

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA.  
APLICAÇÃO: PARTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL - APA - VÁRZEA DO RIO TIETÊ**

Crístinis Antonio Ladan

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

Co-orientador: Carlos Geraldo Luz de Freitas

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2001/12)

SÃO PAULO  
2001







UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. APLICAÇÃO:  
PARTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - APA - VÁRZEA  
DO RIO TIETÊ**

**CRISTINIS ANTÔNIO LADAN**



DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Uriel Duarte

Profa. Dra. Sueli Yoshinaga Pereira

Profa. Dra. Gianna Maria Garda

Three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal line. The first signature is for Prof. Dr. Uriel Duarte, the second for Profa. Dra. Sueli Yoshinaga Pereira, and the third for Profa. Dra. Gianna Maria Garda.





UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. APLICAÇÃO:  
PARTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - APA -  
VÁRZEA DO RIO TIETÊ



**CRÍSTINIS ANTONIO LADAN**

Orientador:

Prof. Dr. Uriel Duarte

(Instituto de Geociências -  
Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental - GSA)

Co-Orientador:

Dr. Carlos Geraldo Luz de Freitas

(Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT -  
Agrupamento de Geologia Ambiental - AGAMA )

Monografia de Trabalho de Formatura  
(TF/2001-12)

SÃO PAULO  
2001

DEDALUS - Acervo - IGC



30900009438



11  
L153  
CA.a.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOLOGIA

ANÁLISE DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA APLICADA  
PARTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - APA  
VARZEA DO RIO TIETÊ

ORIENTADOR: ANTONIO LOPES



ORIENTADO:

ALUNO:

ASSINATURA DO ORIENTADOR:

ASSINATURA DO ORIENTADO:

ASSINATURA DO ALUNO:

ASSINATURA DO TITULAR DO DEPARTAMENTO:

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA COLEÇÃO:

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA ARMAZENAGEM:

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA DISTRIBUIÇÃO:

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA MANUTENÇÃO:

DOAÇÃO COMISSÃO DE  
TRABALHO DE FOMENTURA

Data: 15 / 02 / 02



## **Resumo**

A cartografia geotécnica é uma representação gráfica das limitações e potencialidades do meio físico e que traduz um certo número de informações geológicas e geotécnicas do solo e subsolo de uma região.

A carta geotécnica é constituída por mapa onde estão delimitadas unidades que respondem de forma diferenciada de acordo com as características do terrenos, e de um quadro-legenda, o qual apresenta as unidades geotécnicas, apontando diretrizes que variam de acordo com o tipo de solicitação desejada.

As informações apresentadas, variam em função dos objetivos para os quais a cartografia é elaborada. Sua demonstração é feita por meio da delimitação de zonas com aspectos em comum.

Este trabalho vem demonstrar a análise de duas cartas geotécnicas de uma mesma região, provando que dependem do enfoque de cada carta, o resultado será diferenciado. Assim, para diferentes finalidades do uso e ocupação do solo, os atributos do meio físico serão também diferentes, tanto na delimitação cartográfica dos terrenos, quanto nas diretrizes do quadro-legenda.







## Abstract

The geotechnical cartography is a graphic representation of limitations and potentialities of the environment, making geological and geotechnical information of soil and underground available for a study area.

In a geotechnical map soil units are delimited by different soil characteristics. Thus, each unit corresponds to certain characteristics of the terrain. The map legend shows geotechnical units, according to their type of use and occupation. ✕

The information varies according to the objectives that the cartography is made, and its representation is made according to units of similar characteristics. ✕

This work compares two geotechnical maps for the same study area. It shows that different results are obtained, depending on the problem in focus. So for different soil uses and occupation, the attributes chosen for the environment will also be different, resulting in distinct units and corresponding map legend.



## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVO	3
3. JUSTIFICATIVA	4
4. CONCEITOS	6
5. OS TIPOS DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	7
5.1 Cartas Geotécnicas de Susceptibilidade	7
5.2 Cartas Geotécnicas de Risco	8
5.3 Cartas Geotécnicas de Parâmetros	10
5.4 Cartas Geotécnicas de Capacidade do Uso da Terra	11
5.5 Cartas Hidrogeotécnicas	12
5.6 Cartas Geotécnicas Aplicadas aos Recursos Minerais	13
5.7 Carta Geotécnica de Planejamento e Gestão Territorial	13
6. BASE METODOLÓGICA	14
6.1 Erosão	14
6.2 Escorregamentos	16
6.3 Inundações	16
7. ATIVIDADES REALIZADAS	16
7.1 Compilação Bibliográfica	17
7.2 Análise da Cartografia Geotécnica	17
7.3 Tratamento de Dados da Cartografia Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano	18
7.4 Tratamento de Dados da Cartografia Geotécnica da APA Várzea do Rio Tietê	20
7.5 Análise Comparativa dos Dados Obtidos	22
7.6 Conclusões	23
8. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES	23
9. CONFEÇÃO DE UMA CARTA GEOTÉCNICA	24
9.1 Introdução	24
9.2 Confeção	24
9.3 Metodologia para Elaboração da Carta Geotécnica	25
9.4 Escalas	27
9.5 O Produto Cartográfico	27
10. ANÁLISE DAS CARTAS GEOTÉCNICAS UTILIZADAS	28



<b>10.1. Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano</b>	<b>28</b>
10.1.1 Introdução	28
10.1.2 Aplicação da Carta	30
10.1.3 Escala	31
10.1.4 Metodologia	31
<b>10.2 Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental – APA Várzea do Rio Tietê</b>	<b>31</b>
10.2.1 Introdução	31
10.2.2 Aplicação da Carta	33
10.2.3 Escala	33
10.2.4 Metodologia	33
<b>11. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DAS CARTOGRAFIAS GEOTÉCNICAS</b>	<b>34</b>
11.1 Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano	34
11.2 A Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental - APA Várzea do Rio Tietê	36
11.2.1 Sobre a Área de Proteção Ambiental da Várzea do Rio Tietê	37
<b>12. ANÁLISE COMPARATIVA</b>	<b>38</b>
12.1 Escala	38
12.2 Área de Estudo	39
12.3 Unidades Geotécnicas	39
<b>13. CONCLUSÃO</b>	<b>40</b>
<b>14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>40</b>



# 1. INTRODUÇÃO

A cartografia geotécnica constitui estudo de informações do meio físico (geo), tratados para subsidiar o uso do solo (técnica). Os produtos cartográficos obtidos, tratam-se de instrumentos de gestão territorial, de aplicação regional, municipal ou local, que fornecem subsídios para a ocupação adequada dos terrenos. Uma das possibilidades de uso da cartografia é evitar impactos ambientais decorrentes de intervenções no meio físico necessárias à ocupação.

A carta geotécnica é constituída por:

- mapa onde estão delimitadas unidades de terrenos que respondem de forma diferenciada a ocupação; e
- quadro-legenda, o qual apresenta as unidades geotécnicas estabelecidas, apontando diretrizes de planejamento e gestão territorial, que varia de acordo com o tipo de solicitação desejada.

A dimensão e complexidade dos grandes centros urbanos demandam cada vez mais recursos tecnológicos no campo administrativo. As ações de planejamento, projeto e execução de obras requerem o conhecimento da potencialidade e adequabilidade das áreas municipais.

A cartografia geotécnica surge como um instrumento poderoso de planejamento. Quando aliada a novas tecnologias de Sistema de Informações Geográficas – SIG, a cartografia ganha aplicações cada vez mais inovadoras.

Recentemente, observa-se a preocupação de gestores quanto à preservação da qualidade ambiental. A aplicação da cartografia, então, torna-se poderoso instrumento para tratamento de situações de risco e na abordagem de temas específicos como erosão e contaminação do solo e da água. (ABGE, 2001).

# 2. OBJETIVO

Esse trabalho parte do pressuposto que, dependendo do uso do solo que se pretende tratar, a carta geotécnica pode se diferenciar. Assim sendo, para diferentes finalidades de uso e ocupação do solo, os atributos do meio físico utilizados serão também diferentes, tanto na delimitação cartográfica das unidades geotécnicas, como nas diretrizes do quadro-legenda dessas cartas.



O **objetivo geral** do trabalho de formatura será mostrar dois produtos diferentes, comparando duas cartografias geotécnicas de um mesmo local da Região Metropolitana de São Paulo, elaboradas com objetivos diferentes, resultando em produtos também diferenciados.

Isto será feito comparando parte da Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano com a Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental - APA Várzea do Rio Tietê, que trata-se da porção NW da folha 1:50.000 do município de Mogi das Cruzes (FIGURA 1). E como cada uma possui um enfoque particular, os produtos cartográficos resultantes são diferentes, tanto na delimitação das unidades geotécnicas quanto nas diretrizes para a ocupação e gestão territorial.

Deverá, então, ser demonstrado que podem existir Cartas Geotécnicas de um mesmo local, que se diferem pelas várias finalidades de seu uso. Para isso teremos uma representação gráfica de ambas, com explicações do uso para as várias unidades.

### **3. JUSTIFICATIVA**

As áreas urbanas apresentam um crescimento populacional intenso e bastante desordenado. Tanto a população de baixo poder aquisitivo como habitações de classe média, além de outras formas de ocupação, tais como indústrias, sistema viário e infraestrutura urbana, tendem a se expandir para áreas bastante problemáticas, que geralmente constituem as encostas ou regiões muito próxima dos rios. Esta última, constitui as planícies e os terraços aluvionares, nem sempre muito seguros, pois estão sujeitos a inundações em certas épocas chuvosas do ano.

A ocupação desordenada leva à degradação do meio ambiente, com redução da qualidade de vida da população e aumento dos custos da ocupação, tanto na construção de habitações, quanto para reparar problemas de falta de planejamento.

É necessário conhecer os atributos do meio físico para ocupar adequadamente uma região; para isso a carta geotécnica mostra-se como um instrumento importante de orientação para a ocupação e uso do solo.

No meio técnico existe muita divergência nas metodologias e produtos finais desse tipo de cartografia. Pretende-se com esse trabalho, contribuir no esclarecimento e disseminação da cartografia geotécnica.



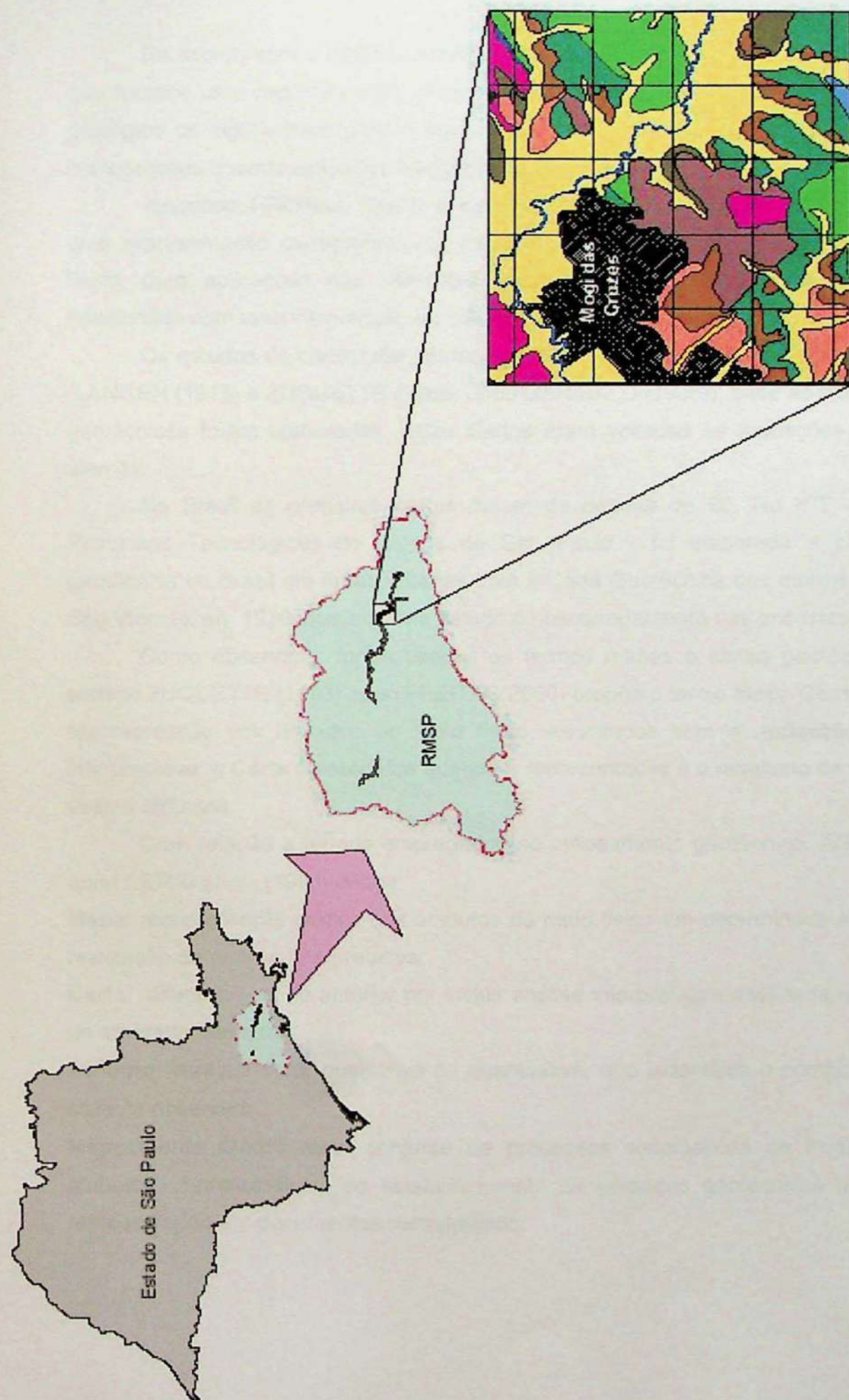


FIGURA 1 – Localização da área analisada no Estado e RMSP



## 4. CONCEITOS

De acordo com a UNESCO-IAEG, mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que fornece uma representação geral de todos aqueles componentes de um ambiente geológico de significância para o planejamento do solo e para projetos, construções e manutenções quando aplicados à engenharia civil e de minas.

Segundo FREITAS (2000) a carta geotécnica corresponde, essencialmente, a uma representação cartográfica das interpretações de atributos e processos do meio físico, para aplicações nas diferentes solicitações do homem neste meio, sempre relacionada com uma intervenção ou solução.

Os estudos da cartografia geotécnica teriam iniciado na Europa por volta de 1913 (LANGEN (1913) e ZUQUETTE (1985) *apud* GARIBALDI(1998)), onde as primeiras cartas geotécnicas foram elaboradas. Estas Cartas eram voltadas às fundações das cidades alemãs.

No Brasil as primeiras cartas datam da década de 60. No IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - foi elaborada a primeira carta geotécnica no Brasil em áreas urbanas com a Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente, em 1979, que envolvia estudo de escorregamento nas encostas dos morros.

Como observado, foram usados os termos mapas e cartas geotécnicas. Neste sentido ZUQUETTE (1993) *apud* FREITAS(2000) propõe o termo **Mapa Geoténico** para a representação dos atributos do meio físico, levantados sem a realização de análise interpretativa; e **Carta Geotécnica** quando a representação é o resultado da interpretação destes atributos.

Com relação a termos empregados no mapeamento geotécnico, AGUIAR (1994) *apud* CERRI *et al.*, (1996) define:

**Mapa:** representação gráfica dos atributos do meio físico em determinada escala, sem a realização de análise interpretativa.

**Carta:** diferencia-se do anterior por incluir análise interpretativa destinada a fins práticos de atividade humana.

**Atributo:** característica, qualitativa ou quantitativa, que indentifica o componente de um sistema observado.

**Mapeamento Geotécnico:** conjunto de processos sistemáticos de investigação dos atributos, imprescindíveis ao estabelecimento de unidades geotécnicas e passível de representação em documentos cartográficos.



**Cartografia Geotécnica:** distingue-se do mapeamento geotécnico por apenas estabelecer as unidades geotécnicas, com base em levantamentos executados anteriormente, sem a etapa de investigação.

## 5. OS TIPOS DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

Com o escopo de facilitar metodologias específicas, os tipos de cartas geotécnicas podem ser agrupados de acordo com as aplicações previstas na Geologia de Engenharia FREITAS (2000):

- Cartas Geotécnicas de Susceptibilidade
- Cartas Geotécnicas de Risco
- Cartas Geotécnicas de Parâmetros
- Cartas Geotécnicas de Capacidade de Uso da Terra
- Cartas Geotécnicas Hidrogeotécnica
- Cartas Geotécnicas Aplicadas aos Recursos Minerais
- Cartas Geotécnicas de Planejamento e Gestão Territorial

### 5.1 Cartas Geotécnicas de Susceptibilidade

São cartas que destacam a susceptibilidade do terreno a um ou mais fenômenos, de acordo com o processo que poderá ser responsável pela condição de risco, para então se tomar medidas preventivas ou corretivas do seu desenvolvimento. Sua denominação é de acordo com o processo que é enfatizado. (Por exemplo: Carta de Susceptibilidade a Erosão, ou Carta de Erosão).

Como está implícito no nome desse tipo de cartografia, ela irá mostrar em determinada área, as diferentes susceptibilidades dos terrenos aos processos avaliados. Dentre eles, tem-se os movimentos de massa, que causam os escorregamentos e as erosões fluviais.

Muitas são as mortes e prejuízos econômicos causados por escorregamentos. As águas torrenciais responsáveis pelos processos erosivos causam também muitos prejuízos como a destruição de edificações e assoreamento de drenagens. Estas cartas determinam também susceptibilidade a inundações das várzeas dos rios, que representam um dos maiores problemas urbanos, devido à ocupação dos seus entornos



localizados na planície de inundação, onde este processo naturalmente já ocorria, por se tratar de parte da dinâmica fluvial.

Com a necessidade de evitar problemas como esses ou tentar encontrar formas de conviver com eles, tem se desenvolvido estudos para o entendimento da deflagração desses processos. A tradução cartográfica da disposição dos terrenos, resulta na Carta Geotécnica de Susceptibilidade, aquela que reflete a capacidade dos terrenos em desenvolver determinado fenômeno.

Em exemplos de elaboração dessas Cartas, observou-se que foram utilizadas várias disciplinas das Geociências, basicamente a Geologia, a Geomorfologia, a Pedologia e a Hidrogeologia. Assim, os produtos cartográficos são resultantes de um trabalho interdisciplinar, que tratam dos atributos do meio físico, que são condicionantes e indutores de seu desenvolvimento.

Em 1995 foi elaborado pelo IPT, o Mapa de Erosão de São Paulo, na escala 1:1.000.000. Esta cartografia tinha o objetivo de definir uma política de uso dos recursos do solo e água, de forma a garantir sua conservação, tendo como objetivo principal ações preventivas para garantir o controle da erosão.

Um outro exemplo deste tipo de Carta Geotécnica de Susceptibilidade foi o estudo da erosão do solo na bacia metropolitana dos rios Tietê e Pinheiros, na escala 1:50.000, realizada pelo IPT em 1992. Tinha o objetivo de indicar e classificar na Região Metropolitana de São Paulo, as áreas que contribuem para o assoreamento do leito do alto Tietê e Pinheiros.

Essas cartas refletiam a variação e a capacidade de desenvolver tal fenômeno. A delimitação cartográfica foi feita a partir do conhecimento dos mecanismos do processo considerado e das características do meio físico que provocam o seu desenvolvimento. Para isso, fazendo uso de princípios da Geologia de Engenharia, informações da geomorfologia, estrutura, estratigrafia, litologia, água subterrânea e das formações geológicas. Além da avaliação dos processos do meio físico como o comportamento mecânico e hidrológico dos solos e dos maciços rochosos.

## 5.2 Cartas Geotécnicas de Risco

A definição da palavra risco é de uma condição potencial de ocorrência de um evento com danos socioeconômicos. Assim a Carta Geotécnica de Risco pode ser definida



como resultado da conjunção de zonas de susceptibilidade a determinados processos do meio físico e a ocupação da área com possibilidade de ser atingida.

Um exemplo deste tipo de cartografia é a Carta de Risco Sísmico, que segue as recomendações da UNESCO de 1978, por experiências desenvolvidas na Itália. Foi realizada a confecção de uma Carta de Sismicidade, com a coleta de dados geológicos geotécnicos, pesquisa de dados históricos de ocorrência de abalos sísmicos e a elaboração de modelos de sua propagação, resultando em áreas de eventual ocorrência de abalo sísmico, para o planejamento da ocupação, com intervenções e regulamentações.

No Brasil, por não existir abalos sísmicos desastrosos, estes eventos são pouco estudados. As situações de risco mais comuns encontradas são causadas por processos de movimento de massa (escorregamento de encosta e erosão) e inundação. Sendo assim, esses fenômenos são os normalmente considerados nas Cartas de Risco no Brasil, onde as escalas de maior detalhe como 1:10.000 ou maiores, são as mais adequadas para a tomada de medidas preventivas em áreas localizadas, como um plano de defesa civil.

Outro exemplo de Carta de Risco, é a executada no município de Cajamar, SP, devido a ocorrência de colapso do solo ocorrido em 1986. Esse evento, que é bastante raro no Brasil, está associado à existência de calcários com feições de dissolução, recobertos por materiais não-consolidados (carste aberto). Foi realizada a delimitação cartográfica dos terrenos diferenciados de acordo com sua susceptibilidade a este processo cárstico, que constituiu-se numa Carta de Risco, com escala aproximada de 1:3.000, compartimentando os terrenos em três zonas:

1 – zona desprovida de risco: constituída por terrenos não sujeitos ao processos de subsidência, portanto área habitável, a partir da adoção de critérios específicos para a ocupação;

2 – zona sob observação: constituída por terrenos que apresentam em superfície depósitos detríticos bastante espessos, com características de depressões cársticas, porém sem evidências de aceleração na velocidade de evolução do processo de colapso do solo. Sua ocupação deve ser acompanhada de monitoramento, estando sujeita à evacuação, se forem constados quaisquer indícios de subsidência; e

3 – zona condenada: constituída de terrenos de mesma natureza dos da zona 2, mas que mostram evidências de franca evolução e aceleração dos fenômenos de subsidência e



colapso. Esta zona deve ser mantida desocupada e interditada, sendo destinada a outros usos que não sejam o assentamento urbano.

Em maio de 1987, um novo colapso ocorreu em Cajamar, na zona 3, enfatizando a necessidade de cumprimento com rigor das medidas recomendadas neste zoneamento de risco.

A partir desses exemplos, pode-se observar o desenvolvimento das medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos com o uso da Carta Geotécnica de Riscos. Esta envolve a avaliação de processos do meio físico, com a previsão dos parâmetros a serem considerados na análise de estabilidade e situações de risco. É aqui também considerada a possibilidade de melhoria e manutenção das condições ambientais e das propriedades dos terrenos voltados ao planejamento de sua ocupação. ✓

### 5.3 Cartas Geotécnicas de Parâmetros

Parâmetro é considerado uma variável ou combinações de variáveis, referente a um elemento ou atributo que confira situação qualitativa e/ou quantitativa de determinada propriedade dos corpos físicos.

São cartas que apresentam a distribuição geográfica e a interpretação de parâmetros geológicos-geotécnicos, de interesse para atividades geralmente bastante específicas de ocupação do solo.

Este tipo de carta incorpora alguns princípios de Geologia de Engenharia, como a determinação de parâmetros a serem considerados na análise de estabilidade de obras de engenharia e de maciços naturais, avaliando o comportamento mecânico e hidrológico dos solos e maciços rochosos, além de alterações naturais e antrópicas ao longo do tempo.

Dentre os parâmetros normalmente utilizados, podem-se citar:

relativos às águas: valores de escoamento superficial, velocidade e coeficiente de dispersão no transporte de massa, potencial e gradiente hidráulico, característica físico-química das águas como pH e grau de contaminação;

relativo às rochas: mineralogia, resistência mecânica, fraturas, escavabilidade da rocha alterada, grau de intemperismo e índice de resistência à alteração;

relativos aos solos: coeficiente de permeabilidade/condutividade hidráulica, composição química e mineralógica (com destaque ao teor de argila expansiva, presença de óxidos de



ferro e manganês), granulometria, estrutura, índice de vazios, teor de umidade, deformabilidade, compressibilidade, resistência à penetração (SPT) etc.

São vários os parâmetros, mostrando que existe uma necessidade de uma escolha prévia dos parâmetros a serem considerados na cartografia geotécnica, sendo que o seu levantamento deve ser dirigido a usos específicos aplicados a obras de engenharia.

De acordo com ZUQUETTE (1993) *apud* FREITAS (2000), "os atributos a serem mapeados e as respectivas classificações dependem da finalidade do trabalho a ser realizado e a escolha adequada influenciará diretamente na eficiência, na qualidade e na possibilidade de os usuários utilizarem as informações."

Um exemplo no estudo geológico-geotécnico voltado à fundação de edificação em área do município de Iperó, SP, realizado pelo IPT. O objetivo do trabalho foi realizar uma setorização geomecânica das fundações das estruturas principais da edificação, registrando cartograficamente os domínios por um parâmetro numérico relativo a capacidade de deformação específica do maciço rochoso.

## 5.4 Cartas Geotécnicas de Capacidade do Uso da Terra

As Cartas Geotécnicas de Uso da Terra possuem o objetivo específico de mostrar as potencialidades e limitações do uso do solo para fins rurais, como agricultura, pecuária, silvicultura e infraestrutura.

O termo capacidade de uso se refere às possibilidades e limitações das terras aos vários tipos de manuseios ao qual é submetida, reduzindo ao máximo eventual degradação pelos fatores de desgaste e empobrecimento. O conceito terra além da definição de solo, seria também o relevo e a vegetação.

Para se determinar a melhor maneira para uso da terra, deve-se observar vários fatores, com destaque para o solo, dando importância também para características internas e externas, como declividade, litologia e até o clima.

O desenvolvimento deste tipo de carta seria feito a partir de comparações com mapa de declividade dos terrenos com mapas de classe do solo, com isso seriam observadas características de fertilidade, erodibilidade, textura, permeabilidade do solo etc. Resultaria então, classes homogêneas de terra com o grau de limitação do seu uso e subdivisões destas classes.



As terras podem ser divididas em grupos de acordo com sua arabilidade e irrigação; grupos com aptidão agrícola para determinadas culturas; grupos de risco de erosão; capacidade máxima de uso etc.

Em exemplos de uso deste tipo de carta, autores fizeram correlações da Carta da Capacidade de Uso da Terra com Mapa de Uso e Ocupação do Solo. Como resultado tiveram áreas de conflito em uma porcentagem muito baixa, sendo considerada esta com características de uso inadequado da terra, isto é, sua utilização apresentava limitações.

## **5.5 Cartas Hidrogeotécnicas**

São cartas realizadas com a hidrologia superficial e subterrânea, levando a compreensão dos processos do meio físico. Resulta em informações na gestão dos recursos hídricos, com o dimensionamento das potencialidades dos aquíferos, avaliação da quantidade e da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o controle da poluição e as alternativas para seu uso.

Essas cartografias recebem o nome da questão hidrogeotécnica tratada, por exemplo: Carta de Vulnerabilidade de Aquífero, Carta de Qualidade da Água, Carta de Risco de Contaminação do Aquífero Freático.

Em escala regional, um dos tipos mais bem desenvolvidos de cartografia hidrogeotécnica é a de identificação de áreas com maiores riscos de contaminação das águas subterrâneas, realizada a partir da interação entre a susceptibilidade dos terrenos a esse processo e atividades potencialmente poluidoras.

Um outro tipo de Carta Hidrogeotécnica corresponde à avaliação de impactos hidrogeológicos, condicionados pela variação do nível freático resultante da construção de grande obras, como enchimento de reservatórios ou abertura de canais, permitindo, por exemplo, definir as possíveis conseqüências da implantação de reservatórios nas ocupações de seu entorno. Portanto, são analisados os terrenos já ocupados e aqueles passíveis de ocupação, considerado a alteração do meio físico, induzidos pela elevação do nível d'água do aquífero.

Com mapas de profundidade do nível da água, informações da elevação potenciométrica do aquífero livre e considerando a cota de enchimento do reservatório, é possível produzir a Carta de Potencial de Influência do Reservatório sobre o Aquífero Livre, com comunicação hidráulica entre eles.



## 5.6 Cartas Geotécnicas Aplicadas aos Recursos Minerais

As Cartas Geotécnicas Aplicadas aos Recursos Minerais tratam de vários aspectos da atividade minerária, como o potencial mineral e a interferência entre essa atividade e o meio ambiente, com escolha de áreas para disposição de bota-fora, barragem de rejeito etc.

Essa carta é muito usada para a estabilidade ou equilíbrio da área minerada em relação ao meio urbano. Isto é feito quando na etapa pré-mineração, a qual deve estar em conformidade com as condições ambientais e culturais da circunvizinhança, subsidiando essa atividade para ser produtiva, gerenciável e potencialmente sustentável.

Com informações da quantidade de produção, da demanda e do potencial mineral, permitem a produção do mapa temático de potencial mineral. Exemplo deste tipo de cartografia é o da RMSP, onde somando dados sobre recuperação de solos minerados e considerações sobre fluxo de matérias-primas, elaborou-se um macrozoneamento, para o estabelecimento de medidas para conservação dos recursos naturais e proteção do meio ambiente, preservação paisagística, urbanização futura e preservação da garantia de produção rural.

Aspectos importantes a serem observados nesse tipo de cartografia são:

- potencial mineral e a interferência entre a atividade minerária e o meio ambiente;
- escolha de áreas para a disposição de bota-fora, barragens de rejeito, bacia de decantação;
- equacionar os problemas dos impactos causados por essa atividade;
- planejamento da recuperação de áreas degradadas por mineração.

## 5.7 Carta Geotécnica de Planejamento e Gestão Territorial

A Carta Geotécnica de Planejamento e Gestão Territorial é capaz de integrar a dimensão das características do meio físico e dos modos de ocupação do solo, apresentando elementos que participem dos dados de percepção e avaliação para o estabelecimento de metas e ações de desenvolvimento do território. Apresenta dados de referência para o planejamento e gestão de uma determinada região.



Essa carta deve delimitar unidades do terreno com diferentes características de respostas às várias formas de ocupação, o que permitirá o estabelecimento de medidas e ações para a implantação de um programa de uso e ocupação do solo.

Com o conhecimento dos processos e compreensão das características e mecanismos de evolução destes processos, resultantes de propriedades do meio físico e das formas de ocupação existente ou previstas, será feito o levantamento de dados necessários para a delimitação cartográfica e o estabelecimento de diretrizes a ser considerado para o planejamento e gestão territorial.

Algumas das utilidades para esta carta seria para planejamento e gestões públicas, e até mesmo empresas privadas, como a escolha de áreas para a expansão urbana e implantação de loteamentos, ampliação de rodovias, escolha de áreas para a construção de barragens, correções de ocupações não planejadas.

## **6. BASE METODOLÓGICA**

A elaboração das cartas geotécnicas apresentadas nessa pesquisa seguiu a metodologia proposta pelo IPT de escolha, levantamento e cartografia dos atributos do meio físico (geologia, geomorfologia, hidrogeologia, pedologia) de acordo com os processos desse meio físico, relevantes para a aplicação de uso e ocupação do solo que se pretende subsidiar. (FIGURA 2).

A identificação e entendimento dos processos que podem ocorrer na área de estudo devem ser detalhadamente tratados, para a escolha mais adequada do enfoque que será dado a cartografia geotécnica. Os principais processos do meio físico considerados nessa pesquisa são:

### **6.1 Erosão**

É um processo de remoção de fragmentos e partículas do solo e das rochas causada pela ação das águas, vento, plantas etc. Os tipos de erosão são laminar e linear, sendo a linear a mais grave, acompanha as linhas de fluxo preferenciais no terreno pelo escoamento superficial, formando sulcos, que podem evoluir para ravinas.



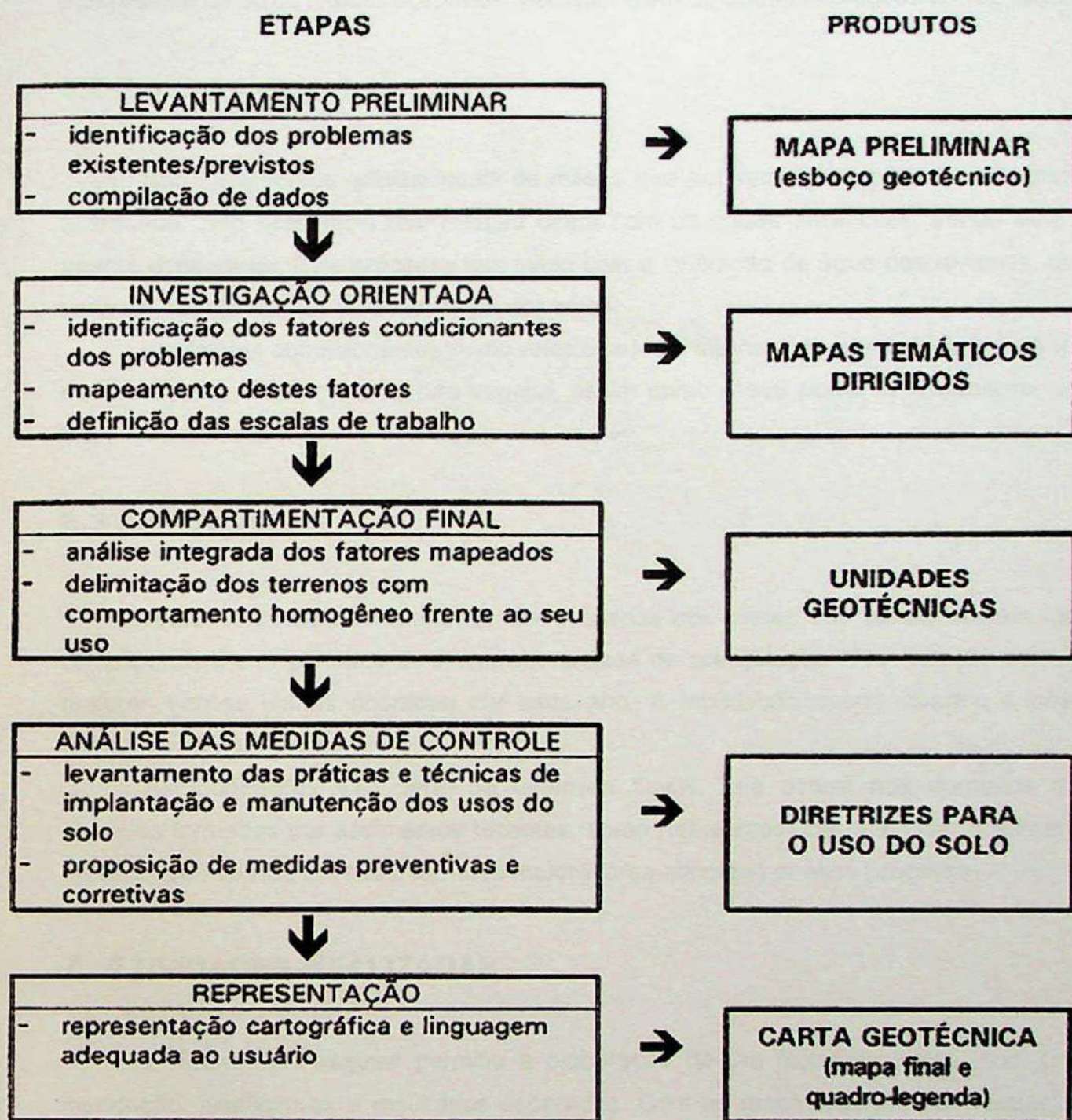


FIGURA 2 – Metodologia utilizada pelo IPT para a elaboração da carta geotécnica: etapas e produtos



Os fatores que condicionam a erosão dependem da morfologia e condições da superfície do terreno, da intensidade, duração e a frequência da chuva, o desmatamento e exposição de solos mais susceptíveis a erosão, além de outras alterações antrópicas.

## 6.2 Escorregamentos

São movimentos gravitacionais de massa que ocorrem em regiões de topografia acentuada. Sua ocorrência tem relação direta com as águas torrenciais, sendo este o agente deflagrador. Este processo tem início com a infiltração de água nos terrenos, que varia de acordo com as características dos solos.

Os fatores condicionantes estão relacionados a intensidade, duração e frequência da chuva, densidade da cobertura vegetal, assim como o seu porte, enraizamento, e a inclinação do talude.

## 6.3 Inundações

Anualmente ocorrem períodos denominados por *cheias* dos canais fluviais, que correspondem aos períodos de maior intensidade de precipitação. Têm relação com as maiores vazões diárias ocorridas em cada ano. A inundação ocorre quando a *cheia* extravasa o canal fluvial.

As inundações são parte da dinâmica fluvial, que ocorre nos domínios das planícies formadas por sedimentos recentes, como nas várzeas de rios. Com o aumento da ocupação desses terrenos, torna-se maior a área atingida por esse processo.

## 7. ATIVIDADES REALIZADAS

O Plano de Pesquisa permitiu a elaboração de um Relatório Inicial, com uma introdução, justificativas e resultados esperados. Com as recomendações do relator, foi entregue o Relatório de Progresso com resultados obtidos e esperados e atividades a realizar para a finalização do Projeto. O Relatório Final foi desenvolvido a partir das observações do relator para as atividades de finalização do Trabalho de Formatura.



O desenvolvimento dos trabalhos propostos utilizam-se dos seguintes procedimentos:

## **7.1 Compilação Bibliográfica**

Foram realizadas pesquisas em cartas geotécnicas, dissertações de mestrado e doutorado sobre o tema, além de livros técnicos relacionados ao assunto.

## **7.2 Análise da Cartografia Geotécnica**

Para a análise, foram desenvolvidos estudos dos livros que tratam da cartografia geotécnica, no qual foram pesquisados definições, usos, aplicações e exemplos, para uma compreensão inicial dos conceitos. O entendimento das aplicações das cartografias foi principalmente pela participação do aluno na sua elaboração, auxiliando em trabalhos de produção de cartas geotécnicas, além de leituras de teses de mestrado e de doutoramento referentes ao tema.

A cartografia geotécnica é um instrumento da Geologia de Engenharia. Portanto, deve estar embasada em seus fundamentos.

A cartografia geotécnica teve seu desenvolvimento na Geologia de Engenharia, disciplina da qual teve sua origem, como um instrumento de tratamento de informações do meio físico.

De acordo com a International Association for Engineering Geology and the Environment - IAEG, a Geologia de Engenharia é definida como "a ciência voltada a investigação, ao estudo e à solução de problemas de engenharia e meio ambiente, resultantes da interação entre a Geologia e os trabalhos e atividades realizadas pelo homem, bem como à previsão do desenvolvimento de medidas preventivas ou corretivas de riscos/acidentes geológicos".

Esta definição mostra o caráter da Geologia de Engenharia como uma disciplina que, de posse de dados do meio físico, leva a resolver problemas geotécnicos. Dentre eles, poderíamos citar:

- ♦ caracterização das propriedades físico geomecânicas, químicas e hidráulicas dos materiais usados em obras recuperação e alterações ambientais;
- ♦ avaliação do comportamento mecânico e hidrológico dos solos e maciços rochosos;



- ♦ previsão de alterações, naturais e antrópicas em determinadas áreas ao longo do tempo;
- ♦ análise de estabilidade de obras de engenharia civil e de taludes;
- ♦ melhoria e manutenção das condições ambientais e das propriedades dos terrenos;

Somando informações do uso e ocupação do solo e do conhecimento da Geologia, poderia então fornecer atributos do meio físico para a solução das questões acima citadas, além de considerações da ação antrópica.

Trabalhos relacionados a Geologia de Engenharia seriam:

- construção de obras civis: fornece propriedades do solo e da rocha para construção de barragens, túneis etc.
- mineração: planejamento, monitoramento das atividades de uma mineração.
- análise das condições de risco: determinação de zonas susceptíveis a processos.
- estudos de impacto ambiental: resultantes de alterações do meio físico.
- gestão dos recursos hídricos: fornece dados hidrológicos superficiais e hidrogeológicos.
- planejamento territorial: com a interpretação das características do meio físico e seus processos, fornece possíveis respostas ao uso do solo, e fornece diretrizes para corrigir ou evitar problemas de ocupação.

### **7.3 Tratamento de Dados da Cartografia Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano**

A proposta metodológica da Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano é de Prandini et al. (1995), sintetizando os resultados obtidos no desenvolvimento e na aplicação da carta geotécnica no IPT desde meados da década de 70. São cartas desenvolvidas a partir de problemas relacionados ao meio físico ocorrido em cidades brasileiras, com o objetivo de oferecer respostas efetivas ao usuário.

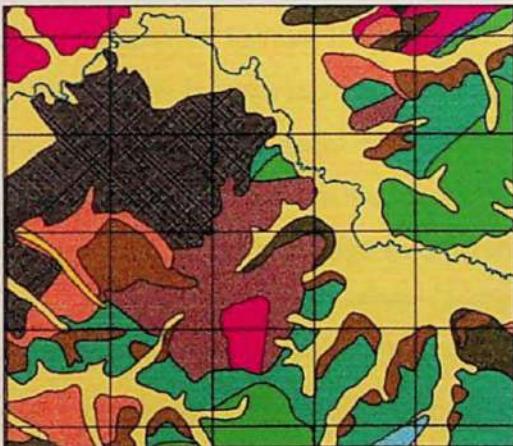
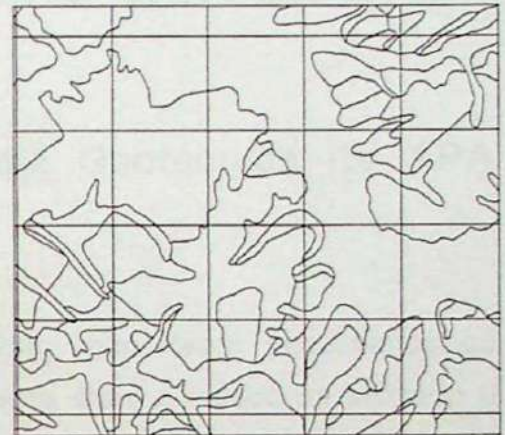
Selecionada a área a ser analisada, optou-se por transformá-la em formato digital para uma melhor visualização e compreensão, como pode ser observado na FIGURA 3. Nesta etapa do trabalho, foi realizada a escanização, digitalização e georreferenciamento da área selecionada, no caso a região de Mogi das Cruzes, que envolve a área da APA, para melhor apresentação da Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano, pois, por se tratar de uma publicação antiga (1986), esta





Escanerização da área a ser analisada para compilação da cartografia geotécnica

Composição da grade do mapa pelo georreferenciamento com coordenadas UTM e vetorização das linhas das unidades com o uso dos programas Autocad 14 e MicroStation



Inserção de cores para polígonos correspondentes às unidades geotécnicas com o Programa AutoCad

Sobreposição da base planialtimétrica ao mapa com as unidades usando o AutoCad.

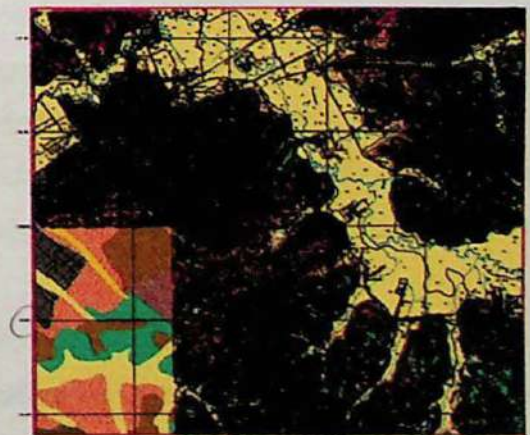


FIGURA 3 – Sequência de trabalhos efetuados para transformar em formato digital a área de estudo da Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano



com algumas restrições para uma perfeita interpretação, está em preto e branco e não possuindo o formato digital como é hoje normalmente utilizado.

Para a realização do tratamento dos dados, foi utilizado a carta geotécnica, na qual envolve a folha de Mogi das Cruzes na escala original 1:50:000 (modificada para 1:25.000 **ANEXO A**), e o Guia de Utilização da Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano, onde descreve de que maneira deve ser pesquisada, mostrando os passos para a confecção da mesma, e principalmente definições detalhadas dos padrões de relevo, aspectos e características geotécnicas das rochas e solos da Região Metropolitana de São Paulo.

## **7.4 Tratamento de Dados da Cartografia Geotécnica da APA Várzea do Rio Tietê**

Por se tratar de uma publicação recente (1999), não foram necessários os mesmos processos de digitalização usados na outra Carta. Para o estudo foi utilizado o trecho 2B (porção leste da RMSP) da Carta Geotécnica da APA o qual envolve as seguintes folhas 1:10.000: 5311, 5312 e 5314. (FIGURA 4).

Foram realizados então estudos de caráter geral, sob aspectos da geomorfologia e geologia, os quais estão bem definidos, auxiliado pela escala de maior detalhe 1:10.000. Nesse estudo houve participação do aluno (**ANEXO B**), auxiliando em sua pesquisa. O relatório técnico que acompanha a Carta Geotécnica possui várias informações de caráter ambiental, dentre eles: Carta de Uso e Ocupação do Solo, plano de gestão ambiental, dados da qualidade das águas e do ar, até propostas para alteração do limite da área de proteção ambiental em função do meio físico e biótico.

As informações contidas no relatório foram muito úteis para a compreensão da extensão da área mapeada, isto porque ela não é realizada em toda extensão da base planialtimétrica, limitando-se à faixa da APA e arredores. Temos aí também o quadro-legenda (**ANEXO C**), com as descrições das unidades geotécnicas utilizadas, com características do meio físico, o uso do solo, problemas existentes ou potenciais e recomendações para o planejamento e gestão.

A Carta Geotécnica da APA Várzea do Rio Tietê foi feita no formato digital georreferenciado, que possibilita constantes revisões e atualizações, a partir da incorporação de dados com diferentes formas de representação.

Os métodos para se obter a cartografia digital se divide em três fases:



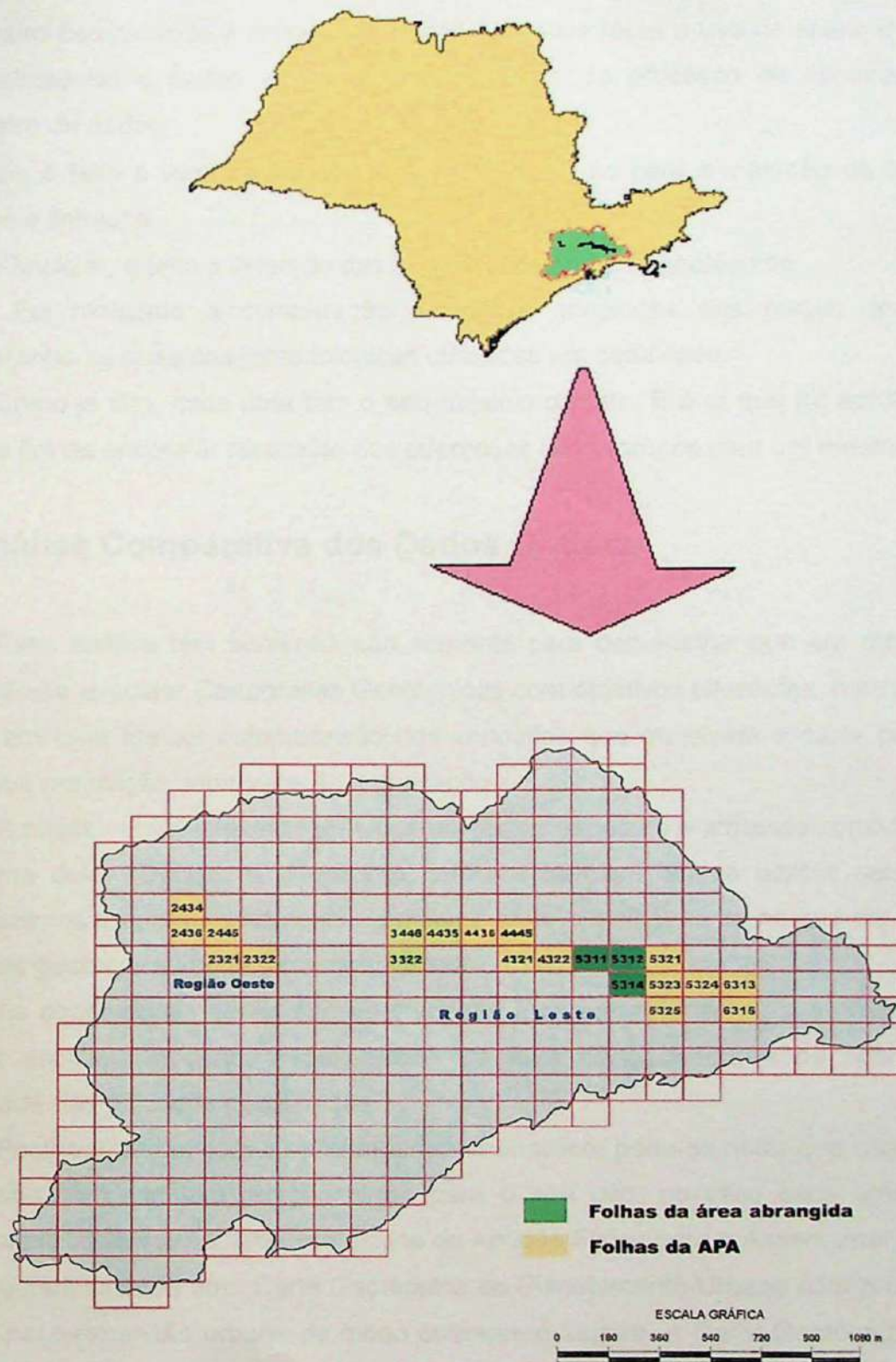


FIGURA 4 – Folhas 1:10.000 que envolvem as porções leste e oeste da APA, destacando o trecho utilizado para análise



- primeiro compreende a entrada de dados espaciais (com o uso de scanner ou mesa digitalizadora) e dados alfanuméricos, chamado de processo de escanização e registro de dados;
- depois é feita a vetorização dos arquivos e a edição para a inserção de toponímia, cores e linhas; e
- para finalizar, é feita a inserção das informações na carta geotécnica.

Foi realizado a comparação e análise minuciosa das cartas geotécnicas. Considerando as questões metodológicas utilizadas em cada caso.

Como já dito, cada uma tem o seu objetivo distinto. E é aí que foi aprofundado o estudo a fim de encontrar respostas das diferenças dos produtos para um mesmo local.

## **7.5 Análise Comparativa dos Dados Obtidos**

Essa análise tem serventia não somente para demonstrar que em uma mesma área pode-se executar Cartografias Geotécnicas com objetivos diferentes, mas acaba por chegar em uma melhor compreensão dos conceitos que envolvem a carta geotécnica, desde sua realização, interpretação e aplicação.

A análise envolve explicações dos diferentes aspectos e atributos considerado por cada uma delas. Dentre as diferenças, teremos também alguns pontos semelhantes, afinal estamos tratando exatamente da mesma área, principalmente no que diz respeito a respostas geotécnicas de determinado terreno.

As observações gerais são as primeiras a serem notadas para a análise, dentre elas as escalas da carta, a delimitação da área cartografada, e as diferenças na quantidade das unidades geotécnicas.

Posteriormente, com o aprofundamento analítico, pode-se notar que cada aspecto introduzido na carta tem relação direta para o seu uso, no caso cada uma visando objetivos particulares. A Carta Geotécnica de Aptidão Física para o Assentamento Urbano tem características de uma Carta Geotécnica de Planejamento Urbano com preocupação voltada para expansão urbana de modo coerente e segura. A Carta Geotécnica da APA Várzea do Rio Tietê tem um enfoque para preservação, com vistas ao uso e ocupação do solo, além da expansão urbana sobre a área de proteção ambiental, com atenção para a qualidade do meio ambiente.



## 7.6 Conclusões

A conclusão do trabalho terá a análise comparativa das duas Cartografias. Esta irá mostrar características que envolvem cada uma, com métodos utilizados, aplicação e resultados obtidos, principalmente caracterizando o objetivo da Monografia do Trabalho de Formatura, que é mostrar a realização de cartografias geotécnicas em uma mesma área com objetivos diferentes.

## 8. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

Atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Entrega do Projeto Inicial (PI)									
Levantamento Bibliográfico									
Estudo de várias Fontes referentes a Cartografia Geotécnica									
Coleta de Informações para Demonstrar a Confecção de Cartas Geotécnicas e Dados Referentes a Área									
Confecção e Entrega do Relatório de Progresso (RP)									
Tratamento dos Dados da Cartas Geotécnicas de Aptidão Física e da APA									
Confecção do Relatório Final									
Entrega do Relatório Final, e Defesa Perante Banca Examinadora (RE)									



## 9. CONFEÇÃO DE UMA CARTA GEOTÉCNICA

### 9.1 Introdução

Segundo alguns autores, a carta geotécnica mostra informações do solo e do subsolo de uma região, que ao serem interpretadas, prevêm possíveis respostas à intervenção humana e limitações de uso.

Dependendo do uso e do objetivo da carta é que serão determinados os elementos que a constituirão. Estes devem ser suficientes e necessários, para que possa orientar o profissional que vai utilizá-la de acordo com sua necessidade, podendo ser:

- proteção ambiental (contenção de erosão, controle de poluição, reflorestamento etc);
- agricultura (aproveitamento racional do solo);
- urbanismo (orientação no crescimento das cidades, construções, aproveitamento urbano, etc);
- industrialização (instalações industriais em áreas próprias etc);
- mineração; e
- obras de engenharia em geral (construções de estradas, de barragens, de obras de menor porte etc.).

Na maioria das vezes, todos os dados não poderão ser representados em uma mesma carta, assim vários documentos de detalhe poderão ser elaborados, servindo de base para a confecção de uma ou mais cartas geotécnicas finais. (SANTOS, 1989).

### 9.2 Confecção

Para a confecção de uma carta geotécnica, tem-se como roteiro a elaboração das seguintes cartas:

- Cartas de documentação: carta onde são registrados os pontos de coleta de dados, afloramentos descritos, amostragens, piezômetros, postos pluviométricos, sondagens etc.
- Cartas básicas: cartas com informações ou componentes do meio físico. Nesta as cartas são elaboradas de acordo com os tipos de informações que a carta geotécnica



deverá fornecer. Dependendo do objetivo, deve-se estudar quais serão necessárias para a confecção da carta final. Como exemplo:

- Carta geológica: subsídio básico para a carta geotécnica;
- Carta geomorfológica: apresentam o levantamento geomorfológico revelando propriedades do meio físico e suas possíveis resposta à intervenção humana.
- Carta pedológica: categoria dos solos e estado dos mesmos;
- Carta hidrogeológica: com regiões de baixa, média e alta permeabilidade, bacias hidrográficas, regiões de recarga de aquíferos etc;
- Carta de uso e ocupação do solo: mostra como está sendo usado o terreno, seja para tipos de habitações, culturas, reflorestamento, aterros etc;

A carta geotécnica final, dessa forma, seria uma síntese dos outros documentos ou cartas. Essas têm de conter um relatório que a descreva, mostrando os critérios usados e propostas de solução.

A FIGURA 5 mostra trechos da cartas básicas e da carta final dos Morros de Santos e São Vicente (PRANDINI *et al.*, 1980 *apud* SANTOS, 1989), elaborada na escala de detalhe 1:5.000, e que tinha por objetivo o estudo sobre os morros para um planejamento de sua ocupação urbana.

### 9.3 Metodologia para Elaboração da Carta Geotécnica

Em relação aos procedimentos metodológicos para elaboração da Carta Geotécnica, os autores propõem em geral que, inicialmente, sejam analisados problemas existentes e esperados, usando para isso informações do uso e ocupação do solo no local e zonas correlatas. Para isso torna-se necessário o conhecimento das transformações inerentes às formas de uso do solo, e dos elementos fundamentais dos processos e atributos do meio físico (geologia, geomorfologia e geotecnia).

A definição das características de interesse do meio físico resulta da análise e identificação das causas dos problemas pré-detectados.

O próximo passo é o mapeamento, das características do meio físico de interesse. Assim é feita uma busca orientada das informações, por meio de: coleta e análise de dados disponíveis (cartográficos, bibliográficos); mapeamento com recursos de levantamentos de campo, sensoriamento remoto, fotos aéreas e imagens de satélite.



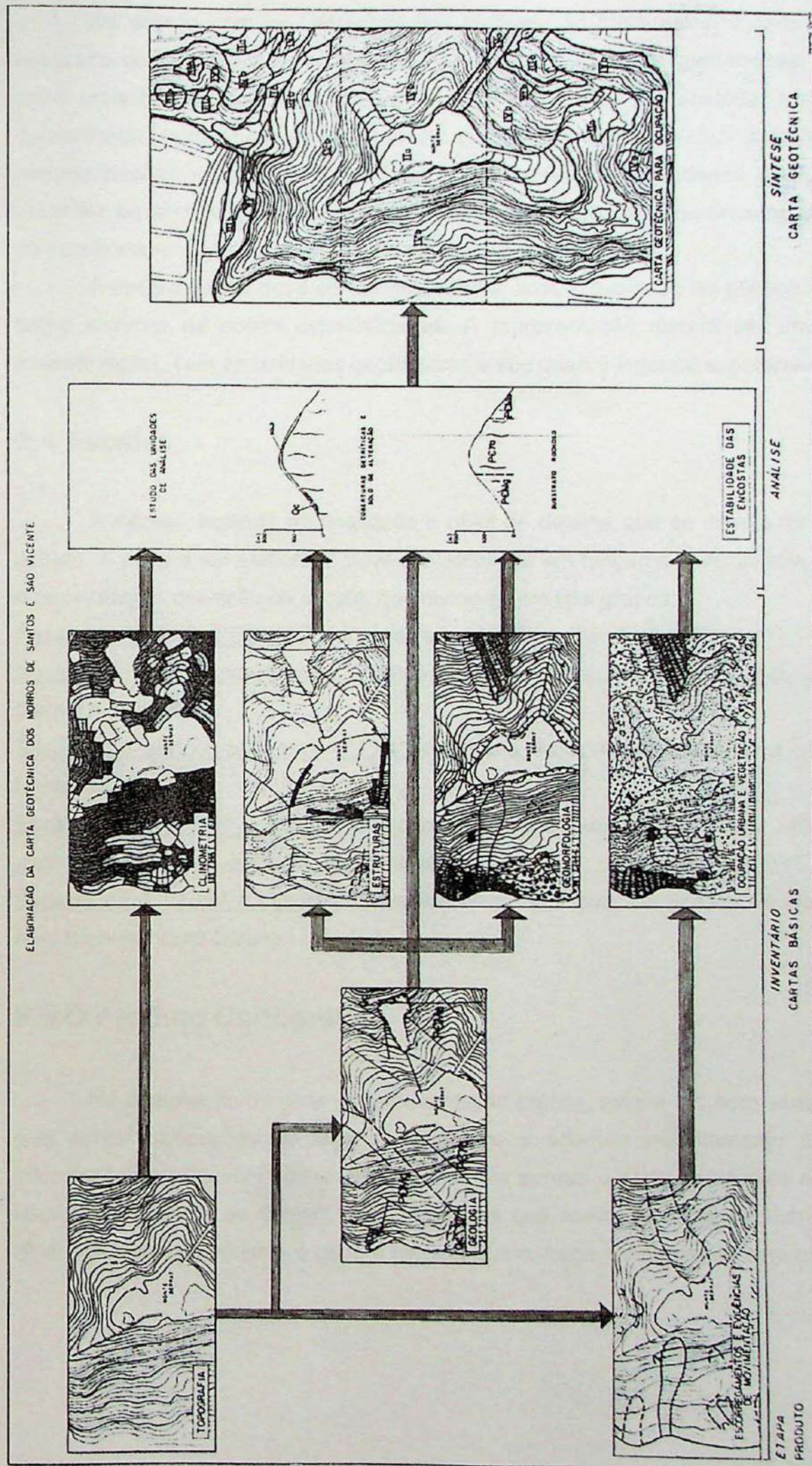


FIGURA 5 – Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente – Sequência geral dos trabalhos e seus produtos finais  
(Fonte: Prandini *et al.* 1980 *apud* SANTOS, 1989)



De acordo com as diferenças dos atributos do meio físico, a área estudada é separada em unidades territoriais, denominadas de unidades geotécnicas, segundo a maior probabilidade de eventuais riscos ou quanto a aptidão das unidades homogêneas a determinada forma de uso e ocupação. A cada unidade incorpora-se orientações de uso e recomendações minimizadoras de efeitos indesejáveis. As unidades geotécnicas são unidades de terreno de mesmo comportamento, para ser usado na prevenção e correção de problemas previstos em consequência de sua ocupação.

A apresentação deve ser de modo a dar acesso facilitado ao público interessado, como técnicos de outras especialidades. A representação deverá ser uma carta em formato digital, com as unidades geotécnicas e seu quadro-legenda explicativo.

## 9.4 Escalas

A escala depende da finalidade e nível de detalhe que se deseja ter da área de estudo. A carta a ser elaborada deve ser escolhida em função de seu objetivo. Para isso é necessário a definição da escala, que divide-se em três grupos:

Escalas superior a 1:500.000: cartas de escala regional, a nível de Estado;

Escalas de aproximadamente 1:250.000: escala regional, para regiões metropolitanas ou bacias hidrográficas;

Escalas de aproximadamente 1:100.000: escala regional, utilizadas para planejamento territorial.

Escalas de 1:50.000 a 1:10.000: escala para municípios e sub-bacias, utilizadas para grandes obras civis, estradas, planejamento territorial;

Escalas de 1:10.000 e maiores, utilizadas para obras civis localizadas de menor porte e para planejamento urbano.

## 9.5 O Produto Cartográfico

Na elaboração da carta, a representação gráfica, exigirá um bom senso, pois terá que definir unificações de legenda, símbolos e adequar perfeitamente à escala as informações que devem ser representadas. Isto porque a carta geotécnica deve dar, ao usuário, uma visão de conjunto de fenômenos que atuam na área, de maneira clara e dinâmica. Esse dinamismo é dado à medida que o mapa mostre muito bem as interações



entre as diferentes informações e relacionamentos entre elas, por meio de simbologia adequada e legenda unificada descritiva perfeitamente lúcida.

O produto cartográfico final deverá mostrar o desempenho dos diversos terrenos diante as formas de ocupação. A área estudada deve caracterizar as unidades geotécnicas estabelecidas, cada qual com recomendações específicas de caráter preventivo e corretivo, formuladas de modo a permitir a otimização do seu uso.

Em uma mesma área é possível existirem cartas geotécnicas diferentes de uma mesma região, dependendo dos seus objetivos e finalidades

## **10. ANÁLISE DAS CARTAS GEOTÉCNICAS UTILIZADAS**

As duas cartografias aqui apresentadas são de Cartas Geotécnicas de Planejamento e Gestão Territorial. Apesar de ambas serem do mesmo tipo apresentam diferentes objetivos específicos. Este tipo de carta consegue integrar as características do meio físico e dos modos de uso e ocupação do solo, resultando em informações que levam o desenvolvimento do território.

### **10.1. Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano**

#### **10.1.1 Introdução**

Esta cartografia geotécnica tem a característica de apresentar informações técnicas em linguagem de fácil assimilação a profissionais sem formação específica em geotecnia. Tem por objetivo principal o uso das informações relativas ao meio físico para que possam ser incorporadas no processo de uso e ocupação do solo, em especial quanto a orientação das áreas mais favoráveis a ocupação, além da identificação das características e prevenção dos problemas esperados em cada uma das unidades. (FIGURA 6).

Na Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano, são apresentadas orientações para a expansão urbana e critérios técnicos para a elaboração de projetos de parcelamento do solo, visando a minimização dos problemas geotécnicos, em especial quanto a erosão, escorregamentos de terra, assoreamento e enchentes. Para



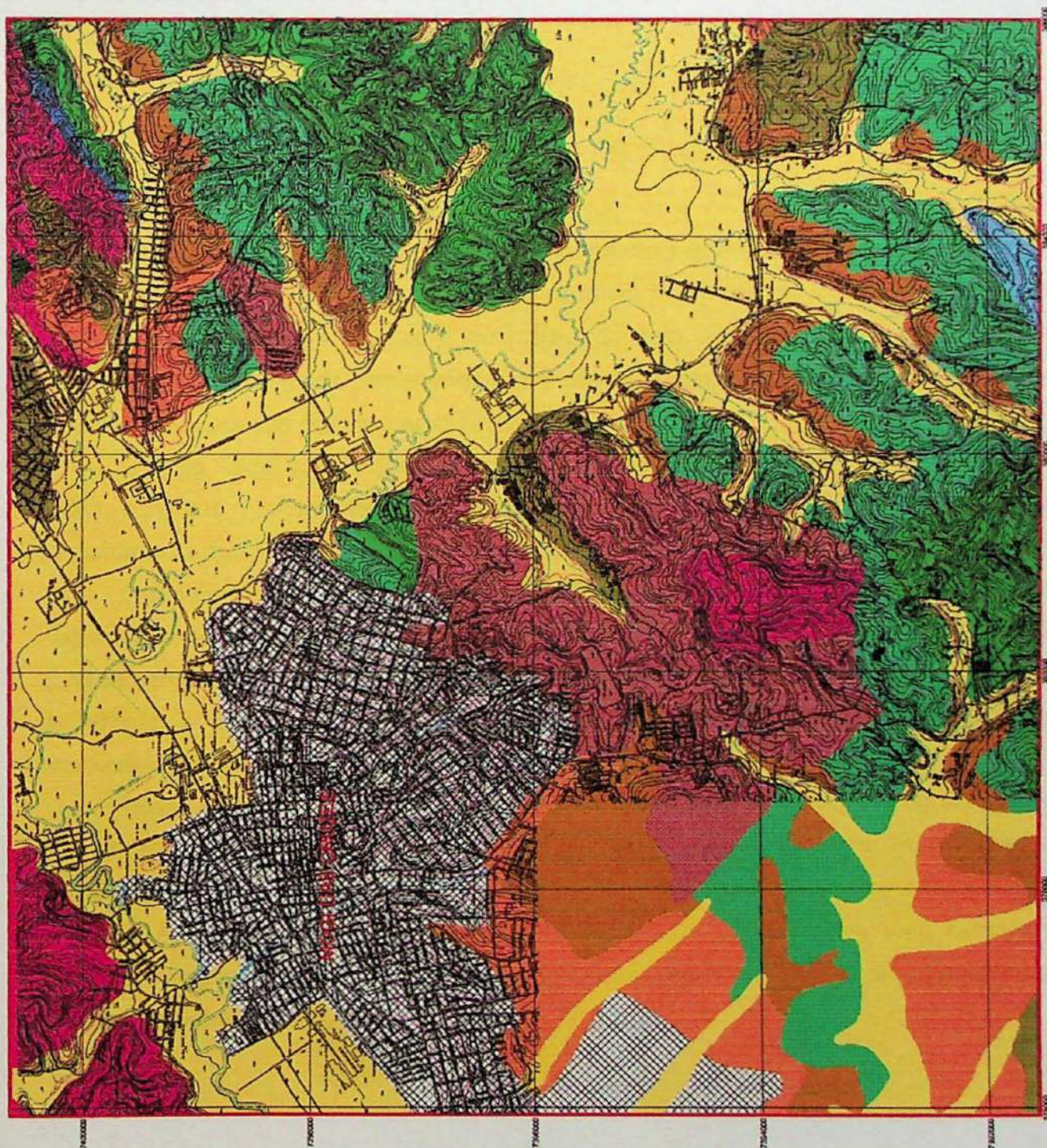


FIGURA 6 – Trecho Analisado da Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano



cada uma das Unidades Homogêneas em que foi subdividida a Região Metropolitana de São Paulo, são apontados:

- as características do relevo;
- as características geotécnicas gerais dos solos e das rochas;
- os fenômenos da dinâmica natural e os problemas mais comuns em função da implantação de loteamentos;
- a aplicação das unidades quanto a expansão urbana;
- os critérios técnicos gerais para elaboração de projetos de parcelamento mais adequados às condições do meio físico observados. (IPT, 1990).

### 10.1.2 Aplicação da Carta

Com o conhecimento dos vários fatores naturais que fazem parte da dinâmica do substrato e da superfície do solo, torna-se possível interpretar as características físicas que influem nas formas de uso e ocupação do solo. Estas informações influem na melhoria das condições de parcelamento que ocorre continuamente em muitas áreas sem a devida preocupação com as características locais.

O meio físico, constituído por diferentes formas de relevo, aliado a tipos de solo e rocha, constituem informações indispensáveis para a utilização das técnicas usadas no parcelamento do solo. ✕

Quando a ocupação é feita de maneira inadequada acarreta problemas de degradação de áreas, que por se tratar de habitações, torna-se, depois, de difícil solução. O loteamento que é realizado sem os devidos critérios, condiciona a área a sérios riscos de erosão e escorregamentos, tendo como conseqüência a destruição de aterros, assoreamento de córregos, enchentes etc.

Esses eventos podem ser evitados com o conhecimento prévio das características geotécnicas das áreas e com adoção de medidas adequadas para implantação de loteamentos.

A carta geotécnica de aptidão física mostra-se, então, como uma ferramenta bastante importante para um correto planejamento e estabelecimento de critérios ideais ao assentamento urbano.



### **10.1.3 Escala**

Esta carta geotécnica apresenta originalmente uma escala de 1:50.000, objetivando apresentar recomendações gerais. Como mostrado no capítulo sobre escalas, esta possui um caráter regional.

De acordo com a área de estudo desse trabalho, optou-se por usar uma escala maior para melhor compreensão para com a outra carta geotécnica.

### **10.1.4 Metodologia**

Esta carta foi elaborada tendo por base cartas topográficas, integrando dados referentes as formas de relevo, tipos de solo e rocha e seu comportamento geotécnico.

Foi elaborada a divisão dos diferentes padrões de relevo considerando as principais feições morfológicas. Para o estabelecimento destas características foram analisadas as plantas topográficas, enfatizando as linhas de declividade, (observando o adensamento de curvas de nível), a amplitude, as linhas de drenagem, além de observações de campo.

Integrando-se dados de relevo e dos tipos de rochas, foram definidas as chamadas Unidades Homogêneas, sendo essas definidas como áreas que possuem comportamentos semelhantes, quanto a processos do meio físico, diante dos usos do solo decorrentes de urbanização.

## **10.2 Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental – APA Várzea do Rio Tietê**

### **10.2.1 Introdução**

Este trabalho teve como objetivo a realização de um diagnóstico ambiental, o que visa identificar áreas degradadas em função dos diferentes usos do solo no qual é submetido na Área de Proteção Ambiental – APA Várzea do Rio Tietê. (FIGURA 7).

A confecção desta carta resultou de compilação bibliográfica e tratamento de questões pertinentes ao estudo. Para tanto, foram usadas outras cartas geotécnicas já realizadas na região, informações sobre a geologia do terreno e fotografias aéreas.



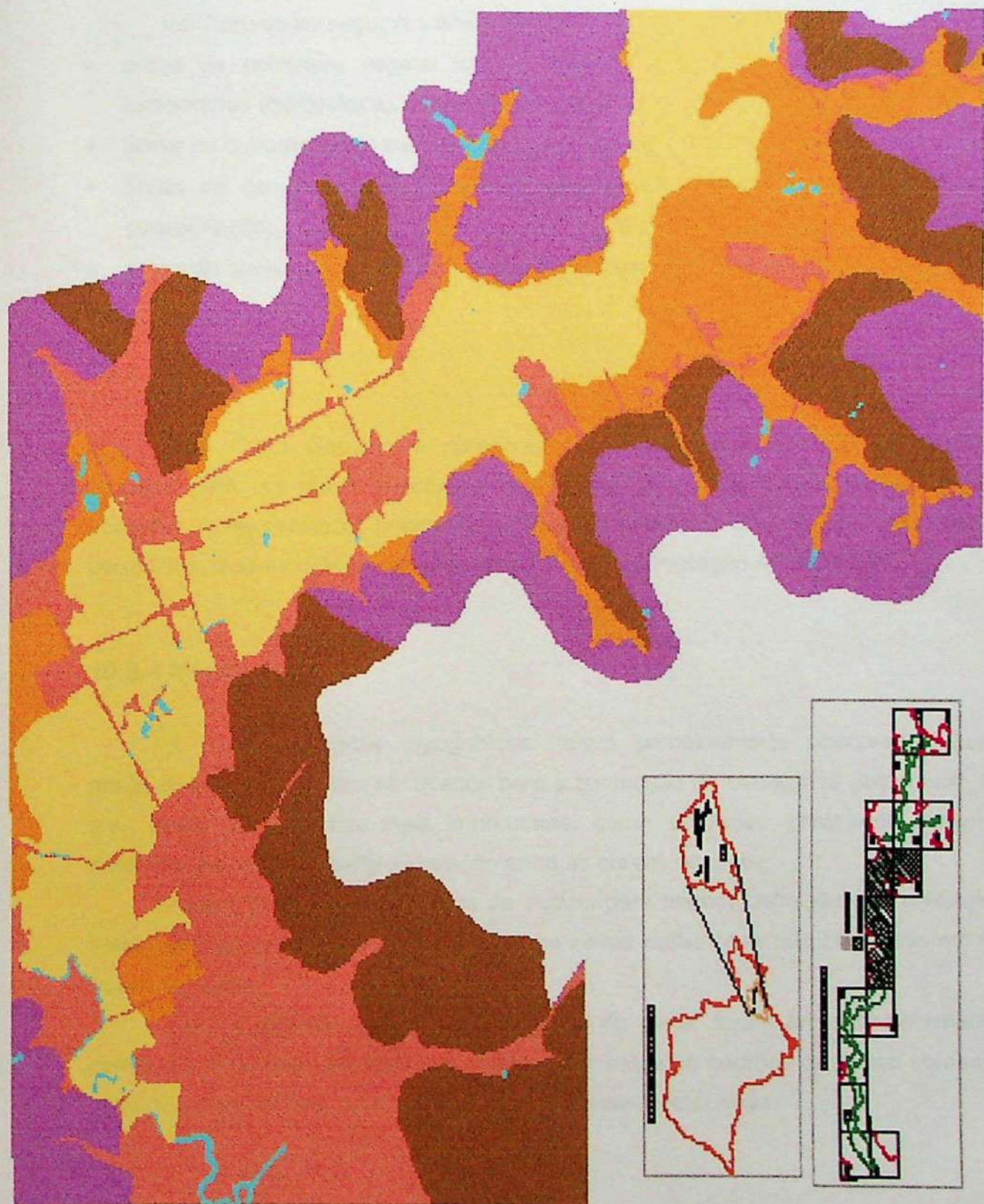


FIGURA 7 – Trecho Analisado da Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental – APA Várzea do Rio Tietê



### 10.2.2 Aplicação da Carta

A partir de trabalhos anteriormente realizados pelo IPT e Emplasa, com base em levantamentos aerofotogramétricos de 1986/87 e de 1984, efetuou-se a comparação entre formas de uso identificadas nesses períodos e no atual.

Verificou-se as seguintes alterações de uso:

- áreas de cobertura vegetal natural cederam lugar a campo antrópico, culturas temporárias (horticultura), ocupação urbana, favelas e solo exposto;
- áreas de culturas foram substituídas por ocupação urbana e indústrias;
- áreas de campo antrópico transformaram-se em áreas de ocupação urbana em consolidação;
- áreas de ocupação urbana em consolidação passaram a consolidadas. (IPT, 1999).

### 10.2.3 Escala

Esta Carta Geotécnica apresenta-se numa escala 1:10.000, mostrando sua vocação para um maior detalhamento da área. Com uma escala grande, é possível observar no mapeamento pequenos detalhes, dentre eles, usos do solo que não seriam permitidos, o avanço de instalações sobre a Área de Proteção Ambiental etc.

### 10.2.4 Metodologia

A partir de cartas topográficas, foram primeiramente observados quais os parâmetros que deveriam ser usados para a confecção da cartografia geotécnica. Dentre eles quais os aspectos mais importantes, como unidades geológicas presentes e declividade como resultado da relação entre as curvas de nível.

Foram executados trabalhos de campo para melhor definição das unidades pré-estabelecidas, assim como observações de novas edificações não presentes em mapas pouco recentes.

Com a atenção voltada para objetivo da carta, foram feitos levantamentos do comportamento dos terrenos, com informações sobre os padrões de relevo somados aos tipos de solo e rochas, para definição das unidades geotécnicas.



A partir do mapa geológico da área, mapa topográfico, fotos aéreas e anotações realizadas em campo, foi possível a delimitação das unidades geotécnicas. São caracterizadas por possuir comportamentos semelhantes frente as respostas dos terrenos à ocupação, de acordo com os objetivos de uma APA.

## 11. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DAS CARTOGRAFIAS GEOTÉCNICAS

As duas cartas englobam a área que margeiam o rio Tietê na porção mais a leste da Região Metropolitana de São Paulo. Compreendem a região de Mogi das Cruzes, e estão das seguintes coordenadas UTM: 7401000, 76000; 7391000, 376000; 7401000, 386000; 7391000, 386000.

A escolha da região selecionada deve-se a variedades litológicas e principalmente à variação das unidades geotécnicas, com diferentes informações a serem analisadas.

### 11.1 Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano

A Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano está originalmente na escala de 1:50.000 que foi modificada. Esta foi ampliada para uma escala de 1:25.000, para que tivesse uma maior riqueza de detalhes, além de uma análise comparativa de melhor qualidade.

É notada que existem em algumas partes da carta curvas de nível adensadas onde indica ser o aluvião, obviamente não se tratando do mesmo e sim de uma outra litologia. Mas isso se deve à escala da base planialtimétrica utilizada na confecção, no caso, 1:10.000 (a mesma utilizada para a confecção da Carta Geotécnica da APA) que, usada para 1:25.000, mostra algumas incongruência dos limite litológicos com as curvas de nível. Outro problema gerado pela utilização dessa base planialtimétrica (a única disponível), foi que a porção SW da carta ficou sem os dados topográficos, inexistentes nessa base.

Nessa cartografia geotécnica, a área urbana não foi mapeada, pois se trata de terrenos consolidados, isto é, já estão todos urbanizados. Assim, não foi necessário ser realizado estudo para a caracterização dessa área, considerando o objetivo dessa carta geotécnica de subsídio a expansão urbana.



Na Carta de Aptidão Física, observa-se que o quadro-legenda está dividido em 4 unidades: Áreas Favoráveis (1), Áreas com Restrições Localizadas (2), Áreas Passíveis de Ocupação com Sérias Restrições (3) e Áreas com Severas Restrições (4). Em cada uma delas estão diferentes grupos litológicos constituintes de cada unidade. O tipo de relevo e características do tipo de solo resultam em explicações das condições mais favoráveis, até restritas, para o parcelamento ou assentamento urbano.

No quadro legenda o termo *Unidade Homogênea* é aplicado porque mostra que as diferentes unidades litológicas do terreno possuem respostas semelhantes para a caracterização geral e aptidão física que determinada unidade apresenta frente a qualquer forma de uso que o solo seja submetido.

Nas Áreas Favoráveis (1) para o assentamento urbano temos sedimentos, xistos e filitos, apresentando um relevo de colinas com amplitudes predominantes de 40m e declividades de até 20%. A caracterização geral desta unidade é de uma topografia suavizada não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento.

As Áreas com Restrições Localizadas (2) para o assentamento urbano são compostas por quatro diferentes grupos litológicos, que são os sedimentos, xistos e filitos, migmatitos, e os granitos e gnaisses. Possuem um relevo de morrotes com amplitudes de 20%, com condições topográficas predominantemente favoráveis com alguns setores problemáticos devido a declividades maiores que 30%, e cabeceiras de drenagem que exigem cuidados especiais de projetos de implantação.

A unidade de Áreas Passíveis de Ocupação com Sérias Restrições (3) é também composta por quatro grupos litológicos: sedimentos, xistos e filitos, migmatitos, e os granitos e gnaisses. Predominam morros baixos de amplitudes de 100m e declividades de 30%. Possuem condições topográficas desfavoráveis ao assentamento urbano em muitos setores de encosta, impondo diretrizes rígidas de projeto de ocupação.

Nas áreas com Severas Restrições (4) temos aluviões, xistos e filitos. São divididos pois, apesar de estarem na mesma unidade e terem severas restrições, possuem características geotécnicas diferentes. Os aluviões são compostos por planícies e declividades inferiores a 5%, com pouca profundidade do freático e solos com baixa capacidade de suporte. Isto leva a problemas de enchentes e dificuldade para implantação de edificações. Os xistos e filitos possuem um relevo composto por morros altos com amplitudes de 150m e declividades maiores que 30%, que são consideradas elevadas e que dificultam o acesso às áreas potencialmente ocupáveis.



Mostra nesta Cartografia Geotécnica a preocupação com a segurança das pessoas que irão habitar determinada região. Estes tipos de cartas se tornam importantes para uso dos gestores na organização e controle de áreas que estão se expandindo e para a escolha de áreas para a implantação de projetos para edificações, sistema viário e obras de saneamento.

## **11.2 A Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental - APA Várzea do Rio Tietê**

A Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental - APA Várzea do Rio Tietê é dividida em três unidades: os Aluviões (1), o Embasamento Sedimentar (2) e Embasamento Cristalino (3), sendo que a unidade dos Aluviões está subdividida em três subunidades: Planícies Aluviais (1A), Terraços Aluviais (2B) e Aluviões Degradados (3B). O quadro-legenda apresenta informações de interesse do meio físico, aspectos do solo, processos existentes ou potenciais e recomendações para o planejamento e gestão.

Os Aluviões (1) são terrenos com depósitos de sedimentos Cenozóicos recentes, localizados junto a calhas de drenagem com declividade inferior a 3%.

Na Planície Aluvionar (1A) predominam culturas temporárias, possui áreas urbanas com edificações de moradias e indústrias, minerações de argila e areia em atividade. Os problemas existentes ou potenciais são as inundações, solapamento das margens das drenagens, alta susceptibilidade à contaminação das águas superficiais e subterrâneas, recalques localizados em fundações e dificuldade de escavação. É recomendado para essa unidade, atividade agrícola controlada, parques para exploração turística e ecológica e plano para mineração.

Na unidade dos Terraços Aluvionares (1B), o uso do solo é predominante com culturas temporárias, com loteamentos regulares e irregulares, como favelas e indústrias e mineração de areia. Os problemas também são de inundações, solapamento das margens das drenagens, recalques localizados, dificuldade de escavação, alta susceptibilidade à contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Nesta unidade deve ser evitada a ocupação humana.

Os Aluviões Degradados (1C) correspondem a porções do aluvião parcialmente ou totalmente urbanizadas com implantação de aterros para edificações de moradias, indústrias e construção de sistema viário. Há ocorrência de áreas alagadas e com inundação devido a impermeabilização do solo, além de processos erosivos dos aterros



levando ao assoreamento do rio, constituindo-se problemas que devem ser corrigidos nessa unidade.

O Embasamento Sedimentar (2) limita em grande parte os aluviões do rio Tietê. Possui baixa a média susceptibilidade à erosão e possibilidade de contaminação das drenagens por lançamento de efluentes domésticos. As recomendações para essa unidade são de cuidados com disposição clandestina de resíduos, coleta de lixo para ocupações próximas a drenagem, impedir disposição clandestina de resíduos.

O Embasamento Cristalino (3) é constituído por rochas do Pré-Cambriano, tem uma ocupação urbana intensa na área de morros. Tem alta susceptibilidade a processos erosivos e a escorregamentos. É recomendado para essa unidade que se evite a retirada do solo superficial, corrigir processos erosivos, implantar coleta de lixo em ocupações junto a drenagens.

### **11.2.1 Sobre a Área de Proteção Ambiental da Várzea do Rio Tietê**

A criação da Área de Proteção Ambiental da Várzea do Rio Tietê tem dentre seus objetivos preservar parte do território da Região Metropolitana de São Paulo, na região do Rio Tietê, para garantir sua função natural, ou seja, de ser reservatório para onde fluem as águas do leito do rio nas épocas de chuvas. Para tanto é necessário que se tenham as condições ecológicas locais e se discipline a exploração dos recursos naturais e o uso do solo.

A Área de Proteção Ambiental – APA – é uma unidade de conservação relativamente recente. Sua utilização no Brasil data do início da década de 1980. Estes territórios de interesse do poder público determinam áreas de proteção ambiental, a fim de assegurar o bem estar das populações humanas e a proteção, recuperação e conservação dos recursos naturais.

As APAs delimitam territórios de extensões variadas e podem abranger um município apenas ou vários. Essas áreas são adotadas de diferentes atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais, importantes para a qualidade de vida da população no seu interior como também do seu entorno.

Essas áreas abrigam ecossistemas significativos para o Estado de São Paulo, bem como bancos genéticos considerados fundamentais para gerações presentes e futuras, e resguardam seus recursos ameaçados por usos predatórios e indiscriminados, comprometendo a água, o ar, o solo, o subsolo e a biota.



As grandes várzeas inundáveis, leitos ou "bacias de inundação" atuam como reservatórios naturais na regularização das enchentes em áreas localizadas a sua jusante. São espaços destinados para a vazão e o escoamento natural do fluxo fluvial. Sem as várzeas alagadiças as inundações tomam proporções alarmante na Região Metropolitana de São Paulo. As águas transbordam para fora da calha do rio, carregando o que estiver obstruindo o seu livre fluxo.

As enchentes do Tietê, como um fenômeno de profundo transtorno para a capital, são uma realidade relativamente recente. Estas ocorrências começaram a ser notadas depois dos anos 50, com o grande crescimento econômico e demográfico e expansão urbana até para as margens do Tietê.

A ocupação dessas áreas de várzea do Tietê por moradias, indústrias, minerações, entulhos, lixões, etc., vem se agravando de uns trinta anos para cá, comprometendo seriamente a função natural da várzea e a qualidades das águas do rio. A oscilação das suas vazões nos meses das águas passa a ser acompanhado com preocupação, pois gera condições necessárias para a ocorrência de enchentes periódicas com conseqüências catastróficas.

A Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê que foi criada pela Lei Estadual nº 5598, de 06 de janeiro de 1987, abrange na sua porção leste, parte dos municípios de Saleópolis, Biririba Mirim, Mogi das Cruzes, Suzano, Poá, Itaquaquecetuba, Guarulhos e São Paulo. Já na sua porção oeste, têm-se Osasco, Barueri, Carapicuíba e Santana do Parnaíba.

## 12. ANÁLISE COMPARATIVA

### 12.1 Escala

A primeira vista, o que facilmente chama a atenção é a diferença de escala entre ambas. Enquanto a Carta Geotécnica da Área de Proteção Ambiental – APA Várzea do Rio Tietê foi apresentada em 1:10.000, a Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano foi elaborada em uma escala de 1:50.000. Essa diferença revela a preocupação da Carta Geotécnica da APA em representar informações mais detalhadas da área de estudo, onde os limites estão mais precisos, enquanto na Carta Geotécnica de Aptidão Física, possui dados de aspecto regional.



## 12.2 Área de Estudo

Outra particularidade facilmente observada, são as áreas que foram realizadas a cartografia geotécnica. Na Carta Geotécnica de Aptidão Física para o Assentamento Urbano é abrangida toda a área do mapa, executada sobre as bases topográficas 1:50.000 da Região Metropolitana de São Paulo, no caso a folha Mogi das Cruzes.

Já na Carta Geotécnica da APA, o limite da área mapeada acompanha o rio Tietê, pois esta cartografia visa a área de proteção da várzea. Esta delimitação é resultado do acompanhamento dos limites da APA, englobando também as drenagens que desembocam no rio Tietê. Para isso, foram utilizadas bases 1:10.000 da Região Metropolitana de São Paulo, mais especificamente as folhas que acompanham o rio.

## 12.3 Unidades Geotécnicas

Para cada carta foram desenvolvidas Unidades Geotécnicas que preenchem as necessidades de cada uma delas. Essas convenções foram estipuladas observando o objetivo de cada uma, detalhando ou englobando as várias características do solo.

Para a Carta Geotécnica de Aptidão Física, as unidades receberam a denominação de *Unidades Homogêneas* porque cada Unidade Geotécnica possui comportamentos semelhantes para expansão urbana. Já na Carta Geotécnica da APA, as diferentes Unidades Geotécnicas correspondem a terrenos com diretrizes semelhantes para sua gestão. A APA está delimitada pela linha tracejada na cor verde no **ANEXO B**. Essa área teve um maior aprofundamento do seu estudo, com a observação de diferentes aspectos que são pertinentes à diferenciação em unidades para os processos existentes ou potenciais, e recomendações para o planejamento.

A Unidade 1 (*Aluviões*) foi então dividida em 3 subunidades que apresentam diferentes aspectos: as *Planícies Aluviais* (Unidade 1A), *Terraços Aluviais* (Unidade 1B) e *Aluviões Degradados* (Unidade 1C). Cada subunidade apresenta diretrizes diferenciadas para sua gestão

A Unidade 2 da Carta Geotécnica da APA (*Embasamento Sedimentar*) engloba todas as rochas sedimentares, o que lhe conferiu uma única unidade por possuir características e respostas iguais quando observado os problemas, processos e recomendações que irão influenciar na Área de Proteção Ambiental.



A Unidade 3 o (*Embasamento Cristalino*), apesar de apresentar litologias diferentes (xistos, granitóides e migmatitos), possuem susceptibilidade ao processo erosivo semelhantes, que é o problema maior para a APA, a qual é assoreada com o material erodido dessa Unidade 3.

### 13. CONCLUSÃO

Este trabalho traz informações pesquisadas em diversas bibliografias trazendo informações da cartografia geotécnica, como os tipos de carta geotécnica, metodologia para a elaboração de uma carta para que o leitor interessado no assunto possa ter aqui uma referência de auxílio.

Com as análises realizadas, tem-se aqui confirmada a hipótese apresentada inicialmente no objetivo da pesquisa, ou seja: dependendo do uso do solo que se pretende tratar, a carta geotécnica pode se diferenciar. Assim sendo, para diferentes finalidades de uso e ocupação do solo, os atributos do meio físico utilizados serão também diferentes, tanto na delimitação cartográfica das unidades geotécnicas, como nas diretrizes do quadro-legenda dessas cartas.

### 14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental). 2001. **IV Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica – Geoprocessamento e Municipalidade**. Brasília-DF - 1º Circular.
- CARVALHO, T.C.de. 1999. **Geologia Urbana para Todos: uma visão de Belo Horizonte**. Belo Horizonte. 176 p.
- CARVALHO, J.A. 1998. Palestra: **Perigos Geológicos Cartografia Geotécnica e Proteção Civil**. 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. ABGE. Florianópolis – SC.
- CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINE, J. E. 1996. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método do detalhamento progressivo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, Rio de Janeiro, ABGE, 1996. v. 2, p. 537-547.



- FREITAS, C.G.L. 2000. **Cartografia Geotécnica de Planejamento e Gestão Territorial: Proposta Teórica e Metodológica**. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. 238 p.
- GARIBALDI, C.M., **Cartografia de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos no Município de Embu – RMSP**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo. 155p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1986. **Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano. Carta Geotécnica Aplicada ao Planejamento Urbano da Grande São Paulo**, escala 1:50.000. São Paulo. IPT. SNM. EMPLASA.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 2000. **Folder do Laboratório de Cartografia Geotécnica (LCG) – Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente (Agama) - Divisão de Geologia (Digeo)**.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO -IPT. 1999. **Diagnóstico ambiental – Identificação de áreas degradadas em função dos diferentes usos do solo na Área de Proteção Ambiental - APA - Várzea do Rio Tietê, SP**. (Relatório nº 44110).
- NORIS, C.D. 1998. **Automação da Cartografia Geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental**. Dissertação de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 297 p.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. 1993. SECRETARIA DA HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Carta Geotécnica do Município de São Paulo**. São Paulo. PMSP. Sempla. Deplano.
- PEDRO, F.P. 1999. **Criação da carta geotécnica do município de Pariquera-Acú (SP) utilizando-se técnicas realizadas em um sistema de informações georreferenciadas (SIG)**. Monografia de Trabalho de Formatura. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 59 p.
- PRANDINI, F.L. et al. 1995. Cartas geotécnicas nos planos diretores e regionais. In: Bitar, O.Y. **Curso de Geologia de Engenharia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE. p.187-202.
- SANTOS, L.F.; 2000. **Cartografia Geotécnica Regional do Município de Palmas / TO: área oeste do meridiano 48° W**. Gr.. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-



072A/00, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 150 p.

SANTOS, M.C.S.R.dos. 1989. **Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. (Publicação IPT; nº 1773)

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (SMA). 1999. **Área de Proteção Ambiental – APA – Várzea do Rio Tietê**. Documentos ambientais. São Paulo.

ANEXOS



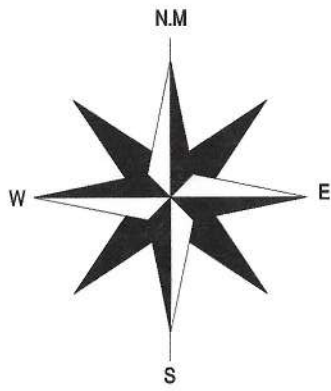
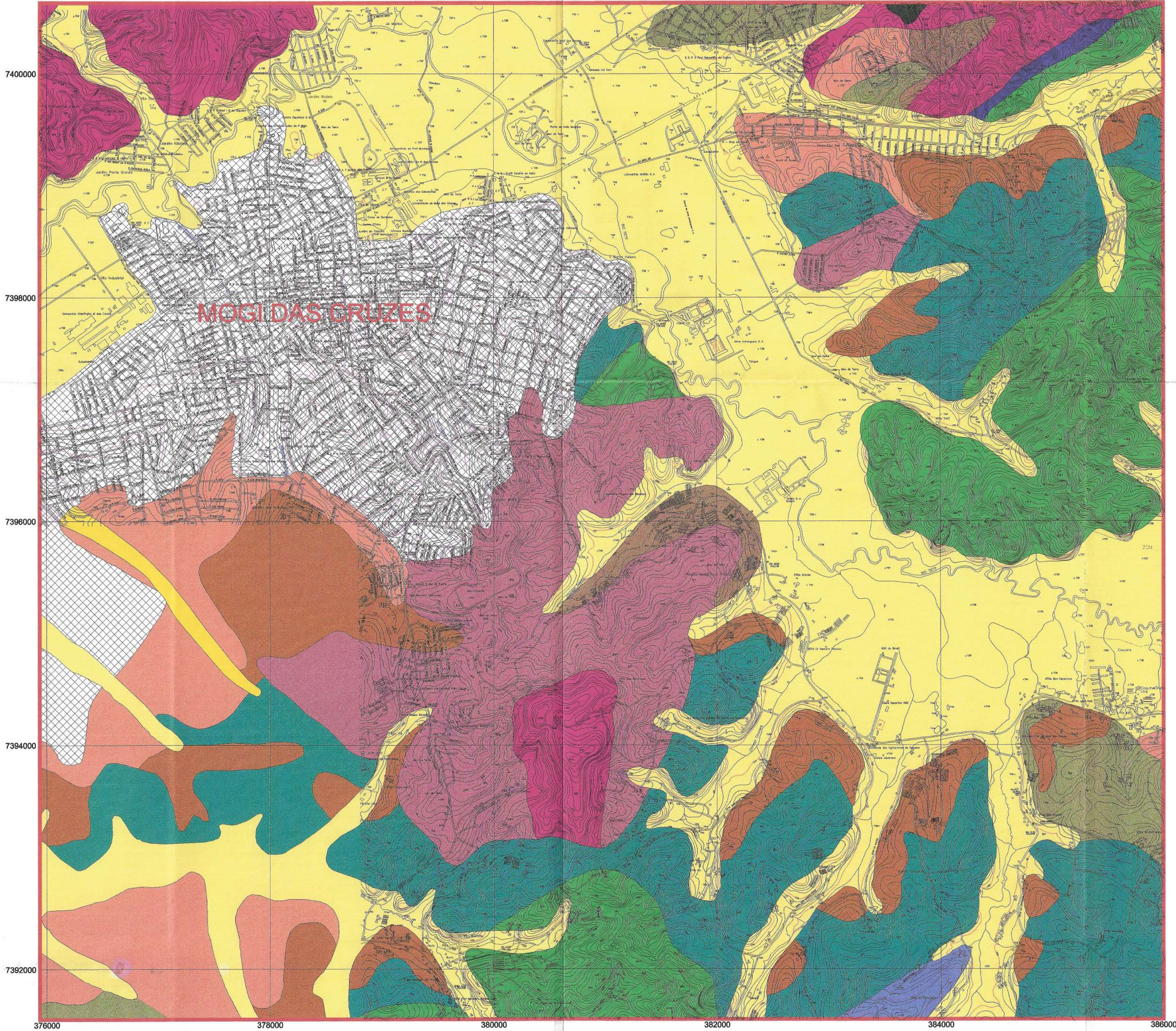
# **ANEXOS**



17116

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP  
- BIBLIOTECA -

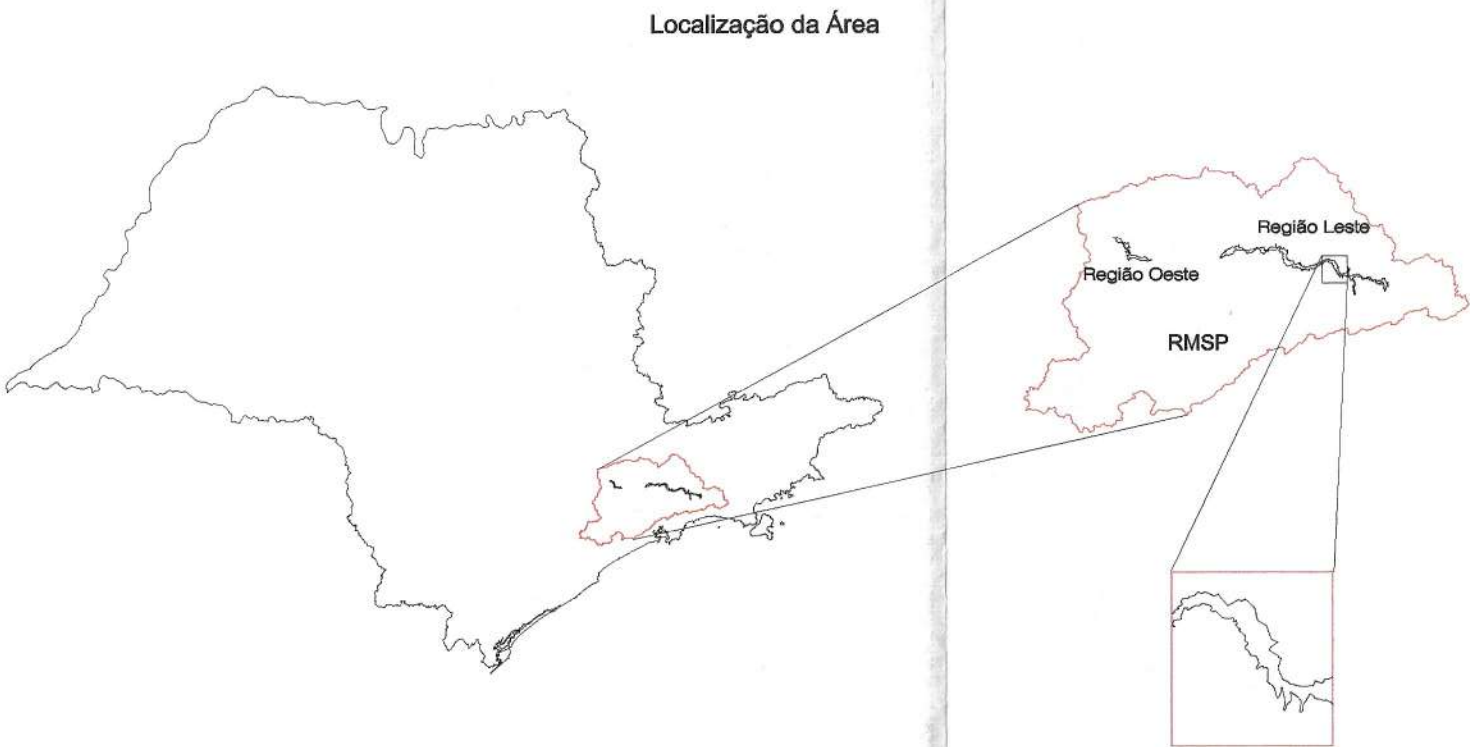
# Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano



Legenda

Aptidão Física para Assentamento Urbano

Unidades Homogêneas		Aptidão Física	Caracterização Geral
Litologia	Relevo		
Sedimento da Formação São Paulo e Correlatos	Colinas Predominam Amplitudes de 40m e Declividades de até 20%	1 Áreas Favoráveis	Topografia suavizada não exigindo práticas especiais em projetos de parcelamento
Xisto e Filito			
Sedimento da Formação São Paulo e Correlatos	Morrotes Predominam Amplitudes de 20%	2 Áreas com Restrições Localizadas	Condições topográficas predominantemente favoráveis com alguns setores problemáticos (declividades maiores que 30% e cabeceiras de drenagem) que exigem cuidados especiais de projeto e implantação
Xisto e Filito			
Migmatito			
Granito e Gnaíse	Morros Baixos Predominam Amplitudes de 100m e Declividade de 30%	3 Áreas Passíveis de Ocupação com Sérias Restrições	Condições topográficas desfavoráveis em muitos setores de encosta que impõem diretrizes rígidas de projeto de implantação
Sedimento da Formação São Paulo e Correlatos			
Xisto e Filito			
Migmatito		4 Áreas com Severas Restrições	Baixa declividade do terreno, pouca profundidade do lençol freático e ocorrência de solos com baixa capacidade de suporte. Sérios problemas de enchentes e dificuldade para implantação das obras de saneamento, edificações e sistema viário.
Granito e Gnaíse			
Aluvião	Planícies Aluviais Predominam Declividades Inferiores a 5%		Amplitudes e declividades elevadas, dificultando as condições de acesso às áreas potencialmente ocupáveis (topos de morro).
Xisto e Filito	Morros Altos Predominam Amplitudes de 150m e Declividades Maiores que 30%		



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

	Limite de Município
	Sistema Viário
	Drenagens, Reservatórios e Lagos
	Curvas de Nível de 5 em 5 m
	Ponto Cotado
	Área Urbana

Fonte : EMPLASA / IPT, 1986 - Escala original 1:50.000 (modificada)  
Base Planialtimétrica : dados digitais referentes ao Projeto "Área de Proteção Ambiental - APA - Várzea do Rio Tietê".

Monografia do Trabalho de Formatura

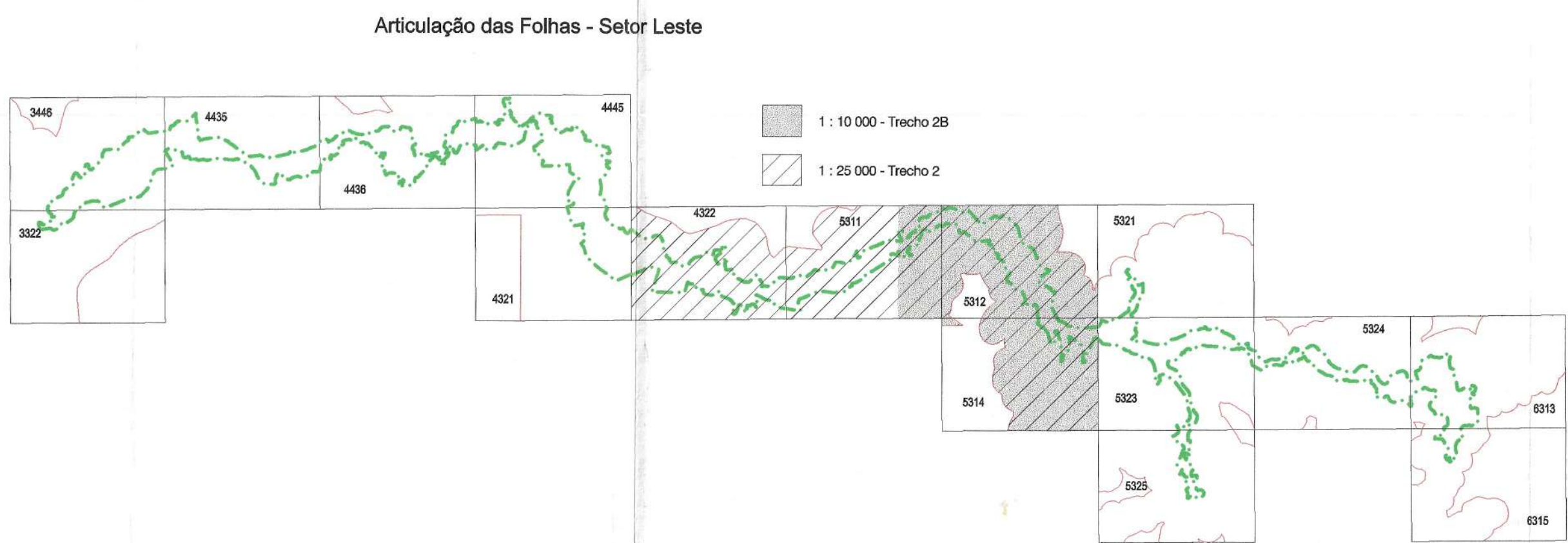
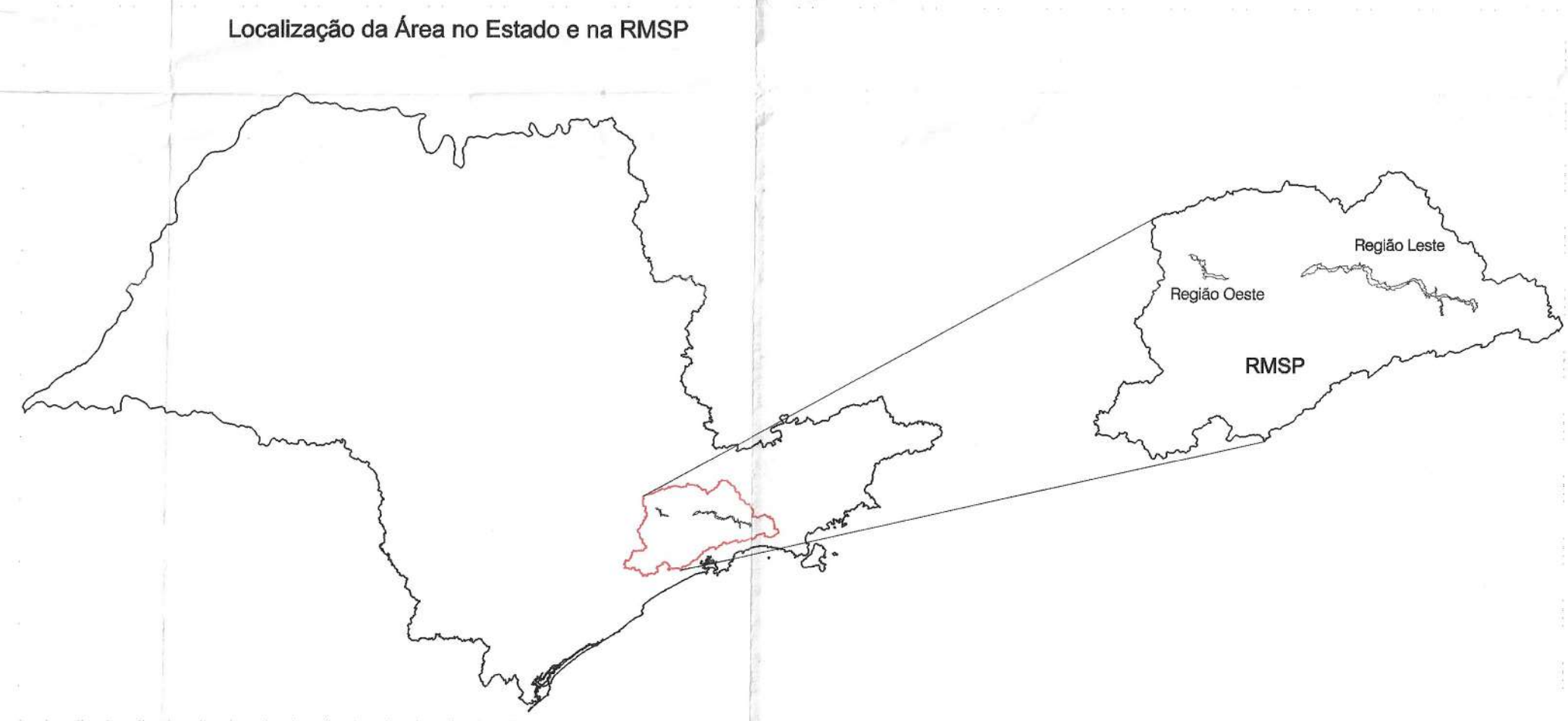
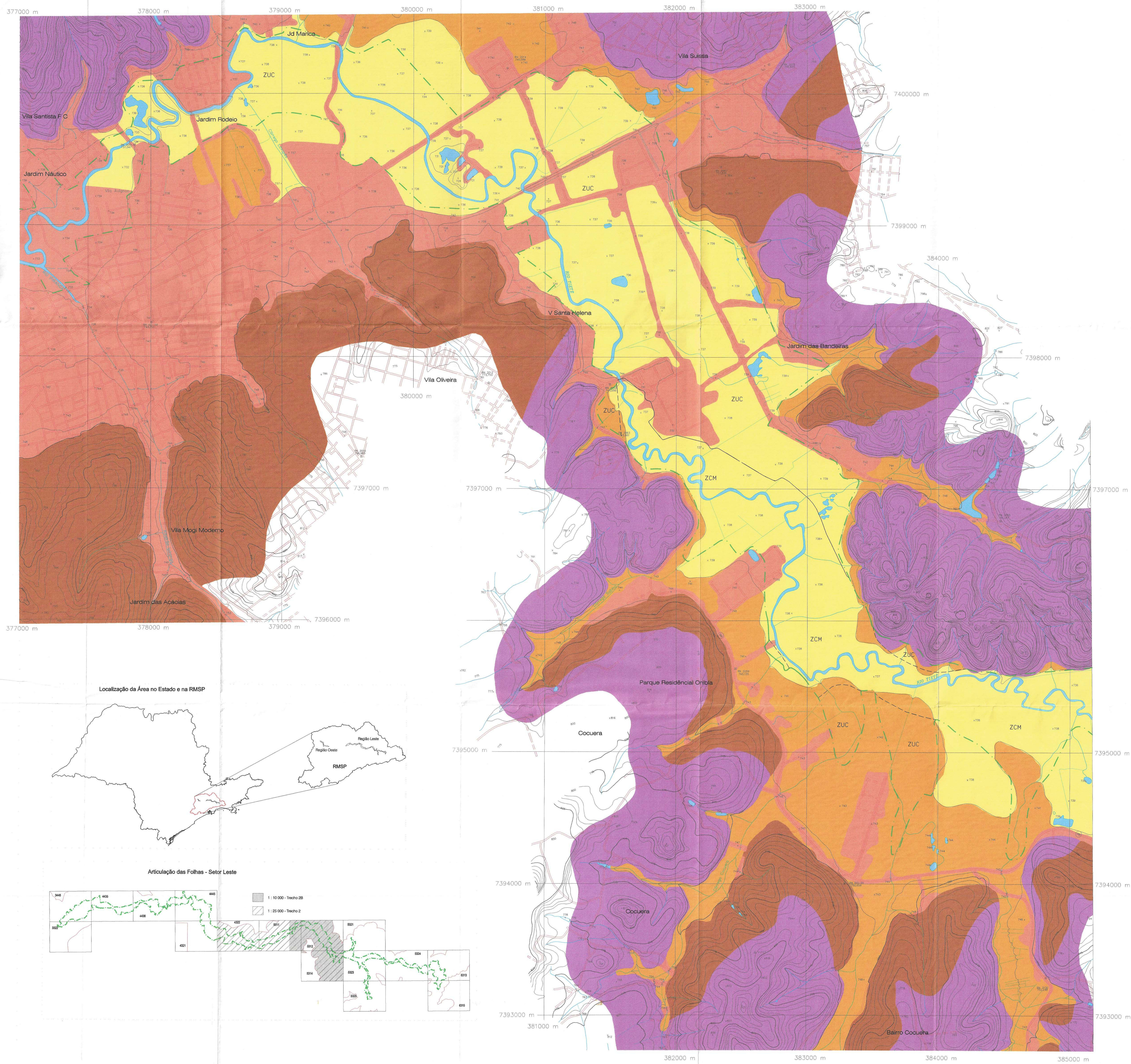
Crístinis Antonio Ladan

Carta Geotécnica de Aptidão Física ao Assentamento Urbano

Escala 1:25 000

TF-2001/12





**CARTA GEOTÉCNICA DE PLANEJAMENTO  
E GESTÃO TERRITORIAL DA APA VÁRZEA  
DO RIO TIETÊ E ENTORNOS - SETOR LESTE  
TRECHO 2B**

**EQUIPE TÉCNICA**

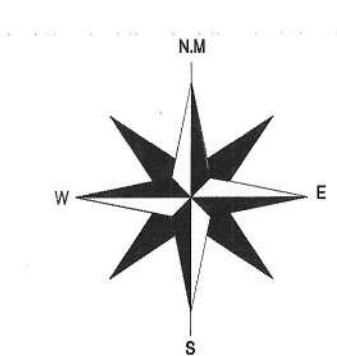
**Coordenação**  
Geógr. Maria Cristina Jacinto de Almeida

**Elaboração da Carta Geotécnica**  
Téc. Benedito Nachbal  
Geól. Carlos Geraldo Luz de Freitas  
Est. Cristinês Antonio Ladan  
Téc. Waldomiro de Oliveira

**Cartografia Digital**  
Mat. Ana Candida Melo Cavani Monteiro  
Téc. Ana Maria de Azevedo Dantas Marins  
Fis. Mário Otávio Costa  
Tecn. Nivaldo Paulon  
Téc. Nodli Andrade Pereira

- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**
- Limite da APA Várzea do Rio Tietê
  - Limite das Zonas
  - Limite de Município
  - Sistema Viário
  - Dragagens, Reservatórios e Lagos
  - Curvas de Nível de 5 em 5 m
  - Ponto Coteado

- LEGENDA**
- UNIDADES GEOTÉCNICAS**
- 1A - Planícies Aluviais
  - 1B - Terrapós Aluviais
  - 1C - Aluviões Degradados
  - 2 - Embasamento Sedimentar
  - 3 - Embasamento Cristalino



BASE PLANALTIMÉTRICA : dados digitais referentes ao Projeto "Área de Proteção Ambiental - APA - Várzea do Rio Tietê", desenvolvido em parceria SMA/CPLA e Emplasa, 1997, simplificados.

Escala 1:10 000

100 0 100 200 300 400m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

1999



QUADRO LEGENDA - APA VÁRZEA DO RIO TIETÊ

Relatório Nº 40 920

UNIDADES		CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE DO MEIO FÍSICO	ASPECTOS DO USO DO SOLO	PROCESSOS/PROBLEMAS EXISTENTES OU POTENCIAIS	RECOMENDAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL
1 - ALUVIÕES	1A - PLANÍCIES ALUVIAIS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Terrenos com depósitos de sedimentos cenozóicos recentes, localizados junto às calhas das drenagens, mais expressivos em extensão nos trechos entre Salesópolis e São Paulo, e menos significativos na porção oeste da APA;</li><li>- foram divididos em três subunidades, face a diferenças no comportamento geotécnico: 1A, correspondente às planícies aluviais; 1B, compreendendo terraços aluviais e materiais colúvio-aluvionares, mais antigos; e 1C, que contém porções das subunidades 1A e 1B, completamente descaracterizadas por obras, com implantação de aterros para edificações e construções de sistemas viários;</li><li>- constituídos predominantemente por solos hidromórficos, Glei Húmicos e pouco Húmicos, com texturas bastante variadas, de arenosas a argilosas. Podem apresentar matéria orgânica na camada superior e níveis de cascalho na base;</li><li>- baixa coesão dos sedimentos em geral, e baixa permeabilidade e capacidade de suporte nos terrenos constituídos por sedimentos argilosos;</li><li>- declividade média inferior a 3%, com nível d'água raso, podendo aflorar por ocasião de eventos de maior pluviosidade.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- A maior parte desta subunidade faz parte da APA Várzea do Rio Tietê, constituindo-se também em áreas de preservação, segundo o Código Florestal;</li><li>- vegetação hidrófila, característica de várzea, de porte arbóreo a rasteiro, onde estão englobadas as matas ciliares e os campos antrópicos;</li><li>- predomínio de culturas temporárias (horticultura) no trecho de Salesópolis até Mogi das Cruzes;</li><li>- trechos com retificação da drenagem e implantação de aterros, assimilados pelas áreas urbanas, com edificações de moradias e indústrias, construção de parte do sistema viário municipal e disposição de resíduos urbanos, mais expressivos nos municípios de Mogi das Cruzes a São Paulo, com tendências de adensamento nos demais municípios, passando a constituir parte da subunidade 1C;</li><li>- mineração de areia e argila em atividade, principalmente em Itaquaquecetuba e Carapicuíba, ou paralisada, eventualmente com extração irregular, e minerações abandonadas, algumas reabilitadas, tal como o Parque Ecológico, na sua porção correspondente a essa subunidade;</li><li>- obra para instalação da barragem de Biritiba-Mirim.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Inundações fluviais, que ocorrem naturalmente por ocasião das enchentes, com alta suscetibilidade à alteração desse processo em consequência de atividades que modifiquem as características físicas dos terrenos dessa subunidade, tais como a construção da barragem da Ponte Nova, atividades agrícolas, com construção de canais, e ocupação urbana, com construção de aterros;</li><li>- solapamento das margens das drenagens, provocando assoreamento do seu leito, incrementado por materiais advindos de erosão em unidades situadas a montante, extrapolando as áreas inundáveis também para as subunidades 1B e 1C;</li><li>- alta suscetibilidade à contaminação das águas de superfície e do lençol freático, por fossas e lançamento de efluentes domésticos e industriais diretamente em terrenos desta subunidade, ou mesmo procedentes de outras unidades a montante, através dos afluentes do rio Tietê, que, ao atravessar as áreas urbanas, passam a se constituir em verdadeiros canais de esgoto a céu aberto;</li><li>- recalques localizados em fundações, aterros, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários, por adensamento de solos moles;</li><li>- dificuldade de escavação pela baixa coesão dos materiais e nível d'água raso, além de instabilidade em paredes de escavação dos terrenos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Terrenos desta subunidade são indicados basicamente para atividades agrícolas controladas, eventualmente minerárias, e como Unidades de Conservação ou parques para exploração turística e ecológica, sendo que toda ocupação deverá considerar as questões legais impostas nas áreas de preservação permanente;</li><li>- para mineração, executar uma carta de potencialidade e de zoneamento minerário, e estabelecer uma política subordinando esta atividade a estudo prévio, que permita identificação e caracterização de impactos ambientais, para definição de medidas de mitigação e realização de plano de recuperação posterior da área, de acordo com as legislações vigentes e com fiscalização rígida;</li><li>- para culturas, monitorar o uso de agrotóxicos, evitando a contaminação do solo e da água;</li><li>- recompor as matas ciliares;</li><li>- impedir terminantemente a expansão de edificações nessa subunidade. Em situações de ocupação já instalada, exigir estudos específicos para correção dos problemas decorrentes, especialmente relativos a processos erosivos e de disposição de resíduos e efluentes.</li></ul>
	1B - TERRAÇOS ALUVIAIS		<ul style="list-style-type: none"><li>- Parte dessa subunidade encontra-se na APA Várzea do Rio Tietê, constituindo-se também em áreas de preservação, segundo o Código Florestal;</li><li>- vegetação de porte arbóreo e rasteiro, onde estão englobadas as matas ciliares e o campo antrópico, atualmente sendo parcialmente substituída por vegetação hidrófila, característica de comunidades aluviais;</li><li>- predomínio de culturas temporárias (horticultura) no trecho de Salesópolis até Mogi das Cruzes, às vezes abandonadas e transformadas em campo antrópico ou pastagens;</li><li>- parte das áreas urbanas, consolidada e em consolidação, utilizou terrenos dessa subunidade, com loteamentos (regulares e irregulares), favelas, concentração de indústrias, canalização de drenagens, construção de parte do sistema viário municipal e áreas com disposição de resíduos urbanos e aporte de efluentes, com tendências de adensamento, passando a constituir parte da subunidade 1C;</li><li>- mineração de areia em atividade, principalmente em Itaquaquecetuba e Carapicuíba, ou paralisada, eventualmente com extração irregular, e minerações abandonadas, algumas reabilitadas, tal como o Parque Ecológico, na porção correspondente a essa subunidade.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Áreas alagadas, que ocorrem naturalmente por ocasião das chuvas, devido ao escoamento lento das águas pluviais em terrenos de baixa declividade, atualmente incrementadas por ocupação com implantação de sistema de drenagem inadequado, e com possibilidades de reincorporação dessa subunidade como áreas novamente sujeitas à inundação, em decorrência de alterações nas características do meio físico da subunidade 1A;</li><li>- processo erosivo e solapamento das margens das drenagens, provocando assoreamento do seu leito e das planícies aluviais a jusante (subunidade 1A), extrapolando as áreas inundáveis para os terraços aluviais;</li><li>- recalques localizados em fundações, aterros, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários, por adensamento de solos moles;</li><li>- dificuldade de escavação pela baixa coesão dos materiais e nível d'água raso, além de instabilidade em paredes de escavação dos terrenos;</li><li>- alta suscetibilidade à contaminação das águas de superfície e do lençol freático, por fossas e lançamento de efluentes domésticos e industriais.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Terrenos desta subunidade devem ser evitados para ocupação urbana, sendo indicados basicamente para atividades agrícolas controladas, eventualmente minerárias, e Unidades de Conservação ou parques para exploração turística e ecológica, com toda ocupação considerando as questões legais impostas nas áreas de preservação permanente;</li><li>- para mineração, executar uma carta de potencialidade e de zoneamento minerário do município, e estabelecer uma política municipal, subordinando esta atividade a estudo prévio, que permita identificação e caracterização de impactos ambientais, para definição de medidas de mitigação e realização de plano de recuperação posterior da área, de acordo com as legislações vigentes;</li><li>- para culturas, monitorar o uso de agrotóxicos, evitando a contaminação do solo e da água;</li><li>- recompor as matas ciliares;</li><li>- caso seja necessário implantar aterros, pontes, edificações e estradas, analisar detalhadamente:<ul style="list-style-type: none"><li>• as possibilidades de inundações, considerando as alterações ocasionadas pelo uso, retificações de canais e seu assoreamento, principalmente nos trechos de menor energia de vazão da drenagem;</li><li>• construção de aterros até cotas suficientes para evitar inundação;</li><li>• implantação de sistema de drenagem detalhado, considerando a baixa declividade dos terrenos e as impermeabilizações do solo que podem reduzir o tempo de concentração das águas pluviais, analisando a possibilidade de construir drenos ou mesmo pequenas barragens que possibilitem captação de parte das águas pluviais, aumentando o tempo em que essas águas de chuva levariam para chegar até o leito do rio e, mesmo, permitindo a sua infiltração no solo;</li><li>• controle das ações que resultem em erosão dos solos e em aporte de resíduos e efluentes urbano-industriais diversos desta unidade e entornos (demais unidades), instalando, obrigatoriamente, rede coletora e de tratamento de esgoto, excluindo qualquer alternativa que leve à infiltração local de resíduos;</li><li>• execução de prospecção detalhada do subsolo para edificações ou obras, considerando possibilidade de recalques;</li><li>• instalação de tubulação estaqueada em redes de abastecimento d'água e em sistema de coleta de esgoto;</li><li>• adoção, em escavações, de medidas de estabilidade e segurança, tais como escoramento das paredes e rebaixamento do nível d'água.</li></ul></li></ul>
	1C - ALUVIÕES DEGRADADOS		<ul style="list-style-type: none"><li>- Parte dessa subunidade pertence à APA, constituindo-se também em áreas de preservação, segundo o Código Florestal;</li><li>- corresponde a porções do aluvião parcial ou totalmente urbanizadas, com retificação e canalização da drenagem e implantação de aterros para edificações de moradias (loteamentos regulares, irregulares e favelas) e indústrias, construção de parte do sistema viário municipal e disposição de resíduos urbanos e equipamentos urbanos;</li><li>- a ocupação geralmente inicia-se nos terraços, estendendo-se posteriormente para as planícies aluviais;</li><li>- ocorre ao longo de toda a APA, sendo mais expressiva nos municípios de Mogi das Cruzes a Barueri, com tendências de adensamento nesses e nos demais municípios;</li><li>- porções também ocupadas por culturas temporárias (horticultura).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Áreas alagadas, que ocorrem naturalmente por ocasião das chuvas, devido ao escoamento lento das águas pluviais em terrenos de baixa declividade, passaram a ser incrementadas pela ocupação com implantação de sistema de drenagem inadequado;</li><li>- inundação, que naturalmente não ocorria mais nos terraços, e eventualmente evitada com a implantação do aterro nas planícies, pode voltar a acontecer em decorrência de impermeabilização do solo, reduzindo o tempo de concentração das águas pluviais, e por alterações nas características do meio físico da subunidade 1A, aumentando as áreas sujeitas a esse processo;</li><li>- alta suscetibilidade à contaminação das águas de superfície e do lençol freático, por fossas e lançamento de efluentes domésticos e industriais, aumentando a degradação dos aluviões;</li><li>- recalques localizados em fundações, aterros, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários, por adensamento de solos moles;</li><li>- dificuldade de escavação pela baixa coesão dos materiais e nível d'água raso, além de instabilidade em paredes de escavação dos terrenos;</li><li>- processo erosivo dos aterros, em geral mal compactados e sem proteção superficial, provocando assoreamento do leito das drenagens e das planícies e terraços aluviais a jusante (subunidade 1A e 1B), contribuindo para o aumento das áreas inundáveis.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Implantar sistema de saneamento básico e exigir estudos específicos para correção dos problemas decorrentes, especialmente relativos a processos erosivos e de disposição de resíduos e efluentes.</li></ul>
2 - EMBASAMENTO SEDIMENTAR		<ul style="list-style-type: none"><li>- Terrenos embasados por rochas sedimentares das Formações São Paulo, Itaquaquecetuba e Resende, com intercalações entre camadas/lentes com texturas predominantes siltosas/argilosas e texturas arenosas, e cobertura de solo pedologicamente mais evoluído, laterizado, que pode atingir até mais que 3m de espessura;</li><li>- relevo colinoso suavemente ondulado a ondulado, com declividade média de 15%, chegando a alcançar mais de 20%, consistindo muitas vezes na vertente inferior de vales;</li><li>- nível d'água próximo à superfície no fundo dos vales, às vezes com surgências d'água (minas) na vertente, nos contatos de camadas arenosas intercalando sedimentos argilosos. Tais surgências podem evoluir para cabeceiras de drenagem (nascentes);</li><li>- baixa permeabilidade nas camadas argilosas/siltosas, e média a alta nas arenosas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Constitui grande parte dos terrenos que limitam os aluviões do rio Tietê, eventualmente com pequenas porções englobadas na APA;</li><li>- nas áreas urbanas, geralmente essa unidade se apresenta como a mais densamente ocupada, incluindo loteamentos, favelas, indústrias e grande parte do sistema viário dos municípios;</li><li>- apresenta cobertura vegetal do tipo floresta ombrófila, em estágios de regeneração médio e avançados em algumas porções;</li><li>- nas zonas rurais apresenta áreas de reflorestamento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Baixa a média suscetibilidade à erosão laminar ou por sulcos rasos, podendo ocorrer eventualmente erosão interna (<i>piping</i>) e desagregação superficial (empastilhamento) com erosão posterior de taludes sem proteção superficial;</li><li>- ravinas e boçorocas podem-se desenvolver, induzidas por grande concentração de águas superficiais, principalmente em áreas desmatadas, provocando assoreamento dos aluviões (unidade 1) a jusante;</li><li>- possibilidade de contaminação das drenagens, por lançamento de efluentes domésticos e industriais e disposição clandestina de resíduos (principalmente em áreas com boçorocas).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- As considerações referentes a essa unidade correspondem basicamente a orientações gerais para sua ocupação, relativas a situações com possibilidades de impacto na APA;</li><li>- terrenos mais planos dessa unidade são bastante propícios para ocupação urbano-industrial, devendo ser consideradas questões legais impostas nas áreas de preservação permanente (em especial o Art. 2º do Código Florestal);</li><li>- evitar ações que resultem em lançamento concentrado de águas superficiais diretamente no solo (por exemplo, pontos de lançamento das águas pluviais coletadas pela drenagem do sistema viário);</li><li>- proteger o solo superficial após execução de terraplanagem e implantando sistema de drenagem detalhado;</li><li>- impedir a disposição clandestina de resíduos, principalmente em áreas com sulcos profundos de erosão (ravinas e boçorocas);</li><li>- no caso desses processos erosivos já instalados, desenvolver estudos específicos considerando a necessidade de:<ul style="list-style-type: none"><li>• interceptar o fluxo de águas superficiais em direção à erosão;</li><li>• corrigir taludes instáveis que possam desenvolver rupturas remontantes;</li><li>• proteger com vegetação os solos das vertentes;</li><li>• reduzir a energia de cursos d'água, perenes ou intermitentes, evitando transporte de sedimentos;</li><li>• captar e drenar surgências d'água nas vertentes (minas) e nos locais com ocorrência de <i>piping</i> (erosão interna);</li><li>• impedir lançamentos de resíduos no local; e</li><li>• evitar edificações nos seus entornos sem estudos de detalhamento e construção de obras de contenção nos trechos instáveis;</li></ul></li><li>- no caso de implantação de aterro sanitário, elaborar estudo de detalhe que considere principalmente questões locais de declividade do terreno, espessura e permeabilidade do solo, lençol freático e proximidade de nascente ou curso d'água;</li><li>- nas ocupações junto a drenagens, implantar necessariamente coleta de lixo e sistema de esgoto, impedindo a disposição de resíduos e efluentes nessas drenagens, cujas águas poluídas acabam sendo conduzidas até os terrenos da APA.</li></ul>
	3 - EMBASAMENTO CRISTALINO	<ul style="list-style-type: none"><li>- Terrenos embasados por rochas pré-cambrianas, basicamente xistos, granitóides e migmatitos diversos, em relevo que varia de colinoso a morros;</li><li>- solo de alteração (horizonte C) com espessuras predominantes menores que 10m nos relevos mais acidentados, e maiores do que 10m nos relevos colinosos, onde apresenta normalmente cobertura de solo pedologicamente mais evoluído (horizonte B), laterizado, que pode atingir até mais que 2m de espessura;</li><li>- textura variando de arenosa (nos granitóides) a silto-argilosa (nos xistos), normalmente mais argilosa no horizonte B.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ocupação urbana intensa nos relevos colinosos, atualmente se estendendo para áreas de morros;</li><li>- ocupação rural principalmente com chácaras, apresentando áreas com reflorestamento, campo antrópico e eventualmente utilização dos terrenos para cultura temporária;</li><li>- uso industrial em alguns setores;</li><li>- cobertura vegetal do tipo floresta ombrófila em estágio médio e avançado de regeneração;</li><li>- movimento de terra para instalação da barragem de Biritiba-Mirim.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alta suscetibilidade ao processo erosivo, no solo de alteração (horizonte C), principalmente por sulcos e ravinas, atualmente registrados com alguma intensidade no sistema viário, e média suscetibilidade à erosão no solo superficial (horizonte B);</li><li>- escorregamentos circulares e associados à presença de estruturas no solo de alteração/rocha alterada (foliação, xistosidade e fratura), podendo envolver blocos de rocha (matacões).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- As considerações referentes a essa unidade correspondem basicamente a orientações gerais para sua ocupação, relativas a situações com possibilidades de impacto na APA;</li><li>- terrenos de morro, de modo geral, são topograficamente menos propícios à ocupação urbana, constituindo áreas com predominância de declividade superior a 30%, sujeitas às restrições legais de parcelamento do solo urbano (Lei no. 6766/79 - Lei Lehmann);</li><li>- evitar a retirada do solo superficial e, caso isso seja necessário, toda ocupação deve ser acompanhada de medidas de proteção superficial do solo, com sistema adequado de drenagem, evitando o desenvolvimento de processos erosivos;</li><li>- em situações de retaludamento da encosta, executar estudos de estabilidade, com possibilidade de obras de contenção;</li><li>- não realizar serviços de conservação das estradas vicinais de terra baseados em patrolagem sistemática, removendo os solos superficiais mais resistentes;</li><li>- no caso de processos erosivos já instalados, desenvolver estudos específicos considerando os aspectos apresentados para a unidade 2;</li><li>- nas ocupações junto a drenagens, implantar necessariamente coleta de lixo e sistema de esgoto, impedindo a disposição de resíduos e efluentes nessas drenagens, cujas águas poluídas acabam sendo conduzidas até os terrenos da APA.</li></ul>







