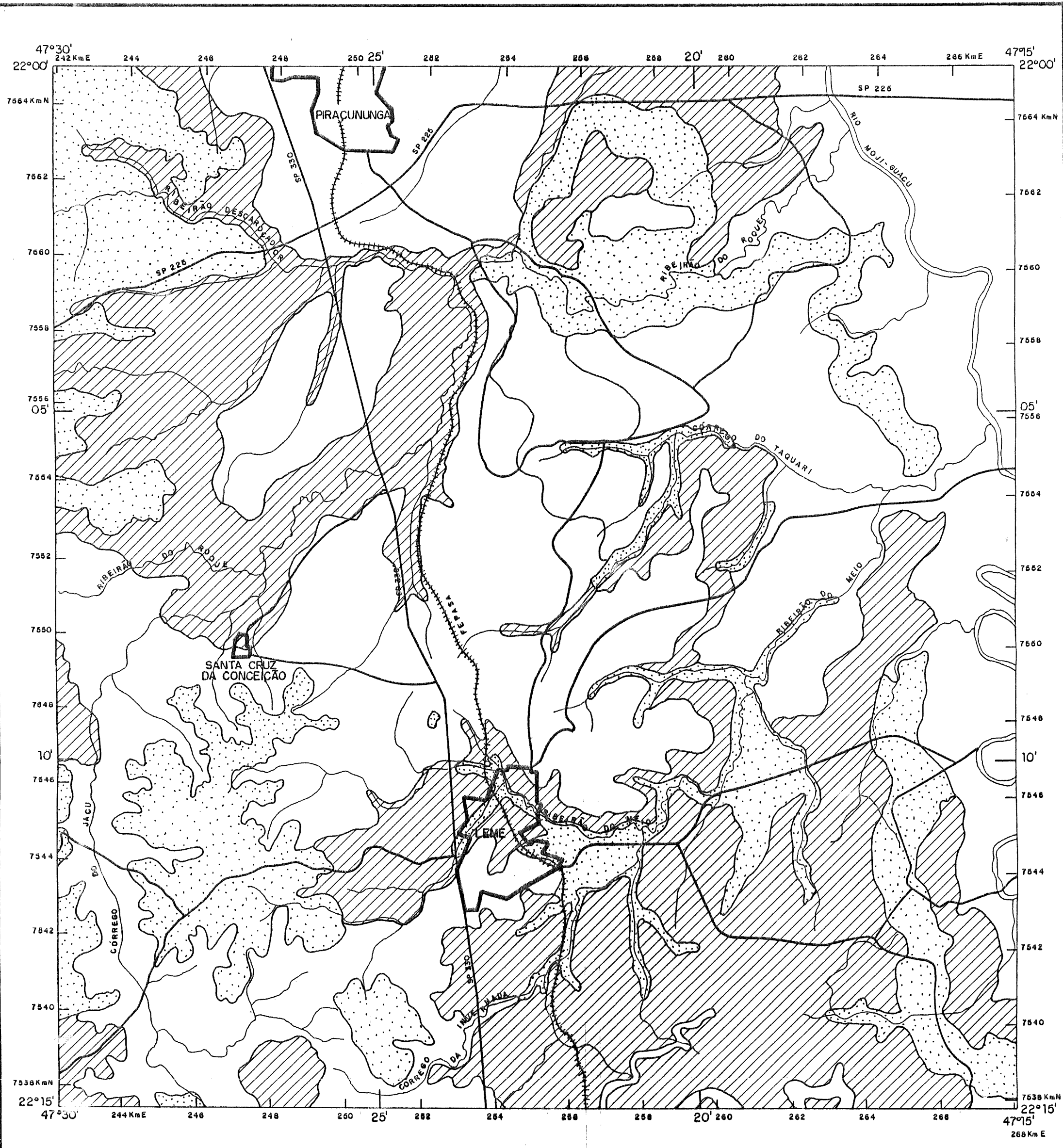
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITE ENTRE CLASSES

CLASSES DE ERODIBILIDADE

- BAIXA
- MÉDIA
- ALTA



MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



ANEXO 07 - CARTA PARA ESCAVABILIDADE

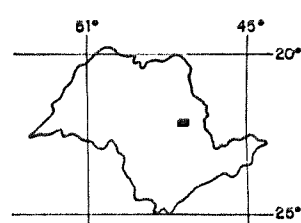
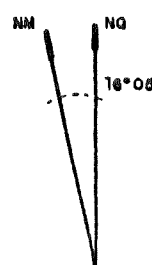
LEGENDA

- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITE ENTRE CLASSES

CLASSES DE ESCAVABILIDADE

- ADEQUADO
- RAZOÁVEL
- INADEQUADO

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

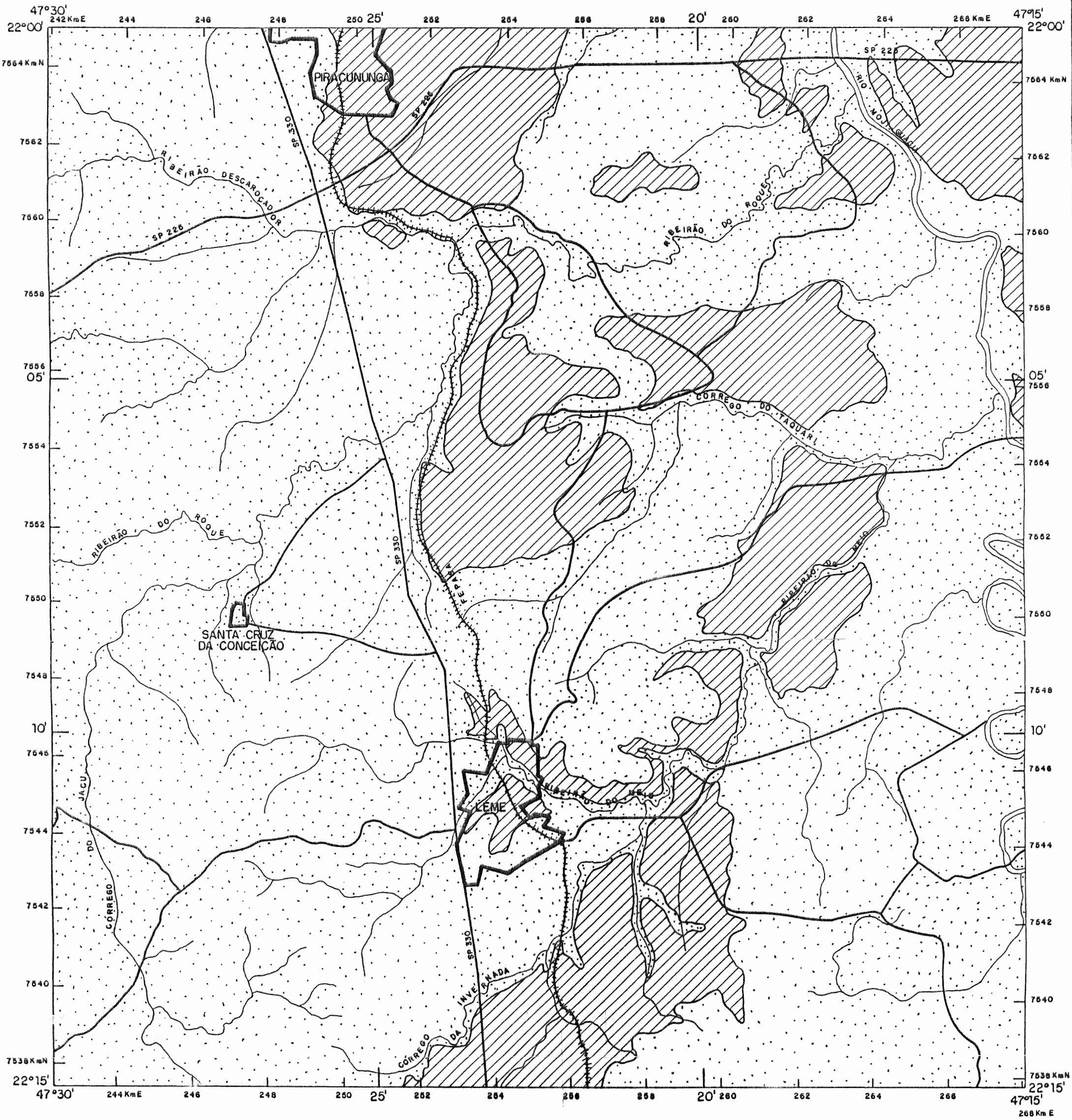


1000m 0 1000 2000 3000
ESCALA 1:100.000

DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPEATINGA
RIO CLARO	ARARAS	CONCHAL


ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



ANEXO 08 - CARTA PARA DISPOSIÇÃO DE REJEITOS SÉPTICOS

LEGENDA

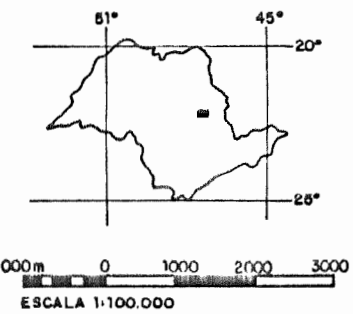
-  NÚCLEOS URBANOS
-  RODOVIAS
-  FERROVIAS
-  RIBEIRÕES E RIOS
-  LIMITE ENTRE CLASSES

CLASSES DE ADEQUABILIDADE

-  RAZOÁVEL
-  INADEQUADO



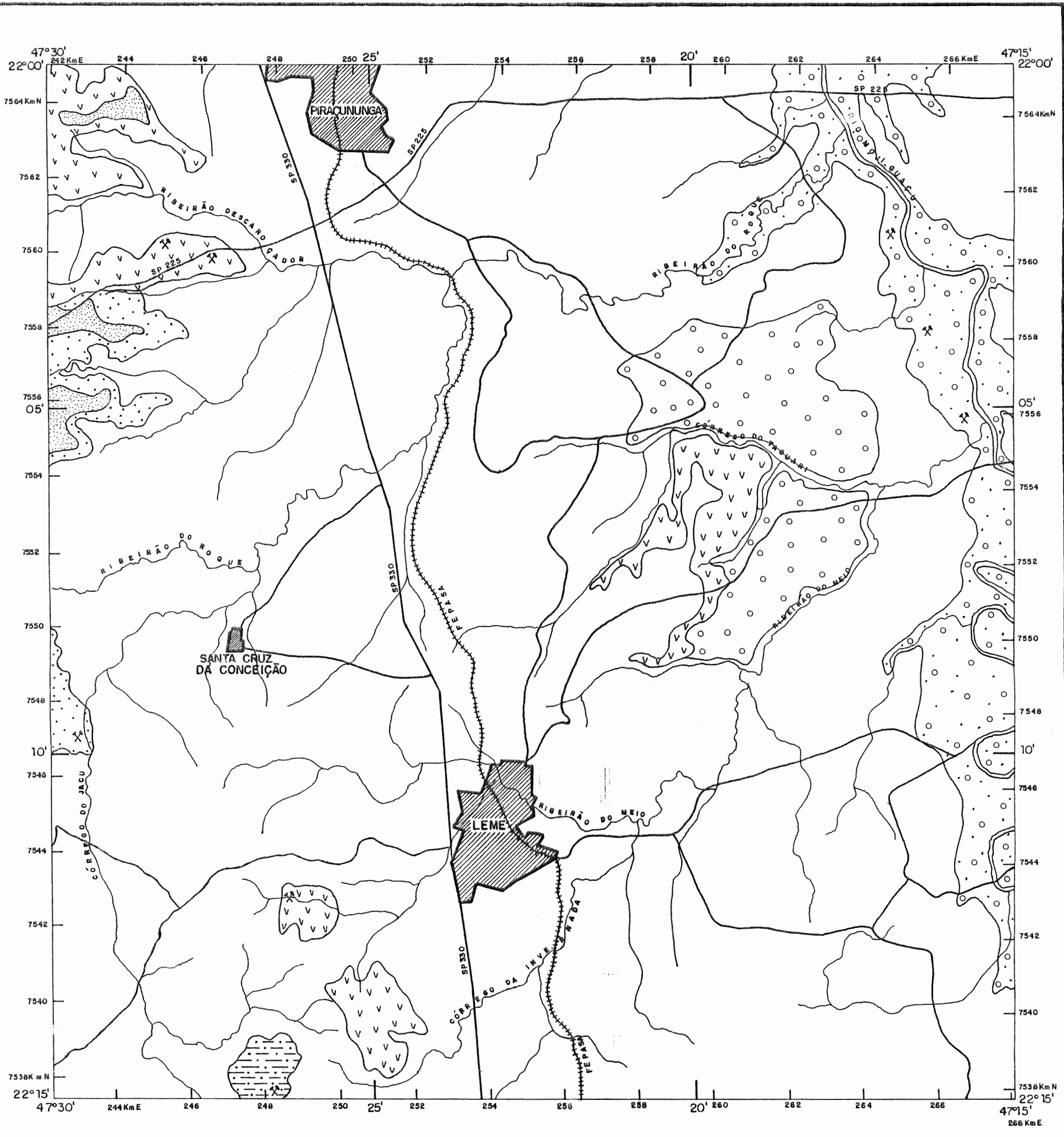
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPETINGA
RIO CLARO	ARARAS	CONCHAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



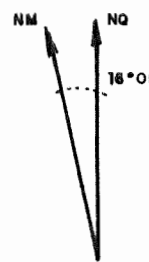
ANEXO 09 - CARTA PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

LEGENDA

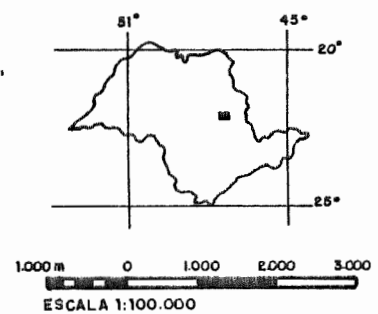
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITES ENTRE MATERIAIS
- PEDREIRAS E PORTOS DE AREIA

MATERIAIS ROCHOSOS

- UNIDADE MAGMATITOS
- UNIDADE CORUMBATAÍ
- MATERIAIS INCONSOLIDADOS**
- UNIDADE BOTUCATU
- UNIDADE PIRAMBÓIA
- UNIDADE ARENOSA COLUVIONAR
- UNIDADE ARENOSA ALUVIAL



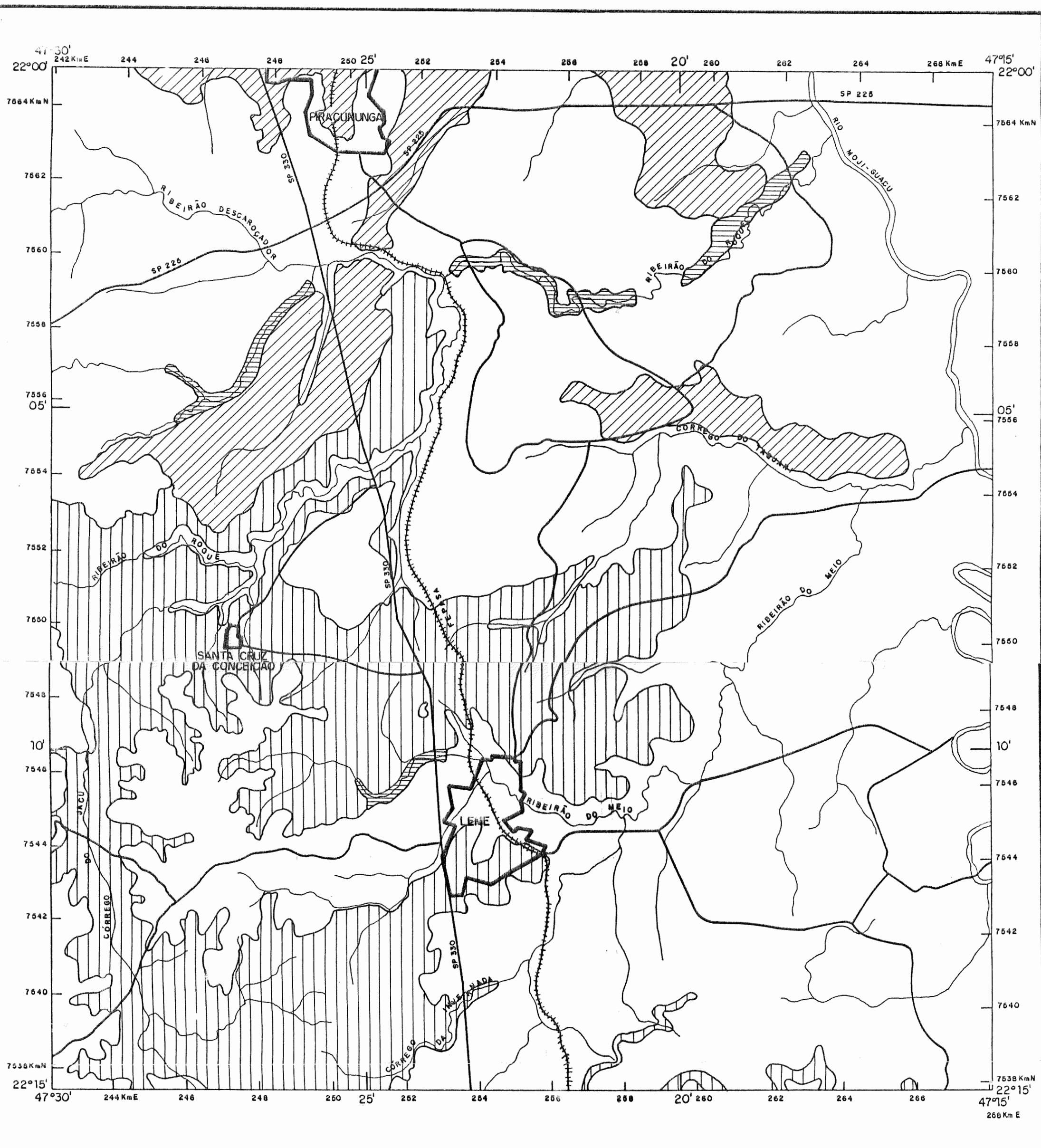
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPETINGA
RIO CLARO	ARARAS	GONCHAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (SP)
GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR. NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



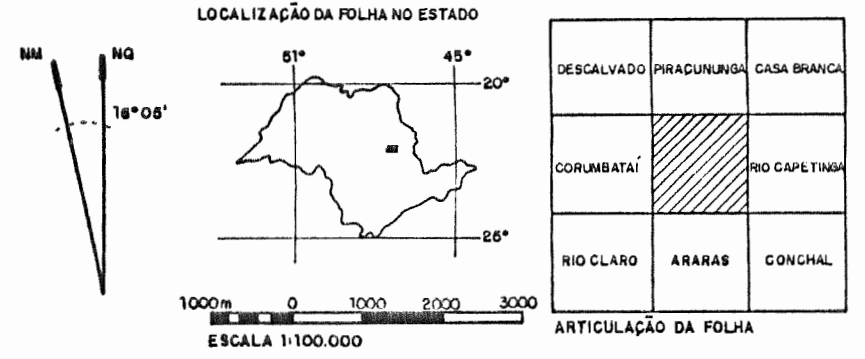
ANEXO 10 - CARTA PARA ESTABILIDADE DE TALUDES

LEGENDA

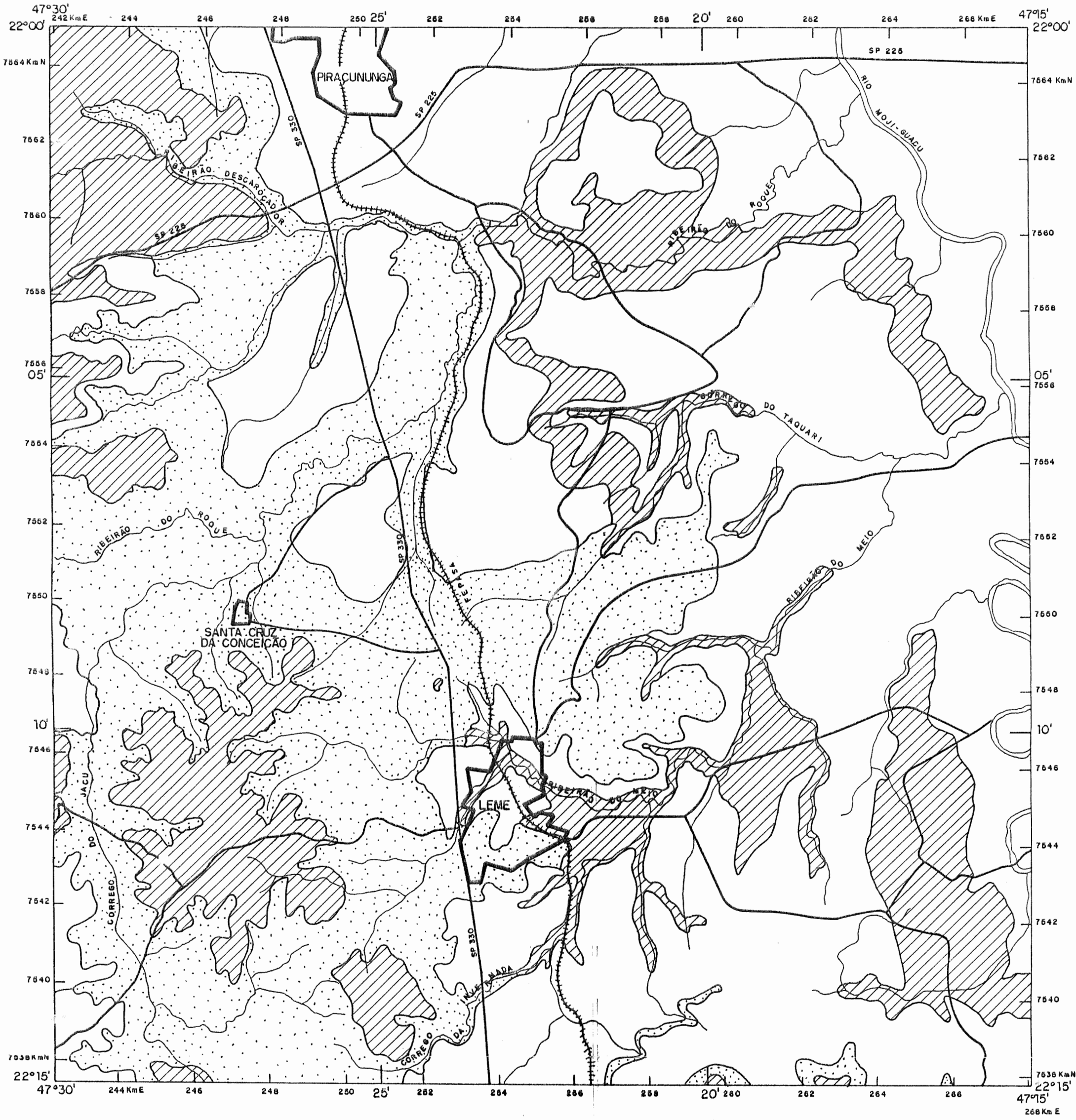
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITE ENTRE CLASSES

CLASSES DE ESTABILIDADE

- ÁREAS ESTÁVEIS
- ÁREAS PRELIMINARMENTE ESTÁVEIS - UNIDADE CORUMBATAÍ
- ÁREAS PRELIMINARMENTE ESTÁVEIS - UNIDADE ARENOSA ALUVIAL
- ÁREAS PRELIMINARMENTE ESTÁVEIS - UNIDADE ARENOSA COLUVIONAR



MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSE AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP



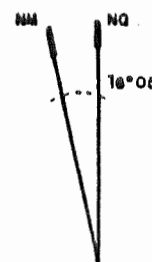
ANEXO 11 - CARTA PARA OBRAS ENTERRADAS

LEGENDA

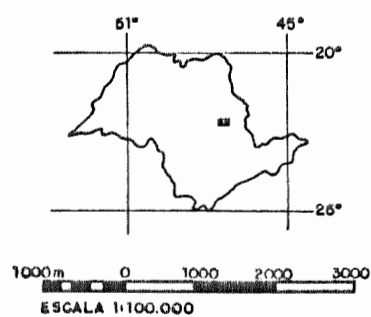
- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITE ENTRE CLASSES

CLASSES DE ADEQUABILIDADE

- ADEQUADO
- RAZOÁVEL
- INADEQUADO



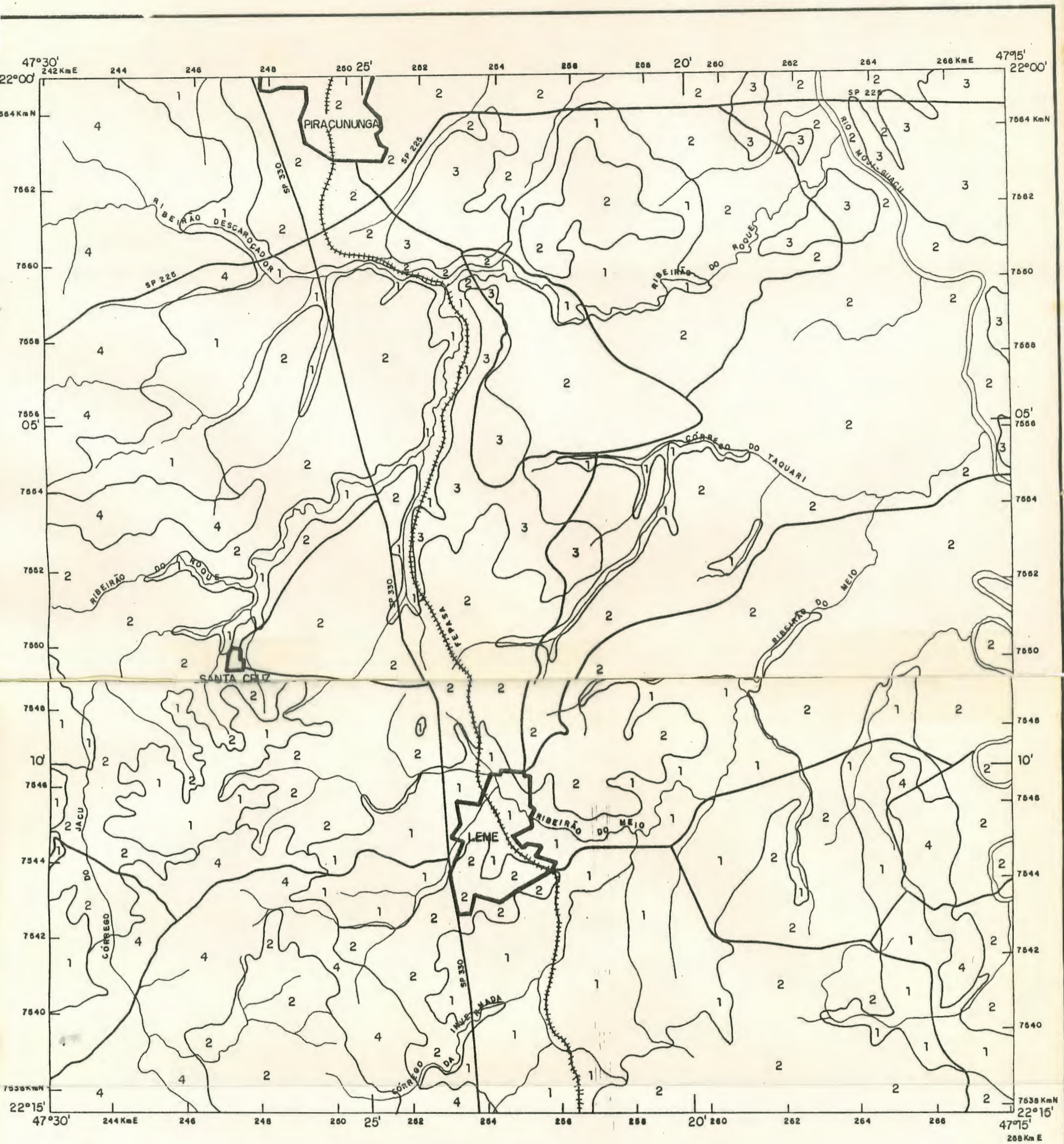
LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPETIMBA
RIO CLARO	ARARAS	CONCHAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC/ USP



ANEXO 12 - CARTA PARA OBRAS VIÁRIAS

LEGENDA

- NÚCLEOS URBANOS
- RODOVIAS
- FERROVIAS
- RIBEIRÕES E RIOS
- LIMITE ENTRE CLASSES

- CLASSES DE ADEQUABILIDADE**
- 1** TRÊS OU MAIS ATRIBUTOS DESFAVORÁVEIS
 - 2** DOIS ATRIBUTOS DESFAVORÁVEIS
 - 3** UM ATRIBUTO DESFAVORÁVEL
 - 4** DECLIVIDADE DESFAVORÁVEL

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

ESCALA 1:100.000

DESCALVADO	PIRACUNUNGA	CASA BRANCA
CORUMBATAÍ		RIO CAPETINGA
RIO CLARO	ARARAS	CONCHAL

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE LEME (S.P.)
 GEOL. JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
 ORIENTADOR: PROF. DR NILSON GANDOLFI
 DEPTO. DE GEOTECNIA - EESC / USP