

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE COMPARATIVA DA SUSCETIBILIDADE DE  
PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS EM  
TERRENOS SEDIMENTARES TERCIÁRIOS E  
MORROS CRISTALINOS NA REGIÃO DE  
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP**

Cláudio Gonçalves Lemos

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo

Co-Orientador: Agostinho Tadashi Ogura

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2001/10)

SÃO PAULO  
2001



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE COMPARATIVA DA SUSCETIBILIDADE DE  
PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS EM TERRENOS  
SEDIMENTARES TERCIÁRIOS E MORROS CRISTALINOS NA  
REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP**

**CLÁUDIO GONÇALVES LEMOS**



DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

Prof. Dr. Alex U.G. Peloggia

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

Profa. Dra. Gianna Maria Garda

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.



CLÁUDIO GONÇALVES LEMOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DA SUSCETIBILIDADE DE  
PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS EM TERRENOS  
SEDIMENTARES TERCIÁRIOS E MORROS CRISTALINOS  
NA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP**

TF – 2001/10



Monografia de trabalho de formatura apresentada ao  
Instituto de Geociências da Universidade de São  
Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo – Instituto  
de Geociências – Universidade de São Paulo.

Co-orientador: Geólogo Agostinho Tadashi Ogura -  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de  
São Paulo.

SÃO PAULO

2001

DEDALUS - Acervo - IGC



30900009847

TF  
L 557  
CG.a

ANÁLISE COMPARATIVA DA SUSCETIBILIDADE DE  
PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS EM TERREIROS  
SEDIMENTARES TERCIÁRIOS E MORFOS CRISTALINOS  
NA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP



TF - 100110

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso  
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. José Fernando de Almeida  
de Geociências - Instituto de Geociências da USP

Examinador: Sérgio Roberto Toledo  
Instituto de Física de São Carlos - UFSCar

SÃO PAULO

2001

DOAÇÃO COMISSÃO DE TRABALHO DE FORMATURA
Data: 15 / 02 / 02



## ÍNDICE

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 RELEVÂNCIA DO PROJETO .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....	2
<b>2. BREVE HISTÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
3.1 GEOLOGIA REGIONAL .....	8
3.1.1 Litologia.....	8
3.1.2 Geomorfologia.....	13
3.1.3 Colúviões .....	14
3.1.4 Solos.....	15
3.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	16
3.3 USO DO SOLO URBANO .....	17
<b>4. ESCORREGAMENTOS E PROCESSOS AFINS .....</b>	<b>20</b>
4.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS.....	20
4.1.1 Fatores que atuam na deflagração dos escorregamentos.....	21
4.2 CLASSIFICAÇÕES .....	22
4.2.1 Classificação de AUGUSTO FILHO .....	23
4.2.2 Classificação de SHARPE.....	23
4.2.3 Classificação de SKEMPTON .....	24
4.2.4 Classificação de TERZAGHI .....	24
4.3 PRINCIPAIS AMBIENTES DE ESCORREGAMENTOS .....	25
4.3.1 Escorregamentos no Horizonte Superficial.....	25
4.3.1.1 Escorregamentos rotacionais .....	25
4.3.1.2 Escorregamentos translacionais .....	25
4.2.3 Escorregamentos em saprólitos e solo saprolítico.....	25
4.2.4 Escorregamentos decorrentes da ação do Homem.....	26
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE PLUVIOSIDADE E ESCORREGAMENTOS .....	27
4.5 QUADRO LEGAL .....	29
<b>5. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>30</b>
<b>6. MATERIAIS UTILIZADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....</b>	<b>31</b>
<b>8. ÁREAS DE ESTUDO .....</b>	<b>32</b>
8.1 TERRENOS SEDIMENTARES TERCIÁRIOS.....	32
8.1.1 Bairro do Rio Comprido.....	32
8.1.1.1 Características do meio físico .....	35



8.1.1.2 Processos existentes ou potenciais.....	35
8.1.2 <i>Jardim São Bento</i> .....	35
8.1.2.1 Características do meio físico .....	36
8.1.2.2 Processos existentes ou potenciais.....	37
8.2 MORROS CRISTALINOS .....	37
8.2.1 <i>Bairro Águas de Canindú</i> .....	37
8.2.1.1 Características do meio físico .....	38
8.2.1.2 Processos existentes ou potenciais.....	39
8.2.2 <i>Mirantes do Buquirinha</i> .....	39
8.2.2.1 Características do Meio Físico .....	40
8.2.2.2 Processos Existentes ou Potenciais .....	41
<b>9. ANÁLISE COMPARATIVA .....</b>	<b>42</b>
<b>10.CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>
 <b>ANEXO 1 - PERFIS</b>	
<b>ANEXO 2 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA</b>	



## UP THE IRONS!



## AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo!

Ao Prof. Dr. Joel B. Sígolo, pela orientação e pelas críticas e sugestões apresentadas ao longo do trabalho.

Ao meu co-orientador Agostinho Tadashi Ogura, pela orientação, atenção, paciência e amizade desenvolvida ao longo deste trabalho.

Ao meu pai, Cláudio Trajano de Lemos, e a minha mãe Lúcia Gonçalves de Lemos, pelo apoio, incentivo e patrocínio nestes sete anos de geologia.

Aos meus irmãos, Cleber Gonçalves Lemos (Dueba), e Clayton Gonçalves Lemos, o Guri, por ter me emprestado o computador.

Ao meu cachorro Bob Marley, velho companheiro e amigo, por me fazer sentir especial quando eu retornava pra minha casa com um monte de roupa suja.

Aos funcionários da Geo: Samuel, Sueli, Cleide, Érica, Marilda, Rosana, Tarcísio, Paulinho, Zé Carlos, Charles "The Flash", Ericksson da pró-aluno e também aos funcionários do IPT: Rui e José Carlos.

A Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de São José dos Campos.

Aos "atrasados" do sétimo domina: *Boyola, Biscú, Fogaça, Nunsei, Deby, Joe* e também: *Kriabuça, Sarita, Complica, Propikah, Tiazinha, Vuduh, Guâno, Doly, Pau Molhado, Mocoçado, Sífilis, Vadiash, Jumenta, Mosquetão, Engoly, Chup-Chup, Lombriga, Cagão, Glis, Zecaurubu, Bráulio, Docinho, Tuku, Enxeu, Genozóica, Ophélia, Foda-se e Agi* pelo sofrimento mútuo no TF-2001.

A Sidney Schaberle Goveia (Urinão) pela ajuda nas madrugadas, e ao Edir e 99.

Aos "irmãos" Daniel "Priscila" Barel e Edinho Kagohara pelas baladas e viagens.

Aos futuros formandos: *Babacú, kiki, Macaco, Dentuço, Vermelho, Carla Perez, Urina, Severino, Vírgula, 2D, DiQuatro, Jacira, Tabajara, Perdido, Zé Ruela.*

A todos os ingressantes de 1995.

A melhor banda de metal do mundo, IRON MAIDEN, por estar presente em todos os momentos.

A todos os alunos, funcionários e professores da Rua do Lago, 562. Cidade Universitária - São Paulo.

A Elaine Santos da Cunha (Naninha), pela paciência, pelo carinho, pelos objetivos alcançados e por me agüentar tanto tempo.

A todos, que pelo motivo de correria eu acabei esquecendo, meus sinceros agradecimentos.



## RESUMO

O município de São José dos Campos, localizado na região do Vale do Paraíba, na porção leste do Estado de São Paulo, tem os escorregamentos como um dos principais acidentes geológicos. Este trabalho objetiva identificar e caracterizar condicionantes geológicas atuantes na suscetibilidade de processos de escorregamentos em terrenos sedimentares terciários e em morros cristalinos, os quais constituem o embasamento geológico predominante na região de estudo.



## ABSTRACT

The municipality of São José dos Campos is located in the east part of São Paulo State, in the Vale do Paraíba region.

Accident related to landslide after<sup>7</sup> occur in the area, mainly in the urban sites. ✕

The main purpose of this work is analyses geological features related to sedimentary and crystalline rock environments in order to compare the natural susceptibilities to landslide of these different geologic domains. ✕



## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa analisar comparativamente a suscetibilidade de processos de escorregamentos em diferentes compartimentos geológicos, a partir da caracterização geológica-geotécnica de quatro áreas de ocupação de encostas com risco de escorregamentos, na região de São José dos Campos-SP.

### 1.1 Relevância do Projeto

Nas pesquisas preliminares para a escolha do tema de estudo, que consistiu na definição da região de São José dos Campos para o trabalho de formatura, o autor visitou o departamento de geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), que é reconhecido por realizar trabalhos na região e possuir vasta experiência sobre o assunto. Nas conversas realizadas, os geólogos do IPT informaram sobre a lacuna de conhecimentos no entendimento dos processos de escorregamentos na região, nos compartimentos de Morros Cristalinos e nas colinas e morrotes de terrenos terciários da Bacia de Taubaté. Sendo assim, definiu-se pelo estudo comparativo da suscetibilidade de escorregamentos nos terrenos sedimentares e dos morros cristalinos, como subsídio para se melhor entender as características geológicas próprias desses dois compartimentos geológicos distintos.

A relevância é justificada também por estar sendo implantado e operado na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, o "Plano Preventivo de Defesa Civil" (PPDC) para as áreas de risco de escorregamentos relacionados a núcleos urbanos. Segundo PELLOGIA (1998), o PPDC constitui-se, basicamente, de uma organização formal e metodológica da Administração Pública, baseada em critérios científicos, com o objetivo de minimizar a perda de vidas e os danos causados à população pela ocorrência de fenômenos de natureza geológica (no caso escorregamentos), os quais são, em função da disponibilidade e acúmulo de informações técnicas específicas, mais ou menos previsíveis potencialmente.

Em razão de muitos casos de acidentes de escorregamentos ocorridos em São José dos Campos nos últimos anos (Tabela 1.1),<sup>7</sup> devido principalmente ao crescimento urbano acelerado, existe na região uma necessidade de caracterização detalhada da suscetibilidade geológica das áreas para definir as medidas de mitigação



de acidentes, considerando os diferentes compartimentos geológicos e respectivos comportamentos geotécnicos dos terrenos.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho teve como objetivo a averiguação e distinção da suscetibilidade de escorregamento dos diferentes contextos geológicos (compartimento dos terrenos terciários e morros cristalinos), e qual o seu significado em termos do uso e ocupação do solo, e dentro desta análise comparativa de suscetibilidade, detectar o grau de influência antrópica no contexto destes compartimentos.

A caracterização da suscetibilidade das áreas estudadas poderá servir de subsídio para definir medidas de mitigação de acidentes visando indicar junto ao Plano Diretor Municipal, linhas de atuação que venham a garantir maior segurança no uso e ocupação do solo na área investigada principalmente nas ocupações marginais em áreas de encostas.

Objetivou ainda a aplicação de técnicas de mapeamento geológico como forma de atividade adquirida pelo aluno durante a graduação, associando estas técnicas com mapeamento de áreas de risco na região de São José dos Campos.

## **1.3 Localização e acessos**

O município de São José dos Campos, situado na região denominada de Vale do Paraíba, encontra-se estrategicamente localizada às margens da Rodovia Presidente Dutra, principal eixo de ligação entre São Paulo e Rio de Janeiro. Encontra-se também próxima ao litoral norte de São Paulo, ligada pela Rodovia dos Tamoios. As principais vias de acesso se encontram na Figura 1.3.





Fonte: Internet

Figura 1.3 – Principais vias de acesso e distância de outros municípios.

Figura 2 – Localização regional (1971-1981)

É atualmente, o município de maior destaque e influência na região, pelo seu poder econômico decorrente de sua taxa de crescimento populacional (0,4% em 1970, 1,1% em 1980, 1,1% em 1991, (1991-1997) e atualmente em 1,38% (dados 2001), e pelo seu desenvolvimento industrial (principalmente de origem com maior participação de bens industriais construídos entre 1950-1980 (1980-1989). Destacam-se as indústrias de bens de consumo duráveis, de capital, químicas, petroquímicas, pela importância que se tornaram centros urbano-industriais de peso. São Paulo e Rio de Janeiro.

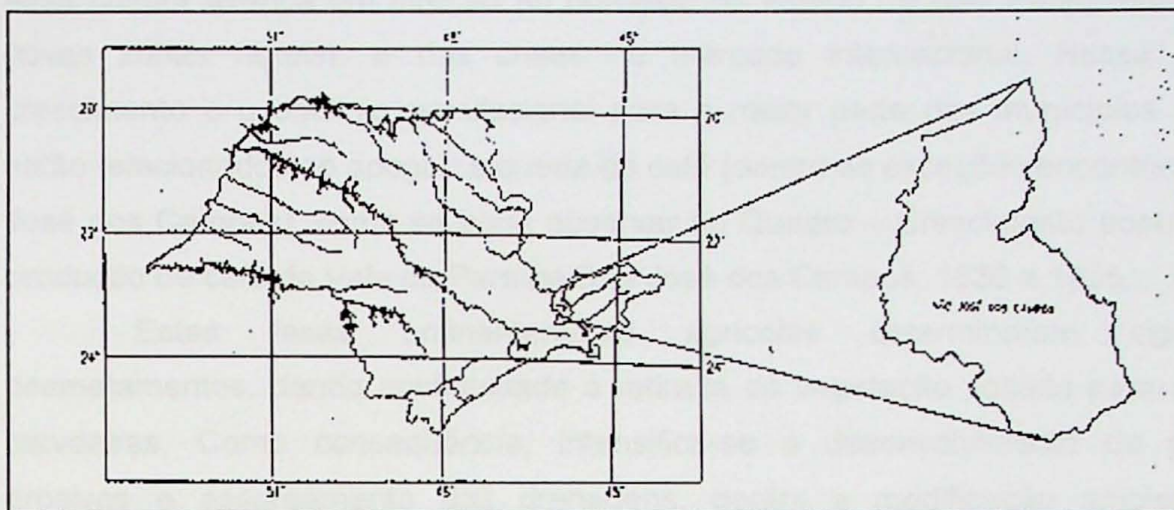
Localizado em posição estratégica na zona leste, o município foi desenvolvido durante os anos 1970 (até 1980). Uma região bastante plana e relativamente isolada de toda a região, caracterizada por planícies elevadas de baixa altitude de baixa altitude por baixo, e sua posição geográfica de fronteira entre diversos estados (Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro) contribuiu para o seu desenvolvimento.

Em 1757 surgiu no Vale do São José do Paraíba, pertencendo à capitania de Minas em 1804, e da Paraíba em 1872, quando recebeu uma nova denominação: São José dos Campos.



## 2. BREVE HISTÓRICO

O Município de São José dos Campos, localizado na porção leste do Estado de São Paulo, na região do Vale do Paraíba (Figura 2), possui uma área total de 1.102 km<sup>2</sup>, e população de cerca de 500 mil habitantes, cuja taxa de urbanização é de 96,2% (IBGE 1991).



**Figura 2** – Localização da região ( IPT,1996)

É atualmente, o município de maior destaque e influência na região, como se pode observar através da sua taxa de crescimento populacional (0,8% em 1970, 1,1% em 1980, 1,1% em 1991, (IBGE 1991) e atualmente em 1,89%, (internet 2001), e pelo seu desenvolvimento industrial (município do interior com maior porcentagem de área industrial construída, entre 1980-1985 (SMA 1989). Destacam-se as indústrias de bens de consumo duráveis e de capital, favorecidas, principalmente, pela localização entre os dois maiores centros urbano-industriais do país, São Paulo e Rio de Janeiro.

Voltando um pouco na sua história, o município foi, inicialmente, ocupado pelos jesuítas (por volta de 1643 a 1660). Uma porção bastante plana e relativamente extensa de seus terrenos, correspondentes às planícies aluvionares do rio Paraíba do Sul, rodeadas por colinas, e sua posição geográfica de ligação entre diversos núcleos habitacionais do sul de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro privilegiaram esta ocupação.

Em 1767 tornou-se Vila de São José do Paraíba, passando à categoria de cidade em 1864, e de Comarca em 1872, quando recebeu seu nome definitivo: São José dos Campos.



O seu crescimento urbano-industrial foi marcado por diferentes fases. Inicialmente a cultura do algodão, cuja produção era destinada ao abastecimento das indústrias têxteis inglesas, se desenvolveu de forma rápida na região, com grande produção entre 1867-1869, declinando ao final daquele século. A seguir, o ciclo do café, vindo do Rio de Janeiro, foi introduzido na região. A produção de destaque ocorre por volta de 1836 (com 88% da safra), e em 1864 (78%), decaindo então à medida que essa cultura avança em direção ao noroeste do estado de São Paulo (em busca de novas zonas férteis), e das crises no mercado internacional. Nessa época, o crescimento e o declínio populacional para a maior parte dos municípios da região estão relacionados ao apogeu e queda do café (dentre as exceções encontrava-se São José dos Campos), como se pode observar no Quadro – Crescimento populacional e produção de café do Vale do Paraíba/São José dos Campos, 1836 a 1935.

Estas fases eminentemente agrícolas determinaram significativos desmatamentos, dando continuidade à retirada da vegetação voltada para atividades carvoeiras. Como consequência, intensifica-se o desenvolvimento de processos erosivos e assoreamento das drenagens, porém a modificação ambiental mais contundente foi a perda de fertilidade do solo. Tal fato resultou no esgotamento das terras com viabilidade restrita para outras formas de cultivo. Restou à região o acréscimo da população relativo à mão-de-obra escrava trazida para as atividades agrícolas, agora com emprego restrito.

Ano	População Região	População São José dos Campos	Produção Café Região (arrobas)	Produção São José dos Campos
1836	105.679	3.909	510.406	9.015
1854	146.055	6.935	2.737.639	60.000
1886	338.533	17.906	2.074.267	250.000
1920	490.000	30.681	767.069	51.173
1935	483.834	31.606	898.332	134.254

*Fonte: Milliet, 1946*

**Tabela 2** - Crescimento populacional e Produção de Café do Vale do Paraíba/São José dos Campos, de 1836 a 1935.



A instalação da Estrada de Ferro Central do Brasil, em 1876, passando pelo centro da cidade, deu sustentação para a continuidade do seu desenvolvimento, incrementando também as atividades de comércio. A industrialização, iniciada a partir de 1920 e a construção da Rodovia Presidente Dutra em 1951 favoreceram sua expansão. As primeiras indústrias foram a Teceiagem Parahyba, que se instalou na parte norte da cidade, e posteriormente a Rhodia, trouxeram com elas a ocupação urbana para essa porção e para o entorno do núcleo urbano central (PMSP, 1995). Com a implantação de um sistema viário eficiente, novas indústrias se instalam no município, conduzindo a um movimento migratório intenso, proveniente das áreas rurais e de cidades vizinhas do sul de Minas, além do nordeste do Brasil.

A partir do seu estabelecimento como estância hidromineral, principal função entre 1935 e 1950, o município passou a receber investimentos nessa área, permitindo a instalação da infra-estrutura de grandes sanatórios, hotéis e pensões.

A consolidação de São José dos Campos como pólo industrial trouxe também o êxodo rural e o adensamento e expansão da área urbana. Tal situação teve como consequência a ocupação, cada vez maior e muitas vezes inadequada, de terrenos mais problemáticos, como as encostas de maior declividade e fundos de vales sujeitos a inundação, além da deficiência na implantação de infra-estrutura necessária, como rede de água e esgoto; portanto, com redução da qualidade de vida da população.

O desenvolvimento tecnológico do setor aeroespacial, a partir da implantação do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), com alguns centros de pesquisa a ele ligado (Instituto de Tecnologia da Aeronáutica – ITA, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IPD, Instituto de Atividades Espaciais – IAE, e Instituto de Fomento e Coordenação Industrial - IFI) favoreceu o incremento industrial no setor tecnológico e militar (com destaque à instalação da EMBRAER) e urbano, com ampliação das suas fronteiras em direção ao espaço rural.

Nas décadas de 70 e 80 se instalaram indústrias ligadas ao setor automobilístico, eletro-eletrônico, químico e petroquímico (refinaria da Petrobrás). Essa concentração industrial requer maior controle quanto à poluição, em suas diversas formas.

O crescimento urbano no município, impulsionado inicialmente pela concentração populacional na atividade cafeeira (mão-de-obra) e posteriormente pela industrialização, se desenvolve em algumas porções e se expande em direção às áreas periféricas, levando consigo problemas que refletem a degradação do meio



ambiente e a queda da qualidade de vida. Tal fato ocorre tanto no que se refere a oferta de serviços e infra-estrutura (abastecimento, disposição de resíduos, habitação, saneamento, etc.) como a impactos ambientais (ocupação de espaços menos favoráveis, que necessitam de intervenções mais eficientes, normalmente estabelecidas de forma irregular e por população de baixa renda) e, até mesmo, a situações de risco de vida, em casos de escorregamentos por ocasião de maior pluviosidade.

A carência de abastecimento de água levou à utilização dos lençóis subterrâneos (por volta de 33%) sem um estudo hidrogeológico e de qualidade destas águas de modo sistematizado e integrado ao Plano Diretor do Município.

Atualmente, a implantação da Rodovia Carvalho Pinto está acelerando a expansão urbana no sul do município, em terrenos basicamente de colinas tabulares esculpidas em rochas sedimentares. Apesar de topograficamente apresentar condições favoráveis à sua ocupação, tais terrenos possuem características geotécnicas que devem ser consideradas para evitar situações de impacto, tais como: vertentes mais abruptas dos tabuleiros, presença de argila expansiva, provocando a desagregação superficial dos sedimentos em cortes e aterros; solos bastantes suscetíveis ao processo erosivo; e vales com drenagens sujeitas à contaminação, assoreamento e inundação. Também são esperadas pressões do setor imobiliário e a possibilidade de implantação de loteamentos clandestinos no extremo sul do município. Nesta região, os terrenos são menos propícios à ocupação, constituídos por morros cristalinos ainda com cobertura vegetal de matas, com topografia acentuada, onde a construção inadequada de obras pode desencadear movimentos de massa (escorregamentos e erosões) intensos, determinando situações de risco.

A expansão na direção norte do Município parece ser ainda mais preocupante. É nesta porção do território que se encontram as situações de maior declividade, que apresentam maior suscetibilidade a escorregamentos localizados ou generalizados (corridas de massa). Tais condições são agravadas pela ocupação destes terrenos sem o estabelecimento e acompanhamento rigoroso de normas apropriadas ao seu comportamento geotécnico. No extremo norte estão localizados alguns núcleos urbanos, ao longo da Rodovia SP-50, a ocupação nesta região tem sido incrementada a partir de antigos núcleos rurais, em geral por população de baixa renda e de maneira nem sempre adequada.



### **3. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Geologia Regional**

Na região de São José dos Campos há dois grandes cenários geológicos distintos. Uma corresponde ao embasamento cristalino, com litologias atribuídas ao Grupo Paraíba e ao Grupo Açungui, presentes na zona da Serra da Mantiqueira na porção norte, e Planalto de Paraitinga na porção extremo sul do município. Outro cenário refere-se aos Sedimentos terciários da Bacia de Taubaté, que ocorrem no trecho centro-sul da área (zona do Médio Vale do Paraíba). Sedimentos aluvionares recentes são significativos ao longo das calhas dos rios Paraíba do Sul e Buquira, e mais restritos junto às drenagens do Jaguari, Comprido, Vidoca, Putins, Alambari, Pararangaba e da Divisa, dentre outros (IPT, 1996).

Os grupos e formações geológicas presentes no município (Figura 3.1, em anexo A), dada a sua diversidade litológica, atuam como condicionantes de uma variada tipologia de processos geológicos-geotécnicos. Contextos geológicos particularizados, de maior ou menor suscetibilidade a processos de movimentos de massa, podem ser diferenciados principalmente nas áreas de domínio das rochas cristalinas. De modo geral, os terrenos da Bacia de Taubaté apresentam grau baixo de suscetibilidade natural a processos de movimentos de massa, enquanto que os terrenos do embasamento cristalino apresentam grau médio a muito alto de suscetibilidade natural a processos de escorregamentos (IPT, 2000).

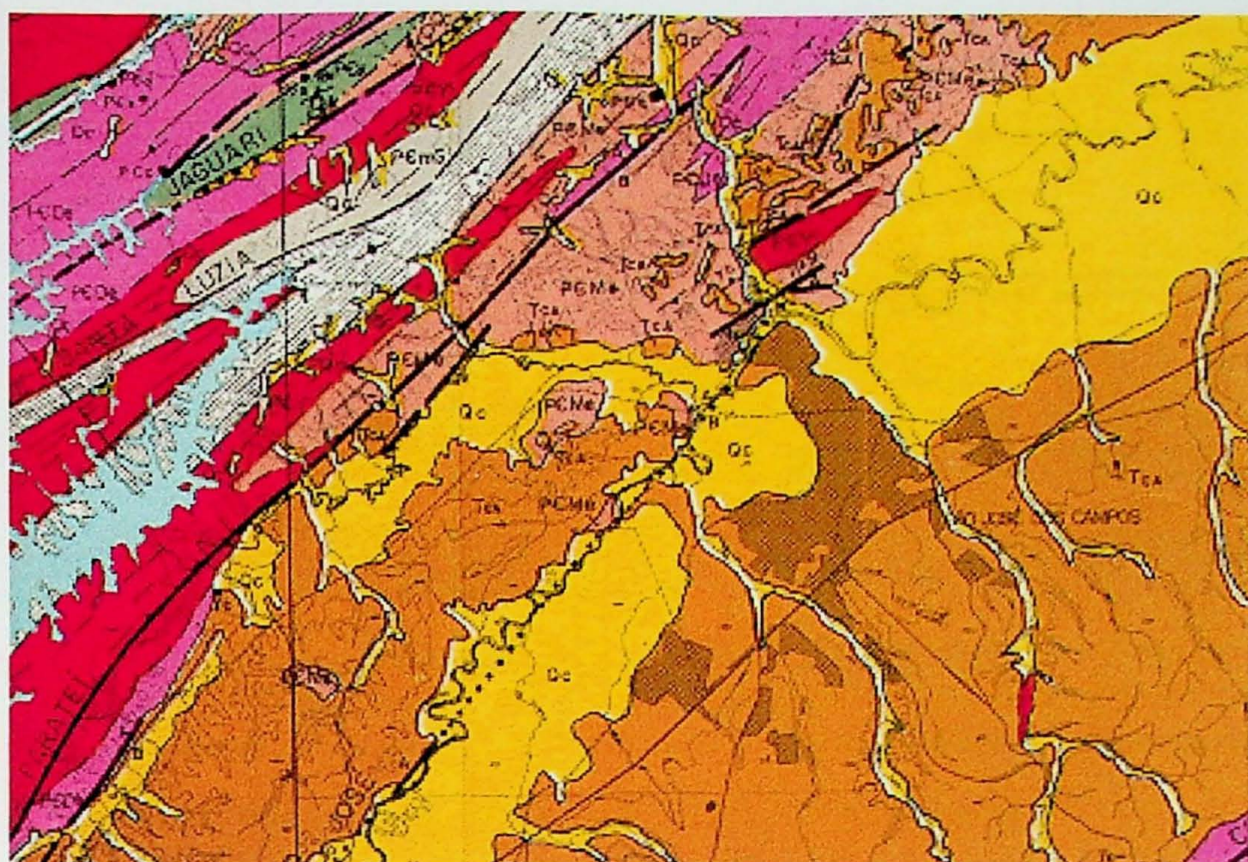
Os principais dados geológicos estão descritos a seguir.

##### **3.1.2 Litologia**

O Grupo Paraíba está representado por rochas de fácies granulito (IPT, 1978) que ocorrem numa estreita faixa uniforme de cerca de 10 km<sup>2</sup> de área a noroeste de São José dos Campos, com limite tectônico a sul e em contato abrupto com rochas granitóides a norte. Esta atribuição estratigráfica se baseia tão somente no fato de rochas dessas fácies serem associadas ao embasamento pré-Açungui em outras regiões do Estado de São Paulo (IPT, 1996).

O Grupo Açungui está representado por rochas ectiníticas e migmatíticas, respectivamente designadas de Complexos Pilar e Embu (HASUI & SADOWSKI,

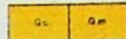




**Figura 3.1** – Trecho do Mapa geológico da região de São José dos Campos (IPT, 1977)



## QUATERNÁRIO



Qa - Sedimentos continentais: aluviões predominantemente arenosos e coluviões de granulometria variada; localmente depósitos de talus diferenciados (Qat). Atuais e sub-atuais. Qm - Sedimentos marinhos e mistos: predominantemente arenosos, subordinadamente mais finos; localmente retrabalhados por ações fluviais e eólicas. Atuais e sub-atuais.

## PLIOCENO-OLIGOCENO

### Grupo Taubaté



### FORMAÇÃO CAÇAPAVA

Sedimentos essencialmente fluviais, arenitos e mais finos, incluindo subordinadamente lentes de folhelhos, e termos conglomeráticos nas bordas da bacia (\*tr). Sedimentos possivelmente correlatos em ocorrências isoladas (ri).



### FORMAÇÃO TREMEMBÉ

Sedimentos essencialmente lacustrinos, folhelhos e argilitos, localmente probetuninosos, incluindo intercalações de arenitos e brechas sedimentares e prováveis termos conglomeráticos nas bordas. Cobertura delgada e descontínua de Fm. Caçapava.

## PALEOCENO-CRETÁCEO SUPERIOR



Rochas alcalinas e intermediárias hipobásicas. (\*a - diques e sills).

## CRETÁCEO INFERIOR-JURÁSSICO SUPERIOR



Rochas ultrabásicas, básicas e intermediárias, em diques e sills.

## CAMBRO-ORDOVICIANO-PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR



Rochas calcissilicáticas: protomilonitos, milonitos, ultramilonitos e blastomilonitos, em zonas de falha transcorrentes.



### GRANITO PARATI

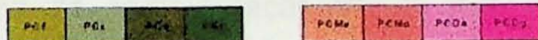
Granito cinzento, circunscrito, pós-tectônico.

## PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR



Rochas granitoides em corpos parcialmente discordantes (sintectônicos para-aútctones). Contêm enclaves restritos de migmatitos e ecinitos.

### Grupo Açungui



ROCHAS ECINITICAS: PCr - filitos e quartzos filitos; PCe - micaxistos e quartzos micaxistos; PCa - quartzitos e quartzos xistos; PCb - metaconglomerados.

ROCHAS MIGMATITICAS: PCm - migmatitos heterogêneos estromatíticos; PCn - migmatitos agmatíticos; PCd - migmatitos homogêneos estromatíticos; PCb - migmatitos homogêneos embrechíticos, nebulíticos e anafexíticos. A cada tipo de migmatito se associam local e subordinadamente os outros tipos.

Intercalações, enclaves ou ocorrências de: \*PCe - rocha calcissilicada; \*PCr - talco-xisto; \*PCe - mármore dolomítico; \*PCe - anfibolito; \*PCe - xisto; \*PCa - quartzito; \*PCe - metaconglomerado; \*PCr - granitoides; \*PCm - agmatitos; \*PCm - migmatitos heterogêneos estromatíticos.

## PRÉ-CAMBRIANO MÉDIO

### Grupo Paraíba



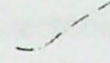
PCm - Piroxênio-granulitos e granulitos quartzos-feldspáticos, localmente migmatizados; PCn - migmatitos re-migmatizados, com estruturas complexas; PCd - rochas metadioríticas e metabásicas. Ocorrências restritas: \*PCm.



Contato litológico ou estratigráfico definido.



Contato litológico ou estratigráfico aproximado.



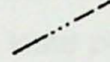
Contato de transição.



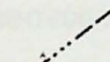
Atitude da foliação: inclinada, com ou sem indicação de mergulho; vertical e horizontal. Corresponde à xistosidade nos ecinitos, e à foliação nos migmatitos.



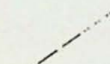
Zona de falha transcorrente.



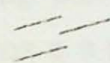
Falha transcorrente, encoberta onde pontilhada e inferida ou pouco desenvolvida onde tracejada.



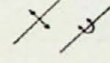
Falha normal, encoberta onde pontilhada e inferida onde tracejada. Movimento relativo: ▲ - subiu, ▼ - desceu. Mergulho inclinado onde indicado.



Lineamento tectônico conspicuo correspondente a falha ou fratura, encoberta onde pontilhada.



Lineamentos tectônicos correspondentes à direção da foliação.



Antiforma normal ou reversa.



Sinforma normal ou reversa.



Seção geológica.



Rodovia



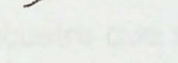
Ferrovia



Área urbanizada



Limite da área estudada



Limite de Região Administrativa



Drenagem



Represa



Curva de nível



1976). Este grupo é essencialmente uma seqüência psamo-pelítica metamorfisada, em que não foi possível estabelecer subdivisões estratigráficas.

Associados ao Grupo Açungui existem pequenos corpos de anfibolito, indicativos de um magmatismo básico pré-tectônico muito discreto. Também existem corpos granitóides atestando magmatismo ácido sintectônico bastante ativo. Faixas cataclásticas, com até 2 km de espessura desenvolveram-se truncando o Grupo Açungui e rochas granitóides, e impuseram à área uma estruturação em blocos. Elas se relacionam com imponentes falhamentos transcorrentes, que influenciam sobremaneira o arcabouço geotectônico do leste paulista.

O magmatismo básico e o desenvolvimento da Bacia de Taubaté são atribuídos ao processo de Reativação Wealdeniana da Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA, 1967)

Os diques e sills de diabásio estão correlacionados ao magmatismo básico que atingiu as Bacias do Paraná e de Santos e a região entre elas, sendo de pequeno porte e ocorrência esparsa (IPT, 1996)

Na região centro-sul do município de São José dos Campos está a Bacia de Taubaté, preenchida por sedimentos terciários. Segundo COLTRINARI (1975), "o fato da Bacia de Taubaté ser a principal área sedimentar em meio aos terrenos cristalinos do Planalto Atlântico, confere-lhe uma importância excepcional para o conhecimento da história geológica do território brasileiro (TRICART & SILVA, 1958). Com efeito, as múltiplas litofácies que ali se encontram permitem reconstituir, com bastante aproximação a evolução sofrida pelos alinhamentos montanhosos que enquadravam as áreas afundadas, os processos erosivos que atuaram sobre alinhamentos ao longo daquela evolução, e os ambientes em que os materiais detríticos resultantes depositaram-se no fundo da fossa. Assim, hoje pode-se concordar que os elementos finos da sedimentação inicial, que constituem a Formação Tremembé (ALMEIDA, 1957), depositaram-se em um ambiente lacustre que recebia os materiais finos vindos das altas encostas próximas, enquanto a formação superior (correlacionável com as camadas de São Paulo, segundo a interpretação de RÊGO & SOUZA SANTOS, e que AB'SABER (1969) considerou integrada pela Formação São José dos Campos e Formação Parateí-do-Meio), testemunha a existência de lagos anastomosados onde rios temporários abandonavam sua carga de materiais grosseiros" (IPT, 2000).

Em relação à origem da extensa área afundada localizada entre a Serra da Mantiqueira e a do Mar, onde esse aninharam os sedimentos cenozóicos hoje



afeiçoados em colinas e terraços, diversos pesquisadores referem-se à bacia como ocupando uma depressão tectônica ou *graben*.

Na Bacia de Taubaté, nos sedimentos terciários afloram de forma localizada os folhelhos, folhelhos pirobetuminosos, argilitos, siltitos, intercalações arenosas conglomeráticas e os diamictitos de borda e da parte inferior da unidade, que a preenche. São sedimentos da Formação Tremembé, de origem lacustrina e idade OLIGOCÊNICA e MIOCÊNICA. Essa unidade expõe-se na região de Tremembé-Quiririm-Taubaté e em inúmeros locais protegidos pela unidade sobreposta. Com base em dados de sondagens e estudos gravimétricos estima-se que as maiores espessuras da Formação Tremembé sejam 500 a 600 metros e para toda a bacia, incluindo a unidade sobreposta atingindo cerca de 800 metros (CAMPANHA, 1994).

Sobrepondo à Formação Tremembé ocorre a Formação Caçapava (CARNEIRO, 1977), que RICCOMINI (1989) denominou Formação Pindamonhangaba. É uma unidade constituída de sedimentos arenosos, arcoseanos, com intercalações argilosas cauliníticas, de coloração esbranquiçada, predominando as intercalações siltosas e cauliníticas. Possui conglomerado oligomítico em toda sua base, com seixos de quartzo e/ou quartizito em matriz areno-silto-argilosa caulinítica. Tem contato erosivo com a unidade basal. São sedimentos de origem fluvial, meandrante, com espessura máxima de 200 metros nas bordas da bacia.

Na folha geológica de São José dos Campos não foram reconhecidos sedimentos referíveis à formação inferior (Formação Tremembé), que parece ser subsuperficial, pelo exame de dados de sondagens (CARNEIRO, 1977).

Os sedimentos Quaternários, correspondentes aos depósitos aluvionares, ocorrem associados ao rio Paraíba do Sul, que atualmente se encontra no sistema fluvial meandrante, e a seus afluentes, chegando a alcançar 20 metros de espessura. No restante das drenagens, os depósitos são de pequeno porte, ligados a trechos de alargamento dos vales (IPT, 1996).

Os depósitos são de constituição arenosa a silto-argilosa, localmente incluindo algum cascalho. Na grande planície aluvionar do rio Paraíba do Sul existem também depósitos argilosos e turfeiras. A acumulação orgânica de maior porte localiza-se entre São José dos Campos e Caçapava, alcançando 11 metros de espessura média e 16 km de extensão (VERDADE & HUNGRIA, 1966).

Os fenômenos mais recentes registrados na área são relacionados ao aparecimento das formas de relevo atuais e à sedimentação moderna (CARNEIRO,



1977). Fases nesta evolução têm sido reconhecidas através dos níveis de terraços deixados pela drenagem.

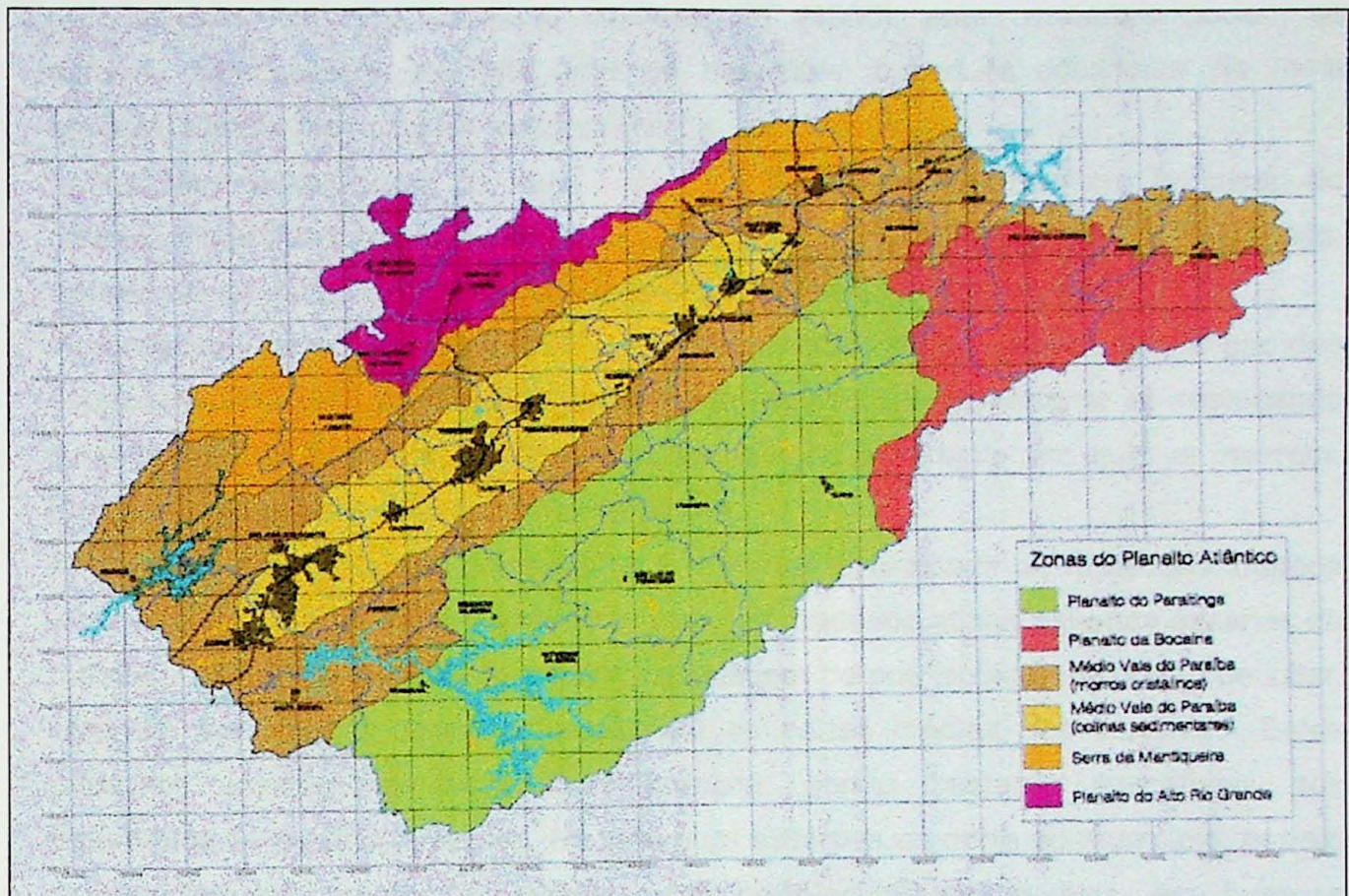
### 3.1.2 Geomorfologia

Segundo os Mapas Geomorfológicos do IPT(1981b) e de ROSS & MOROZ (1997), a região onde está situado o município de São José dos Campos situa-se em um grande compartimento inserido na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964), e está dividida em subdivisões naturais, determinadas por feições morfológicas distintas (Figura 3.1.2, em anexo A). As zonas estão representadas pela Serra da Mantiqueira, Médio Vale do Paraíba e Planalto de Paraitinga:

- A zona da Serra da Mantiqueira compreende toda a escarpa que limita o Vale do Paraíba, ao norte, com o Planalto Sul-Mineiro. A passagem deste Planalto para o Vale do Paraíba se dá por uma transição gradativa, de amplitudes maiores e menores das formas, de escarpas até os domínios de morros e colinas ou espigões isolados (IPT,1996).
- A zona do Médio Vale do Paraíba representa o setor central que separa a Serra da Mantiqueira, ao norte, do Planalto de Paraitinga, ao sul. Constitui-se em uma faixa alongada de direção ENE-WSW, com largura variando de 10 a 20 km. Contém um domínio central de substrato sedimentar, que inclui a planície do rio Paraíba do Sul. Predominam no geral as colinas na forma de tabuleiros. Este Setor sedimentar é bordejado por um conjunto de elevações de amplitudes médias e de substrato cristalino, que pode ou não estar capeado por um horizonte rudáceo. Tais elevações estão dispostas paralelamente ao limite da bacia e constituem espigões localizados, ocorrendo ao sul do município.
- O Planalto de Paraitinga compõe uma zona geomorfológica limitando ao sul da zona do Médio Vale do Paraíba. Nela se situam terrenos que se nivelam ao redor de 700m. Neste domínio estão presentes áreas serranas, cuja principal feição paisagística é dada por mar de morros, sendo suportada por corpos granitóides e rochas de natureza predominantemente xisto-gnáissica. Apresenta amplitudes variáveis que diminuem gradativamente dos divisores d'água para os vales principais, onde as serras dão lugar a morros e estes a morrotes e colinas. Os morros são aos poucos desfeitos em anfiteatros de erosão, aos quais se associam depósitos colúvio-aluvionares. Os



principais coletores de redes de drenagem acham-se bem controlados e adaptados às estruturas das rochas cristalinas (IPT, 1996).



**Figura 3.1.2** – Mapa Geomorfológico da região do Vale do Paraíba

### 3.1.3 Coluviões

Os coluviões correspondem ao solo <sup>ou</sup> e/ou fragmentos rochosos de tamanho variado, transportados ao longo das encostas, devido à ação combinada da água e da gravidade. Estes depósitos possuem ampla distribuição geográfica, ocorrendo em todos os sistemas de relevo. A gênese e o modelado destes depósitos estão intimamente

relacionados com as litologias e as formas de relevo locais, e naturalmente, com as condições climáticas pretéritas de deposição. Estes fatores condicionam a espessura, mineralogia, granulometria, estruturas, e outras características geotécnicas destes



expansão, colapsividade, compacidade e capacidade de suporte. Trata-se , às vezes, de depósitos de difícil reconhecimento, pois pode-se confundir, em parte, com solos de alteração (IPT,1996).

Em São José dos Campos, segundo IPT (1996), estes materiais podem se agrupar, basicamente, em três tipos de depósitos: cobertura coluvionar de meia encosta, rampas de colúvio e corpos de talús, descritos abaixo:

- A cobertura coluvionar de meia encosta consiste em materiais em processo de rastejo. Predominantemente argilosos e com quantidades variáveis de matacões. Apresenta-se pouco espessa, recobrando extensas áreas à meia encosta.
- As rampas de colúvio são constituídas por materiais finos, podendo atingir grandes espessuras. Constituem corpos isolados de forma peculiar, geralmente se destacando pela declividade bruscamente atenuada em relação à vertente em que se inserem. Ocorrem comumente nos sopés das vertentes.
- Os corpos de talús são constituídos por grande quantidade de matacões imersos em matriz fina. Apresentam espessuras variadas, podendo atingir algumas dezenas de metros. Tal com as rampas de colúvio, constituem corpos isolados de forma peculiar. Ocorrem comumente desde os sopés até as partes médias das vertentes. Estes depósitos apresentam estabilidade precária, sendo bastante suscetíveis aos fenômenos de escorregamentos. No relevo de escarpas ao norte do município, podem ocorrer escorregamentos de grande porte correlacionáveis àqueles, em terrenos semelhantes, que tiveram seu registro em Campos do Jordão, Caraguatatuba, Santos, Petrópolis, etc., chegando a obstruir estradas, soterrar casas, assorear drenagens, destruir áreas cultivadas e paisagens, além de provocar morte de grande número de pessoas.

#### **3.1.4 Solos**

Capeando os sedimentos da Bacia de Taubaté, especificamente a Formação Caçapava, os solos superficiais correspondem a uma camada de material conhecido como “argilas porosas”, microagregadas e macroporosas, formando um solo inconsolidado e colapsível. Esses solos apresentam alto índice de vazios e alta porosidade, podendo condicionar eventos de escorregamentos. Esta característica de colapsividade pode gerar a formação de crostas lateríticas em subsuperfície, em situações de topos de colinas, formando depressões e lagoas neste topos. As cargas



de pré-adensamento dessas argilas porosas, tendem a concordar com a pressão de terra atual, exceção feita a um adensamento por secagem das camadas superficiais e por concrecionamento das camadas inferiores eventualmente com lentes ou camadas de crostas ferruginosas (IPT, 2000).

Além dos solos originados dos sedimentos terciários da Bacia de Taubaté, ocorre também ao longo dos vales e rios atuais, camadas quaternárias de areias e pedregulhos puros, sotopostas às deposições recentes de argilas orgânicas de crostas ferruginosas.

Nos relevos sustentados por rochas cristalinas, o solo superficial apresenta espessuras normalmente maiores no sentido do sopé das encostas, que chegam a atingir até 5 metros. Este solo, às vezes, é originado de evolução pedológica do solo residual e/ou por processo coluvionar.

Os migmatitos heterogêneos, xistos, filitos e cataclasitos apresentam solo superficial pouco espesso, eventualmente atingindo pouco mais de 2 metros, bastante micáceo, de textura variando de silto-argilosa a silto-arenosa. Seu solo de alteração é, em geral, silto-arenoso, com espessuras que podem atingir dezenas de metros.

Nos migmatitos homogêneos e nos granitóides, o solo superficial predominante é areno-argiloso, com espessura que dificilmente ultrapassa 2m. Seu solo de alteração é areno-argiloso, pouco espesso em regiões de relevo abrupto, sendo comum a presença de matacões e blocos de rocha (IPT, 1996).

### 3.1 Solo de São José dos Campos

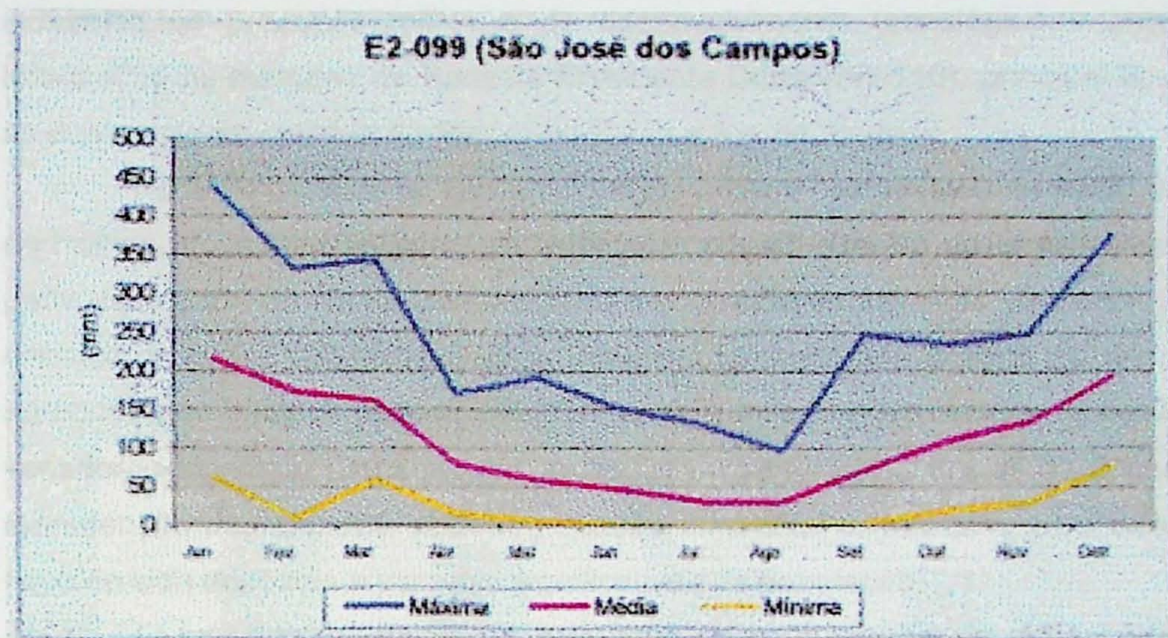
### 3.2 Caracterização climática

O tipo climático que domina na região de São José dos Campos é o tropical úmido, considerando a classificação climática apresentada por MONTEIRO (1973) para o Estado de São Paulo. A pluviosidade anual varia de mais de 1.700 mm nos altos da Serra da Mantiqueira, no norte do município, a geralmente menos de 1.500 mm no Vale do Paraíba, junto ao centro urbano. A análise temporal da pluviosidade total anual em São José dos Campos feita com dados de 25 anos dos dados diários (1974-1998), mostra que os meses com maior incidência de chuvas são de outubro a março, com picos em dezembro e janeiro (PERRELA, 1999). SANT'ANNA NETO (1995), analisando a tendência das chuvas entre 1941 e 1993, observou que no Vale do Paraíba houve um aumento de 10% na pluviosidade da região. Esta variação na



incidência de chuvas se reflete na freqüência de escorregamentos na região serrana (IPT, 1996).

O índice pluviométrico de São José dos Campos se encontra-se no Anexo A ( Figura 3.2).



**Figura 3.2** – Pluviosidade média por ano em São José dos Campos (PERRELA, 1998)

### 3.3 Uso do Solo Urbano

Os solos são obviamente os materiais mais solicitados nos processos de urbanização, o que evidencia sua relevância em relação aos processos tecnológicos, especialmente a urbanização, pois quase a totalidade das obras civis, núcleos urbanos e atividades econômicas que demandam espaço territorial está intimamente ligada a elas, e comumente apresentam problemas geotécnicos.

A forma de uso do solo urbano desempenha importante papel na indução dos processos do meio físico, sobretudo dos movimentos de massa, evidenciados pelos escorregamentos que ocorrem freqüentemente na região de São José dos Campos em períodos chuvosos.

Os estudos realizados pelo IPT (IPT, 1992b, 1996,2000), identificaram vários núcleos urbanos em São José dos Campos com situações de risco a processos de escorregamentos, e registro relativamente freqüente de acidentes. De acordo com



(IPT, 2000), existem hoje no município de São José dos Campos 24 áreas de risco de escorregamentos, muito superior às 4 áreas de risco registradas nos levantamentos realizados pelo IPT em 1992. Esse aumento das áreas de risco no município de São José dos Campos, está intimamente relacionado ao significativo crescimento urbano registrado na região. Favorecido pelo seu parque industrial, com destaque às indústrias de produção militar e de desenvolvimento tecnológico e também pela localização às margens da Rodovia Presidente Dutra (BR-116), principal ligação entre as duas maiores cidades do País (São Paulo e Rio de Janeiro).

Pode-se considerar que a ocupação urbana se instalou no início em setores de colinas, mais favoráveis ao assentamento urbano. Com o acelerado crescimento a partir da década de 70, foi incrementada a ocupação de áreas de várzeas e setores de encosta de maior declividade. Essa urbanização acelerada a partir da década de 70 agregou, com suas complexas relações entre a cidade e seu ambiente físico, novos e variados problemas. Estes problemas se fazem sentir pelos custos da consolidação e manutenção das cidades, pela degradação ambiental e, também, pelo desconforto e risco de vida impostos a parcelas significativas da população.

O crescimento do uso e ocupação do solo urbano na região tem causado alterações significativas nas condições de estabilidade das encostas. As principais causas antrópicas dos escorregamentos segundo o Manual de Ocupação de Encostas (CUNHA *et al*, 1991), são as seguintes:

- Lançamento e concentração das águas pluviais, que decorrem das deficiências de capacidade e funcionamento, ou mesmo, da inexistência de um sistema de drenagem superficial. Como consequência, as águas pluviais infiltram-se no solo, através de trincas e fissuras, diminuindo sua resistência e provocando a ruptura de cortes e aterros. O problema torna-se mais grave por ocasião de chuvas intensas e prolongadas;
- lançamento de águas servidas nas encostas, que decorre da inexistência de sistemas de esgoto adequados. Esta situação permite uma infiltração contínua no solo, podendo provocar sua saturação e consequente ruptura de cortes e aterros. O problema torna-se mais crítico nos períodos chuvosos, quando a saturação do solo aumenta naturalmente;
- os vazamentos e rompimentos de tubulações da rede de abastecimento de água propiciam a saturação do solo e a diminuição da sua resistência, favorecendo a



instabilização de cortes e aterros. Este fato torna-se mais grave, quando a rede é improvisada pelos moradores, através de canos e mangueiras inadequados;

➤ a infiltração de água no solo, proveniente de fossas, pode originar a ocorrência de escorregamentos em taludes, devido à saturação gradual do solo da encosta;

➤ execução inadequada de aterros, através do qual o material é simplesmente lançado sobre a superfície, sem compactação. Desta forma, criam-se condições bastante favoráveis ao aparecimento de caminhos preferenciais para água que, por ocasião das chuvas, desenvolvem deformações pronunciadas, ocorrendo ruptura de aterro;

➤ lançamento de lixo e entulho nas encostas;

➤ a remoção indiscriminada da cobertura vegetal, deixando o solo exposto aos processos superficiais, isto porque a cobertura vegetal representa proteção para o solo, diminuindo o impacto e a infiltração das águas pluviais, além de proporcionar uma maior resistência, através das raízes;

➤ cultivo de espécies vegetais que favorecem a infiltração das águas na encosta (exemplo das bananeiras);

Grande parte dos problemas de instabilização de encostas verificados nas áreas urbanas do município, está diretamente associada com as intervenções descritas acima. O homem constitui o mais importante agente modificador da dinâmica das encostas. Com a ausência de mecanismos eficazes de controle do uso do solo urbano, aliado ao desconhecimento técnico sobre o assunto, tende a perpetuar essas práticas perigosas de uso e ocupação do solo (IPT, 2000).

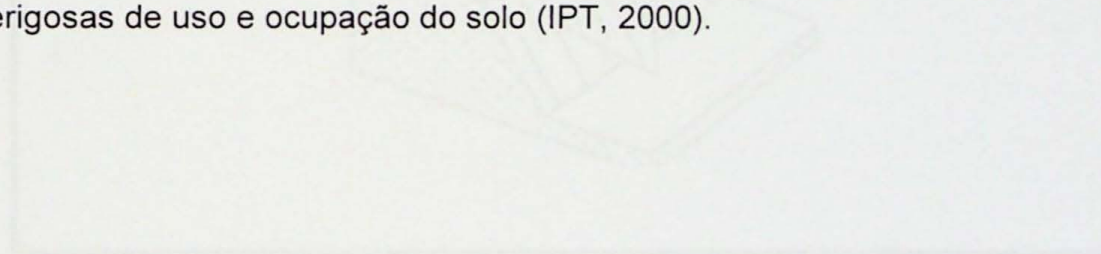


Figura 4.1 - Exemplo de rede de drenagem improvisada (IPT, 2000)

O termo talude é mais empregado para designar encostas naturais e áreas de intervenção urbana. Trata-se um termo mais genérico e relacionado a áreas urbanas. Utilizado também para designar taludes de corte para obras de infraestrutura, como a construção de estradas, pontes, etc. O termo encosta é mais utilizado para designar áreas de intervenção urbana, como a construção de edifícios, etc.



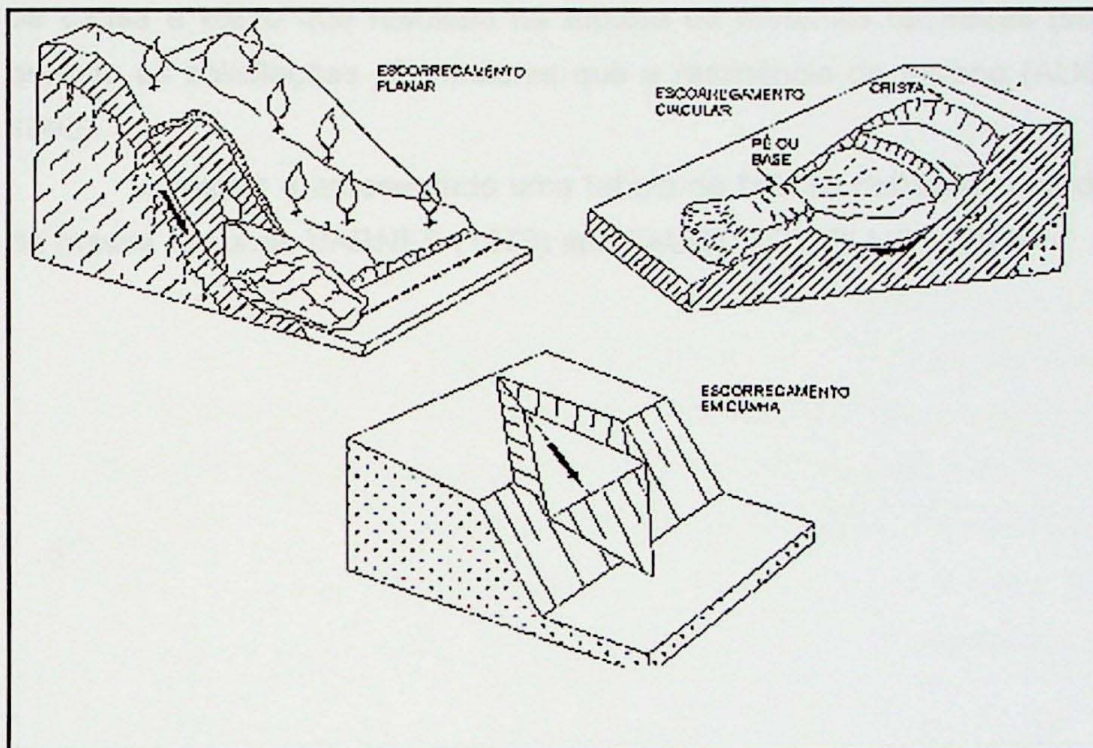
## 4. ESCORREGAMENTOS E PROCESSOS AFINS

### 4.1 Definições básicas

Segundo CUNHA *et al* (1991), os escorregamentos são processos marcantes na evolução da encosta, caracterizando-se por movimentos rápidos, limites laterais e profundidade bem definidos (superfície de ruptura).

STOCHALAK (1974) define as encostas como toda superfície natural inclinada unido outras duas, caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais.

Os escorregamentos podem movimentar solo, solo e rocha ou apenas rocha. A geometria destes movimentos pode ser circular, planar ou em cunha (Figura 4), em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura.



**Figura 4.1** - Exemplos típicos de escorregamentos (CARREGÃ, 1994)

O termo talude é mais empregado para definir encostas próximas a obras lineares, de mineração, etc., tendo um caráter mais geotécnico e relacionado a áreas restritas. Utilizam-se também: talude de corte, para taludes resultantes de algum processo de escavação promovido pelo homem; e taludes artificiais, relacionados aos declives de aterros, constituídos de materiais diversos (WOLLE, 1980 *apud* IPT, 1995).



Um tipo de escorregamento comum em encostas ocupadas é o escorregamento induzido, aquele onde a deflagração é potencializada pela ação antrópica, mobilizando materiais produzido pela própria ocupação (aterro, entulho, etc). Estes depósitos gerados pela ação antrópica são chamados de depósitos tecnogênicos (CHEMEKOV, 1982; TER-STEPANIAN, 1988 *apud* OLIVEIRA, 1994). O conceito abrange tanto os depósitos construídos, bem como os aterros de diversas espécies, quanto os depósitos induzidos, como os corpos aluvionares resultantes de processos erosivos, desencadeados pelo uso do solo.

#### 4.1.2 Fatores que atuam na deflagração dos escorregamentos

Os processos de escorregamentos envolvem uma série contínua de eventos de causa e efeito que resultam na ruptura de materiais terrestres (solo e/ou rocha), quando as solicitações são maiores que a resistência do terreno (AUGUSTO FILHO, 1995).

A seguir é apresentado uma tabela de fatores deflagradores dos movimentos de massa segundo VARNES (1978) *apud* AUGUSTO FILHO (1995).

Fatores Deflagradores dos Movimentos de Massa (VARNES, 1978)	
Redução da Resistência	Incidentes do Material
	Alterações do Terreno
	Variação

Tabela 4.1 – Fatores deflagradores dos movimentos de massa (VARNES, 1978 *apud* AUGUSTO FILHO, 1995).

#### 4.2 Classificação

A seguir, são citadas algumas classificações para os movimentos de massa.



Ação	Fatores	Fenômenos Geológicos/Antrópicos
AUMENTO DA SOLICITAÇÃO	REMOÇÃO DE MASSA (lateral ou da base)	- Erosão, escorregamentos - cortes
	SOBRECARGA	- peso da água de chuva, neve, granizo, etc. - acúmulo natural de material (depósitos) - peso da vegetação. - construção de estruturas, aterros, etc.
	SOLICITAÇÕES DINÂMICAS	- terremotos, ondas, vulcões, etc. - explosões, tráfego, sismos induzidos
	PRESSÕES LATERAIS	- água em trincas, congelamento, material expansivo
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA	CARACTERÍSTICAS INERENTES AO MATERIAL (geometria, estruturas, etc.)	- características geomecânicas do material, tensões
	MUDANÇAS OU FATORES VARIÁVEIS	- intemperismo => redução na coesão, ângulo de atrito - elevação do nível d'água.

**Tabela 4.1** - Fatores deflagradores dos movimentos de massa (VARNES, 1978 *apud* AUGUSTO FILHO, 1995)

## 4.2 Classificações

A seguir, são listadas algumas classificações sobre os processos de escorregamentos.



#### 4.2.1 Classificação de AUGUSTO FILHO

AUGUSTO FILHO (1992)<sup>1</sup> classifica os processos de escorregamentos (slides) ✕ da seguinte forma:

- Poucos planos de deslocamento (externos);
- Velocidades médias (m/h) e altas (m/s);
- Pequenos e grandes volumes de material;
- Geometria planar: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza;
- Geometria circular: solos espessos, homogêneos e rochas muito fraturadas;
- Geometria em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza.

Segundo AUGUSTO FILHO (1992), as ações antrópicas constituem-se no mais importante agente modificador da dinâmica natural das encostas. Com o avanço das diversas formas de uso e ocupação do solo em áreas naturalmente suscetíveis aos movimentos gravitacionais de massa, esta ocupação desordenada acelera e amplia os processos de instabilização. As principais modificações oriundas das interferências antrópicas indutoras dos movimentos de massa são apresentadas abaixo:

- Remoção da cobertura vegetal;
- lançamentos e concentrações de águas pluviais e/ou servidas;
- vazamentos na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas;
- execução de cortes com geometria incorreta de altura e inclinação;
- execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação);
- lançamento de lixo nas encostas e/ou taludes.

#### 4.2.2 Classificação de SHARPE

Os processos de escorregamentos segundo a classificação de SHARPE (1938, *apud* GUIDICINE e NIEBLE, 1976 *apud* CARREGÃ, 1994), ocorre em massas de solos ou rochas envolvendo deslocamentos geometricamente definidos, assim como um tempo de duração restrito.

A classificação de SHARPE divide os escorregamentos pelo tipo de material envolvido e pelo tipo de movimento. Existem cinco subtipos, sendo listados abaixo os principais:

- Escorregamento rotacional: ocorrência restrita a solos relativamente homogêneos, associam-se a superfícies de ruptura circulares.



- Escorregamentos de detritos: associa-se a movimentos de material sólido com superfícies planares de ruptura.
- Queda de detritos: são movimentos verticais de porções terrosas, cujo principal fator determinante é a gravidade. Em geral são ocasionados por descalçamento do pé do talude através da erosão.

#### 4.2.3 Classificação de SKEMPTON

O critério de SKEMPTON & HUTCHINSON (1969) para classificação de movimentos de encostas é fundamentado no estudo do comportamento de solos argilosos. O sistema de classificação de SKEMPTON não se preocupa apenas com aspectos descritivos de caráter geológico-hidrológico, mas também dá ênfase aos tópicos da Mecânica de Solos, em parte devido ao estudo desenvolver-se partindo de solos argilosos.

Os critérios utilizados na classificação são o tipo de movimento que ocorre, a forma da massa instabilizada e direções e velocidades de movimento. Alguns tipos básicos de instabilização de encostas, segundo esta classificação, estão listadas abaixo:

- **Escorregamentos Rotacionais:** Têm ocorrência praticamente restrita a taludes constituídos por solos argilosos homogêneos. SKEMPTON subdivide este tipo em escorregamentos profundos, rasos e não circulares, sendo que os últimos ocorrem em argilas que possuem certo grau de anisotropia, em geral decorrente de intemperização diferencial do maciço.

#### 4.2.4 Classificação de TERZAGHI

TERZAGHI (1950), define os processos de escorregamentos como sendo deslocamentos rápidos de uma massa de rocha, solo residual ou sedimentos, em que o centro de gravidade dessa mesma massa se movimenta para baixo e para fora do maciço, com superfícies bem definidas de ruptura.



### **4.3 Principais ambientes de escorregamentos**

#### **4.3.1 Escorregamentos no Horizonte Superficial**

##### **4.3.1.1 Escorregamentos rotacionais**

Em solos superficiais homogêneos é um mecanismo de ocorrência mais expressiva, sendo também o tipo de ruptura clássica em aterros e em solos sedimentares coesivos.

Os escorregamentos rotacionais geralmente envolvem maiores espessuras de solo que os translacionais. Quando o agente deflagrador do movimento é o fluxo d'água, situação que é característica em encostas naturais com solos superficiais insaturados, o mecanismo pressupõe, além de horizonte razoavelmente homogêneos, um estrato relativamente mais impermeável abaixo do horizonte superficial do solo; a causa da ruptura são as pressões neutras positivas decorrentes de infiltração de água, favorecendo um fluxo paralelo à encosta ou com presença do nível d'água em pequena profundidade ( CARREGÃ,1994).

##### **4.3.1.2 Escorregamentos translacionais**

Os escorregamentos translacionais predominam em grande extensão das regiões serranas SE do Brasil, onde o substrato geológico constitui-se de rochas cristalinas pré-cambrianas e suas respectivas alterações. Mobilizam em geral reduzida espessura de solo, e ocorrem durante ou após chuvas muito intensas ou prolongadas e, muitas vezes, acabam por se transformar em corridas ou avalanches de solo e lama (CARREGÃ, 1994).

##### **4.2.3 Escorregamentos em saprólitos e solo saprolítico**

Ainda segundo CARREGÃ (1994), os escorregamentos em saprólitos e solo saprolítico desenvolvem-se aproveitando de superfícies de discontinuidades, como a xistosidade, fraturas, diáclases, esfoliações, fendas e alívio de pressão, falhas e outras superfícies que possuam como característica menor resistência que o maciço adjacente.



Ainda segundo CARREGÀ (1994), os escorregamentos podem ser ocasionados por efeito de vibração, percolação d'água ou simples gravidade.

São descritos três tipos de rupturas condicionadas por estruturação do maciço:

- Ruptura plana: ocorre condicionada por uma descontinuidade de baixa resistência e orientação desfavorável em relação à direção do corte do talude.
- Ruptura em cunha: ocorre quando duas descontinuidades desfavoráveis se interceptam, limitadas pela face do talude.
- Tombamento: ocorre quando o mergulho dos planos de descontinuidade é muito alto.

Podem ocorrer eventualmente escorregamentos não estruturados, do tipo rotacional, quando o material é formado a partir da decomposição de rochas brandas e moles, onde a alteração origina um material mais fraco, ou, ainda, quando o fraturamento é caótico e muito intenso.

Segundo CARREGÀ (1994), os mecanismos que levam ao desenvolvimento de escorregamentos em horizontes saprolíticos estão geralmente associados à infiltração de água provocando separação das descontinuidades, execução de cortes ou escavações nas encostas. No entanto, sempre que alguma ação antrópica se faz sentir, retirando o capeamento superficial laterizado, as instabilizações tornam-se recorrentes, condicionadas às estruturas reliquias ou outras descontinuidades.

#### **4.2.4 Escorregamentos decorrentes da ação do Homem**

O Homem desde os tempos remotos, vem se constituindo em um importante agente modificador do meio ambiente, interferindo em seu equilíbrio, potencializando e acelerando diversos processos de dinâmica superficial.

Segundo CUNHA *et al* (1991), estas interferências adquirem especial importância nas encostas, devido a sua suscetibilidade natural aos movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos, que são seus problemas mais comuns.

Ainda segundo CUNHA *et al* (1991), os escorregamentos em áreas de encostas ocupadas costumam ocorrer em taludes de corte, aterro e taludes naturais, envolvendo massas de solo e dimensões variadas e, dependendo do local, estas podem incluir material rochoso. A ocorrência de escorregamentos está associada basicamente à ação da água e da gravidade. A evidência de que este processo será



inevitável é a presença de trincas no solo e nas paredes das casas. A situação será mais crítica quanto maiores e mais extensas forem estas manifestações.

Segundo CUNHA *et al* (1991), as principais causas antrópicas dos escorregamentos são as seguintes:

- Lançamento e concentração de águas pluviais;
- lançamento de águas servidas;
- vazamentos na rede de abastecimento de água;
- execução inadequada de aterros;
- deposição de lixos;
- remoção indiscriminada da cobertura vegetal.

Os escorregamentos que decorrem destas causas, são conhecidos como escorregamentos induzidos.

#### **4.4 Correlação entre pluviosidade e escorregamentos**

A correlação entre chuvas e escorregamentos é muito importante, pois sendo as chuvas o principal agente deflagrador dos movimentos de massa, faz-se necessário precisar sua relação de causa e efeito, com os escorregamentos ocorridos. Um dos primeiros estudos de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido foi realizado por GUIDICINI & IWASA (1976).

AUGUSTO FILHO (1992), defende que as águas contribuem diretamente para as instabilizações de encostas, devido aos mecanismos:

- Alçamento do nível d'água e geração de forças de percolação;
- Preenchimento temporário de fendas, trincas e/ou estruturas em solos saprolíticos e rochas (fraturas, etc.), com geração de pressões hidrostáticas;
- Formação de frentes de saturação, reduzindo a resistência dos solos pela perda de coesão aparente.

Vale ressaltar que os escorregamentos induzidos por ações antrópicas são deflagrados por índices pluviométricos menores que os escorregamentos naturais. As corridas de massa, em geral, necessitam de índices maiores ainda (AUGUSTO FILHO, 1992).

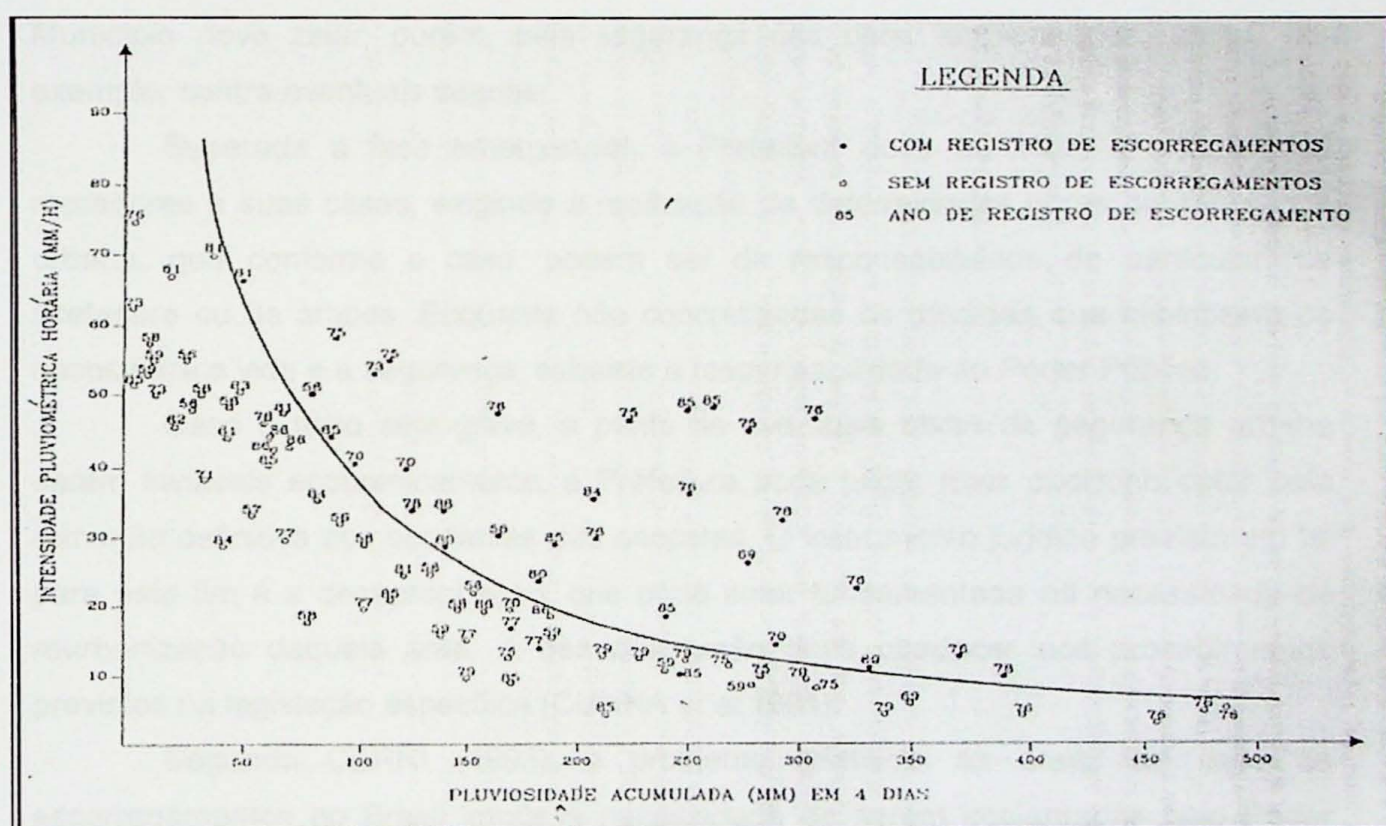
Um exemplo muito utilizado neste tipo de estudo é o de TATIZANA *et al*. (1987), na região da Serra do Mar no município de Cubatão-SP. O autor mostra a correlação entre a deflagração dos escorregamentos planares em solo e os índices



pluviométricos horários acumulados anteriores ao evento (melhor correlação para os três dias anteriores). É possível observar que, para maiores valores acumulados, os índices pluviométricos horários deflagradores dos escorregamentos decrescem. O gráfico mostra uma envoltória correspondente à condição pluviométrica a partir da qual é elevada a possibilidade de ocorrência de escorregamentos induzidos pela ocupação.

De acordo com levantamento do IPT (2000), ocorreram nos últimos cinco anos no município de São José dos Campos 38 eventos de escorregamentos relacionados a fortes chuvas.

O gráfico da correlação da pluviosidade com escorregamentos encontra-se em anexo (Figura 4.4).



**Figura 4.4** - Correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, em Cubatão, SP (TATIZANA *et al.*, 1987)



#### 4.5 Quadro Legal

Conforme Revista dos tribunais nº 625/157 e 634/151, o município tem o dever legal de prevenir escorregamentos nas encostas por meio de contenção de obras. A omissão da Prefeitura na execução das obras de segurança urbana, especialmente contra eventos previsíveis anualmente (período chuvoso), tem acarretado a responsabilidade civil do Município, pela ineficiência do serviço público a seu cargo. A partir dos resultados da análise de risco, o Município deverá tomar medidas administrativas e/ou judiciais pertinentes, a fim de minimizar o risco de perda de vidas humanas e/ou bens materiais.

Em uma situação de risco iminente, devido às chuvas intensas, por exemplo, pode-se compelir o morador a sair de sua habitação, inclusive com a requisição de força policial, se necessário (relocação preventiva das pessoas sujeitas a risco). O Município deve zelar, porém, pela segurança dos bens abandonados, como, por exemplo, contra eventuais saques.

Superada a fase emergencial, a Prefeitura deve autorizar o retorno dos moradores a suas casas, exigindo a realização de determinadas obras de segurança urbana, que conforme o caso, podem ser de responsabilidade do particular, da Prefeitura ou de ambos. Enquanto não concretizadas as medidas que minimizem os riscos para a vida e a segurança, subsiste a responsabilidade do Poder Público.

Caso o risco seja grave, a ponto de eventuais obras de segurança urbana serem inviáveis economicamente, a Prefeitura pode julgar mais oportuno optar pela remoção definitiva dos ocupantes das encostas. O instrumento jurídico previsto em lei para este fim é a desapropriação, que pode estar fundamentada na necessidade de reurbanização daquela área. A desapropriação deve obedecer aos procedimentos previstos na legislação específica (CUNHA *et al*, 1991).

Segundo CERRI (1993), o problema referente às áreas de risco de escorregamentos no Brasil impõe a necessidade de serem implantadas pelo Poder Público medidas voltadas à prevenção de acidentes associados a esses processos, onde a formulação e a proposição de medidas de prevenção de acidentes devem ser efetuadas subseqüentemente à identificação (dos locais ameaçados) e à análise de dados (quantificação e estabelecimento de prioridades).



## 5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Tendo em vista o escopo e os objetivos do trabalho, o método adotado buscou identificar as características geológicas intrínsecas aos terrenos sedimentares terciários e aos morros cristalinos.

Para um melhor desenvolvimento dos trabalhos, o autor procurou incrementar a sua base de conhecimentos, considerando as especificidades relacionadas ao tema de escorregamentos e estabilidade de taludes.

Os trabalhos se desenvolveram segundo duas grandes linhas de pesquisa:

Estudos gerais:

- Pesquisa bibliográfica sobre o assunto como também sobre a região, buscando a maior e melhor base de conhecimentos para melhor descrever este projeto.

Estudos específicos:

- Etapas de campo, para observação *in situ* de áreas dos diferentes compartimentos.

### 7.2 Cronograma

Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão Bibliográfica												
Elaboração do Projeto												
1º Sem.												
2º Sem.												
3º Sem.												
4º Sem.												
5º Sem.												
6º Sem.												
7º Sem.												
8º Sem.												
9º Sem.												
10º Sem.												
11º Sem.												
12º Sem.												

As tarefas de atividades referentes ao desenvolvimento do projeto foram distribuídas da seguinte forma:

• FASE 1: Revisão bibliográfica e elaboração do projeto e planejamento regional de São José dos Campos.

• FASE 2: Escolha das áreas para estudo da suscetibilidade de escorregamentos nos afloramentos.

• FASE 3: Caracterização geológica-geomorfológica das áreas selecionadas, envolvendo as fotos de campo com descrição, registro em foto das características dos terrenos e as notas de campo.



## 6. MATERIAIS UTILIZADOS

- Mapa Geológico - 1:100 000 do município de São José dos Campos;
- Carta Geotécnica de São José dos Campos confeccionada pelo IPT;
- Fotografias aéreas da região;
- Mapa topográfico 1:10.000 das áreas estudadas;
- Fichas de caracterização geológica-geotécnica das áreas;
- Clinômetro;
- Sondagens a Trado manual para investigação dos perfis de alteração;
- Levantamento de seções topográficas;
- Levantamento de ocorrência/cadastro de escorregamentos ocorridos na região nos últimos anos.

## 7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

### 7.1 Cronograma

Atividades	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
Definição do tema	■			■				■	
Entrega do Projeto Inicial		■							
Fase 1		■							
Fase 2			■	■					
Fase 3			■	■			■		
Fase 4					■	■			
Fase 5							■	■	
Preparação\Entrega do Relatório de Progresso				■	■				
Preparação Res. Exp. e Relatório Final								■	
Entrega do Relatório Final									■

As fases de atividades referentes ao desenvolvimento do projeto propriamente dito, dividem-se da seguinte forma:

- FASE 1: Revisão bibliográfica/Esboço/Descrição geológica e geomorfológica regional de São José dos Campos;
- FASE 2: Escolha das áreas para estudo da suscetibilidade de escorregamentos nos distintos compartimentos;
- FASE 3: Caracterização geológica-geotécnica (campo) das áreas selecionadas, empregando-se fotos de campo para descrição; registro em foto das características dos terrenos e se houver, de antigas cicatrizes;



- FASE 4: Estudo de ocorrências de escorregamentos e correlação com os distintos compartimentos, definição de medidas de mitigação;
- FASE 5: Análise Comparativa entre os distintos compartimentos (terrenos sedimentares Terciários e Morros cristalinos) de encostas com áreas de risco de escorregamentos.

## **8. ÁREAS DE ESTUDO**

Dentro do projeto foram selecionadas duas áreas dentro dos Sedimentos Terciários e também duas áreas nos Morros Cristalinos. De acordo com a localização indicada no Mapa Geotécnico de São José dos Campos (IPT, 1996) e no Mapa de Uso e Ocupação do solo (IPT, 1996), ambos na escala 1:25.000 serão estudados dentro dos sedimentos terciários as colinas e morrotes em sedimentos arenosos, representado e ocupado pelo bairro do Rio Comprido, e em colinas e morrotes em sedimentos argilosos, representado e ocupado pelo Jardim São Bento.

No compartimento de Morros Cristalinos serão estudados os morros com substrato de rochas graníticas, ocupadas pelo bairro Águas de Canindú (3), e morros com substrato de migmatitos, gnaisses, xistos e filitos, ocupado pelo bairro Mirantes do Buquirinha (4).

### **8.1 Terrenos sedimentares terciários**

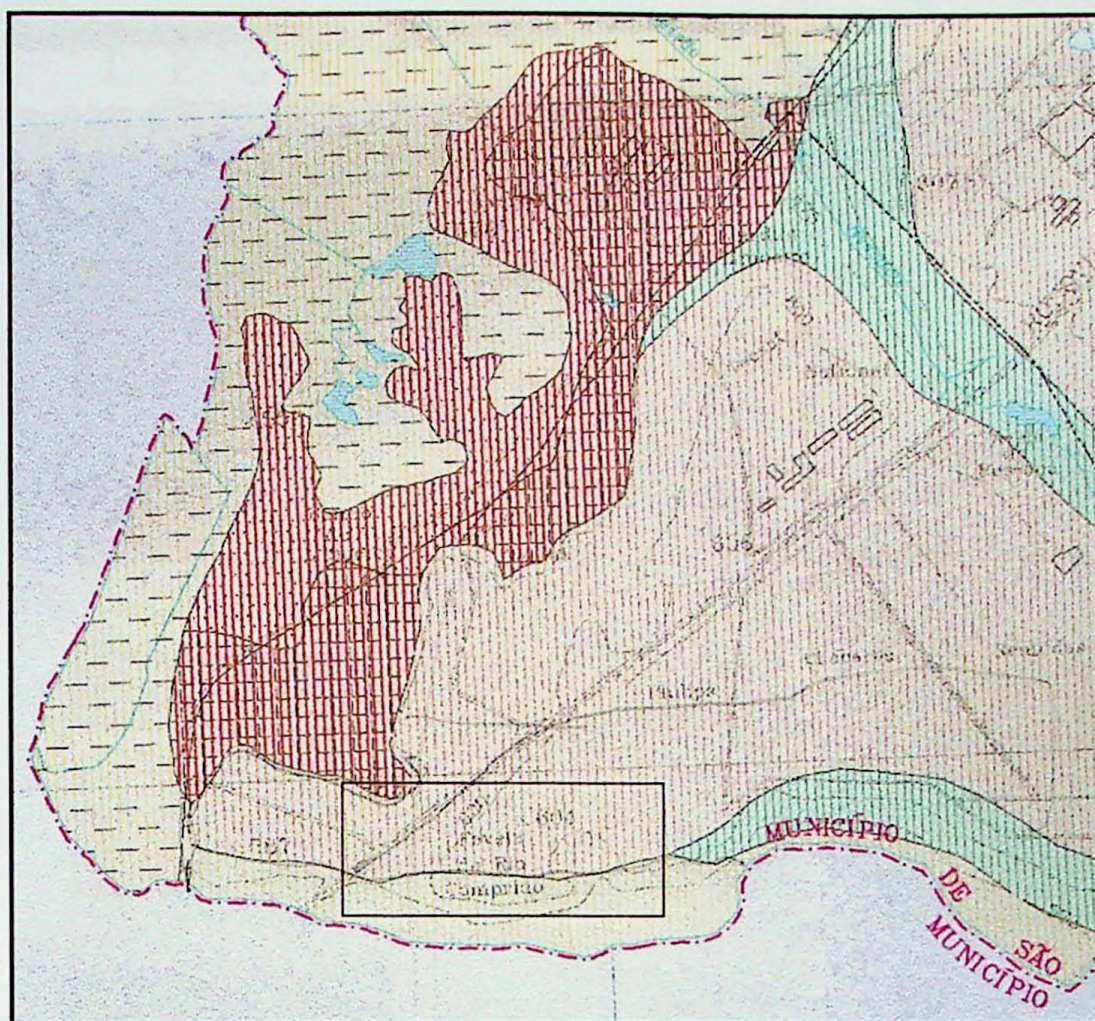
Serão estudados dentro das colinas e morrotes do terciário uma área em sedimentos arenosos, representado e ocupado pela Favela do Rio Comprido (1), e em sedimentos argilosos, representado e ocupado pelo Jardim São Bento (2).

Estão listados abaixo características geológico-geotécnicas das áreas.

#### **8.1.1 Bairro do Rio Comprido**

A área onde se localiza este bairro (Figura 8.1.1), é composta por colinas e morrotes em sedimentos arenosos, segundo a carta geotécnica (IPT, 1996). Trata-se de um bairro de classe média baixa, próximo a Rodovia Presidente Dutra, na divisa do município de São José dos Campos com o município de Jacareí. A urbanização neste bairro avança e se consolida, muitas vezes ocupando áreas com situação de risco de escorregamentos. São listados a seguir aspectos relevantes sobre esta área.

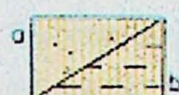




**Figura 8.1.1** – Localização do Bairro Rio Comprido nos sedimentos arenosos (IPT,1996)



# LEGENDA



Aluviões

Obs.: a - arenosos  
b - argilosos



Terraços

Obs.: a - fluviais  
b - sedimentares  
c - cristalinos



Talus/Colúvio



Colinas e Morrotes em  
Sedimentos Arenosos



Colinas e Morrotes em  
Sedimentos Argilosos

Obs.: a - argila arenosa  
b - argila expansiva



Colinas e Morrotes em  
Embasamento Cristalino



Morros com substrato de  
Migmatitos/Gnoisses/Xistos/Filitos



Morros com substrato de  
Rochas Graníticas



Montanhas e Escarpas



#### **8.1.1.1 Características do meio físico**

- Relevo de colinas subordinadamente morrotes e planícies aluviais, com declividades predominantes entre 5 e 10% nos topos e chegando a situações de até 20% nas vertentes;
- Sedimentos de fácies fluvial meandrante e leques aluviais arenosos da Formação Tremembé, em que prevalecem arenitos, com camadas e lentes de argilitos e folhelhos;
- cobertura de solo superficial coluvionar areno-argiloso de espessura média em torno de 2m, mais espessa nos topos aplainados de maior expressão;
- presença de lençol d'água suspenso quando ocorrem intercalações de camadas arenosas e argilosas.

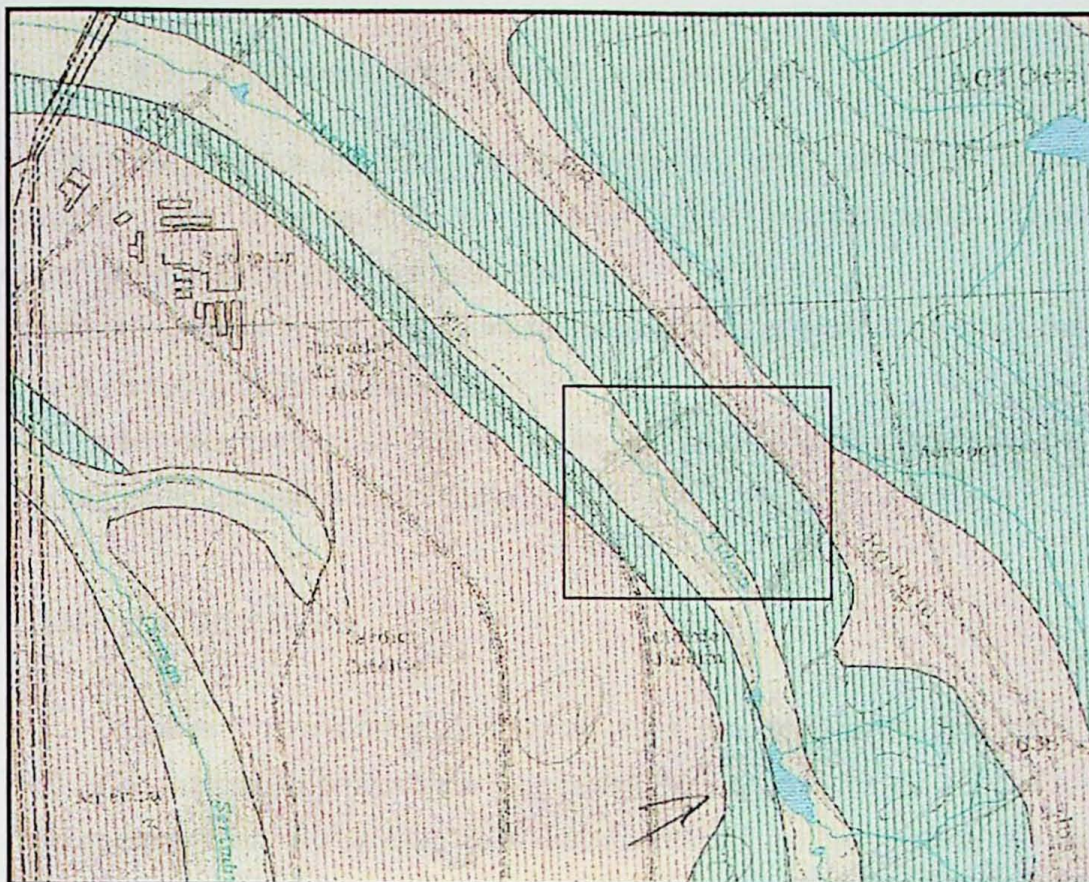
#### **8.1.1.2 Processos existentes ou potenciais**

- Alta suscetibilidade à erosão laminar em sulcos;
- desagregação superficial (empastilhamento) eventual das camadas argilosas expostas (taludes em loteamentos e sistema viário), provocando descalçamento e escorregamento de estratos sobrepostos, e aprofundamento gradativo dos sulcos de erosão. Tal situação é, por vezes, incrementada pela presença de nível d'água supsenso;
- assoreamento das drenagens;
- recalque em aterros, fundações, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários, quando ocorrem camadas argilosas expressivas no subsolo;
- contaminação da drenagem superficial e de parte da água subterrânea, principalmente por efluentes domésticos.

#### **8.1.2 Jardim São Bento**

Segundo o mapa geotécnico (Figura 8.1.2), o bairro Jardim São Bento encontra-se localizado na área relativa as colinas e morrotes em sedimentos argilosos. Em geral, são terrenos topograficamente favoráveis a ocupação, sendo mais problemático a ocupação nas vertentes abruptas próximas das drenagens. Na área de expansão urbana predominam os campos antrópicos.





**Figura 8.1.2** – Localização do Bairro Jardim São Bento nos sedimentos predominantemente argilosos (IPT, 1996)

#### **8.1.2.1 Características do meio físico**

- Relevo de colinas, subordinadamente morrotes e planícies aluviais, com declividades predominantes menores que 20%. Ao longo de drenagens forma vertentes mais abruptas, na transição entre platôs e fundos de vales;
- sedimentos argilosos e siltosos predominantes de fácies lacustres da Formação Tremembé, em que prevalecem argilitos e folhelhos, eventualmente com camadas e lentes de arenitos;
- ocorrência comum de argila expansiva;
- presença de lençol freático suspenso quando ocorrem intercalações de camadas arenosas e argilosas.



### **8.1.2.2 Processos existentes ou potenciais**

- Desagregação superficial (empastilhamento) das camadas argilosas expostas (taludes em loteamentos e sistema viário), provocando descalçamento e escorregamento de estratos sobrepostos;
- erosão laminar e em sulcos, incrementada pela presença de nível d'água suspenso e pela desagregação superficial;
- erosão mais profundas das vertentes, em locais de concentração de água, a partir da ocupação de platôs a montante.

## **8.2 Morros Cristalinos**

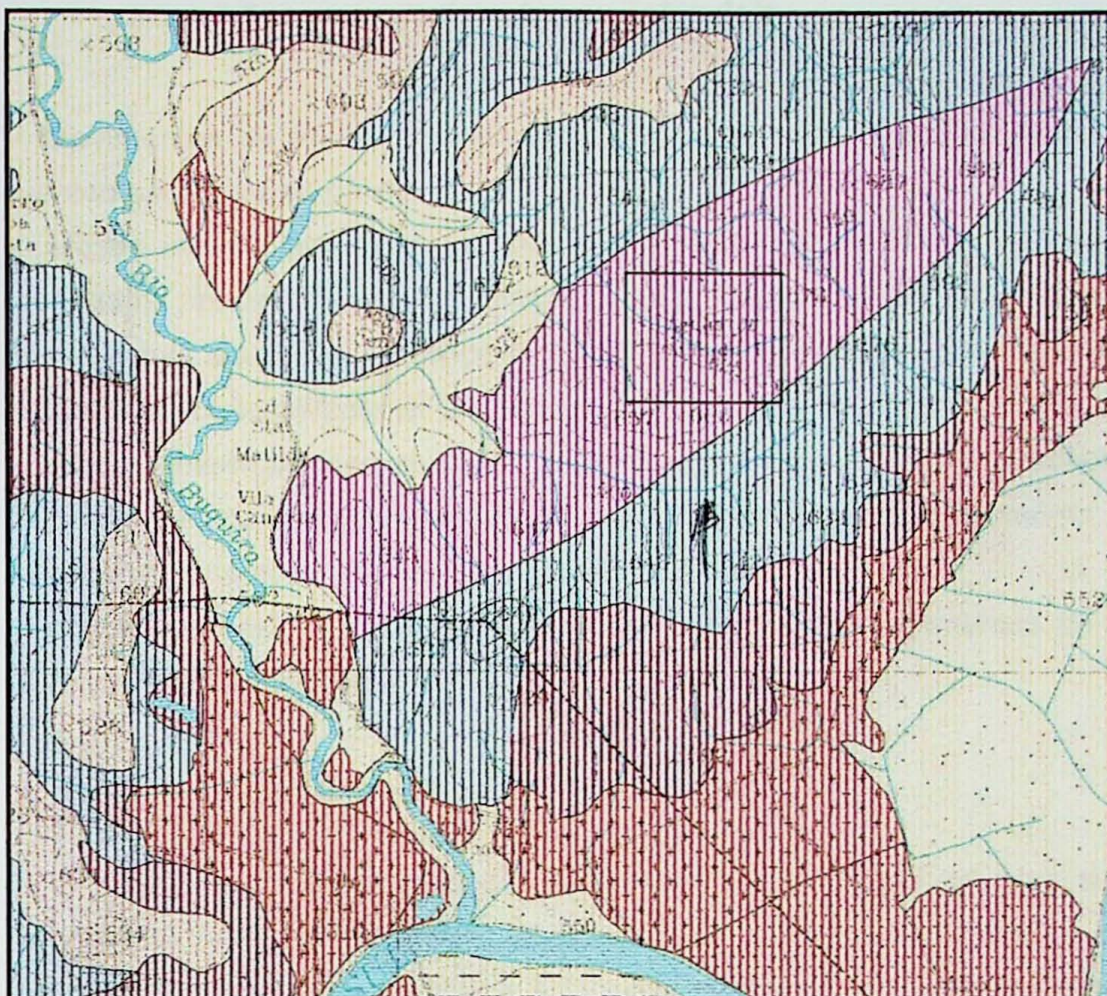
Dentro dos morros cristalinos, será estudado uma área nos substratos de rochas graníticas, representado pelo bairro Águas de Canindú, e uma área nos morros com substrato de rochas graníticas, representado pelo bairro Mirantes do Buquirinha.

Abaixo estão descritos as características de geológico-geotécnicas de cada área.

### **8.2.1 Bairro Águas de Canindú**

Na área representada por este bairro (Figura 8.2.1), temos o relevo de colinas e morrotes com substrato de rochas graníticas (IPT, 1996). Quanto a aspectos do uso do solo, é uma área de ocupação antrópica e, eventualmente, por matas naturais e secundárias. Atualmente ocorre uma urbanização intensa, evidenciada por loteamentos. Abaixo estão descritos as características geotécnicas das áreas, de acordo com a Carta Geotécnica do IPT (1996).





**Figura 8.2.1** – Localização do Bairro Águas de Canindú nos morros com substrato de rochas graníticas (IPT, 1996)

#### **8.2.1.1 Características do meio físico**

- Esta área apresenta relevo principalmente de morros, com declividades predominantes que variam de 20 a 58%, podendo ocorrer, subordinadas, outras formas de relevo de amplitude variada;
- substrato de rochas graníticas (granitos e parte dos gnaisses e migmatitos com estruturas pouco orientadas);
- solos com horizonte de composição granulométrica heterogênea e alto grau de erodibilidade;



### 8.2.1.2 Processos existentes ou potenciais

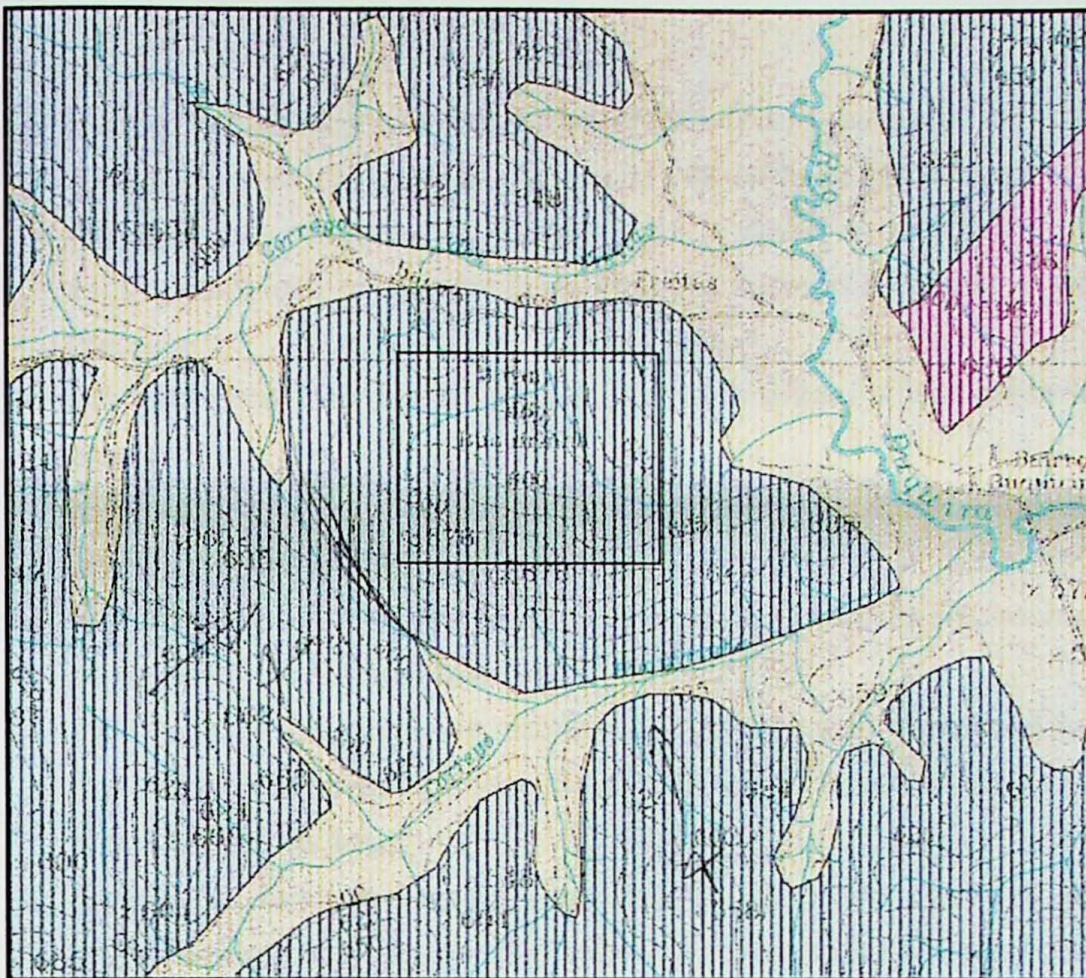
- Movimentos de massa principalmente induzidos pela ocupação, associando-se a eventos excepcionais de chuva;
- erosão intensa por sulcos, ravinas e boçorocas por reativação de cabeceiras de drenagem, principalmente nos fundos de vale, nas partes de maior declividade do relevo e nas situações de concentração de águas superficiais e terraplanagem, sem implantação concomitante de proteção vegetal do solo e de sistema de drenagem;
- assoreamento dos corpos d'água por sedimentos provenientes do processo erosivo;
- predomínio de queda e rolamento de blocos por erosão e descalçamento;
- escorregamentos superficiais no contato solo/rocha;
- outros processos induzidos pela ocupação, como escorregamentos de taludes de corte/aterro, lixo e bota-fora.

### 8.2.2 Mirantes do Buquirinha

Na área representada por este bairro, temos os morros com substrato de migmatitos/gnaisses/Xistos/filitos, de acordo com a Carta Geotécnica do IPT (1996), que se encontra em anexo (Figura 8.2.2). Recentemente esta área estão sendo palco de parcelamento urbano, com crescimento urbano intenso e de baixa renda. Inicialmente, esse crescimento urbano se iniciou nas faixas de menor declividade, mas observamos a expansão da urbanização em terrenos mais abruptos, muitas vezes ocupando situações de risco.

Estão descritos abaixo as principais características geotécnicas da área, de acordo com a Carta Geotécnica do IPT (1996).





**Figura 8.2.2** – Localização do Bairro Mirantes do Buquirinha nos morros com substrato de migmatitos/gnaisses/xistos/filitos (IPT,1996)

#### **8.2.2.1 Características do Meio Físico**

- Sistemas de relevo principalmente de morros, com declividades predominantes que variam de 20 a 58%, podendo ocorrer, subordinadas, outras formas de relevo de amplitude variada;
- substrato de rochas cristalinas com estruturas bastante orientadas (xistosidade, foliação, etc.) constituídas por xistos, parte dos gnaisses e migmatitos, e, eventualmente, filitos;
- solos de alteração com composição granulométrica heterogênea e alto grau de erodibilidade;

#### **8.2.2.2 Processos Existentes ou Potenciais**

- eventos excepcionais de chuva;



- erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, por reativação de cabeceiras de drenagem, principalmente nos fundos de vale e nas partes de maior declividade do relevo, e nas situações de concentração de águas superficiais e terraplanagem sem implantação concomitante de proteção superficial do solo e de sistema de drenagem;
- assoreamento dos corpos d'água por sedimentos provenientes do processo erosivo;
- processos induzidos pela ocupação, como queda de blocos, escorregamentos de taludes de corte/aterro, lixo e bota-fora;
- escorregamentos planares de solo, geralmente no contato solo/rocha, nos trechos de declividades maiores que 40%;
- escorregamentos circulares restritos a trechos de solo espesso e saprolito muito fraturado, geralmente induzidos por escavações na base de taludes e situações de concentração de água;
- rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (talús/colúvio), principalmente nos setores localizados abaixo das zonas de maior declividade
- escorregamentos associados à presença de estruturas no solo de alteração/rocha (foliação, xistosidade e fratura).



Figura 2.1 - Forma de Talude (Landslide Shape)



## 9. ANÁLISE COMPARATIVA

Neste capítulo serão discutidos aspectos geológicos e geotécnicos observados nos levantamentos de campo, no tocante à questão da suscetibilidade dos diferentes terrenos aos processos de escorregamentos.

Nas áreas de risco de escorregamentos em terrenos sedimentares da Bacia de Taubaté, observou-se que as características lito-estratigráficas presentes no substrato sedimentar representam fator importante na instabilidade das encostas.

No bairro popular do Rio Comprido, os processos de escorregamentos observados, relacionados com o arcabouço lito-estratigráfico dos terrenos sedimentares, constituem instabilizações de porte relativamente grande, abrangendo uma porção de encosta de cerca de 35 metros de base, 20 metros de altura e 20 metros de largura na porção de cabeceira.

Os condicionantes naturais observados foram:

- condicionante geométrico: alta declividade natural de encosta, variando de 25° a 40° ;
- condicionante estratigráfico: relações dos horizontes das camadas sedimentares (Figura 9);
- condicionante instabilizador: lençol freático suspenso.

As feições de instabilização observados foram:

- cicatrizes de escorregamentos antigos;
- trincas e degraus de abatimento nas porções de cabeceira;
- surgências d'água no pé do talude

Os tipos de processo de instabilização observados em campo foram:

- processo do tipo rastejo, com rupturas remontantes e relativamente profundas, atingindo as porções de base e de meia encosta (Figura 9.1.1).

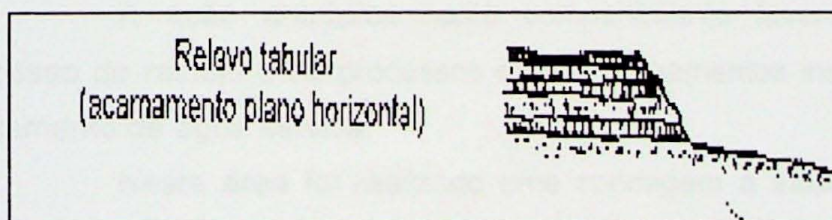
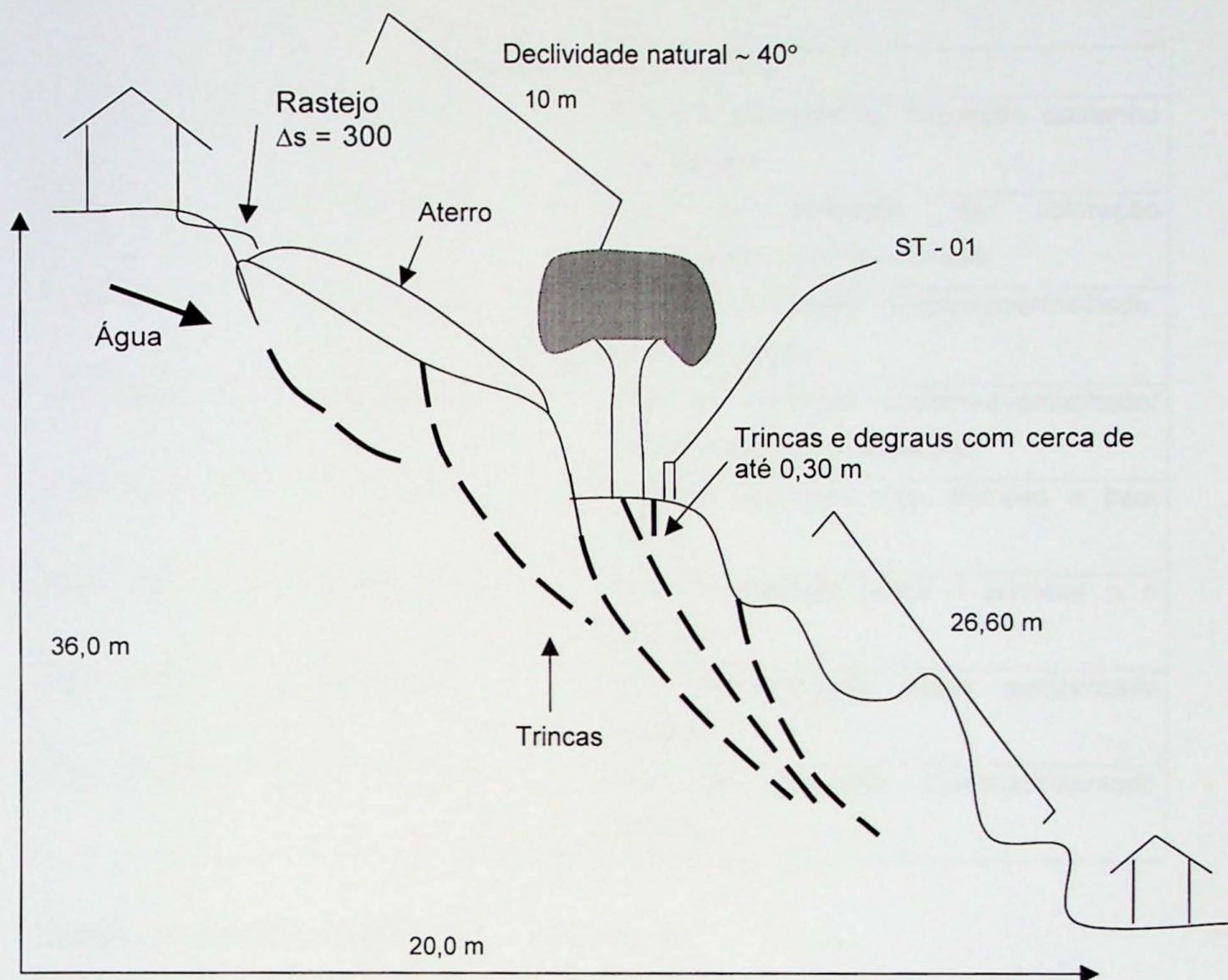


Figura 9.1 - Forma de relevo (MOREIRA & PIRES NETO, 1998)





**Figura 9.1.1** - Exemplo das rupturas e trincas no bairro Rio Comprido

A ação antrópica neste compartimento favorece o desenvolvimento do processo de rastejo e de processos de escorregamentos induzidos por cortes, aterros e lançamento de água servida.

Nesta área foi realizado uma sondagem a trado de três metros, visando a amostragem de solo para análise granulométrica.



Sondagem a trado manual		
0 - 0,60	Amostra 1	Solo de alteração de coloração castanho avermelhado.
0,60 - 1,20	Amostra 2	Solo de alteração de coloração avermelhado, com boa coesão.
1,20 - 1,60	Amostra 3	Solo de coloração marrom-avermelhado, com boa coesão
1,60 - 2,00	Amostra 4	Solo de coloração marrom-avermelhado/ transição para solo saprolítico
2,00 - 2,40	Amostra 5	Solo de coloração ocre, arenoso e bem friável
2,40 - 2,60	Amostra 6	Solo de transição entre o arenoso e o argiloso
2,60 - 2,80	Amostra 7	Solo de coloração róseo acinzentado (argilito)
2,80 - 3,00		Solo de coloração róseo-acinzentado (argila).

**Tabela 9.1 a** - Dados da sondagem a trado manual

Foram recolhidas sete amostras desta sondagem de acordo com a mudança de litologia, e 9 amostras retiradas de um corte para a análise granulométrica no **Laboratório de Geoquímica** do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. As amostras passaram por um processo de secagem natural e depois foram colocadas em um recipiente com produtos químicos. Todo o processo levou aproximadamente trinta dias. Os resultados das análises se encontram na tabela abaixo.



Origem	Argila	Silte Fino	Silte Grosso	Areia fina	Areia grossa
Am-1	43,45	8,36	5,7	26,03	17,49
Am-2	52,93	18,56	12,45	13,7	6,12
Am-3	16,72	6,22	1,75	7,17	69,63
Am-4	11,93	4,59	0,95	6,09	78,13
Am-5	17,95	5,91	1,67	9,05	66,57
Am-6	35,7	8,36	3,11	15,33	38,89
Am-7	57,63	5,5	2,03	13,81	22,28

Tabela 9.1 b - Resultados da análise granulométrica das amostras

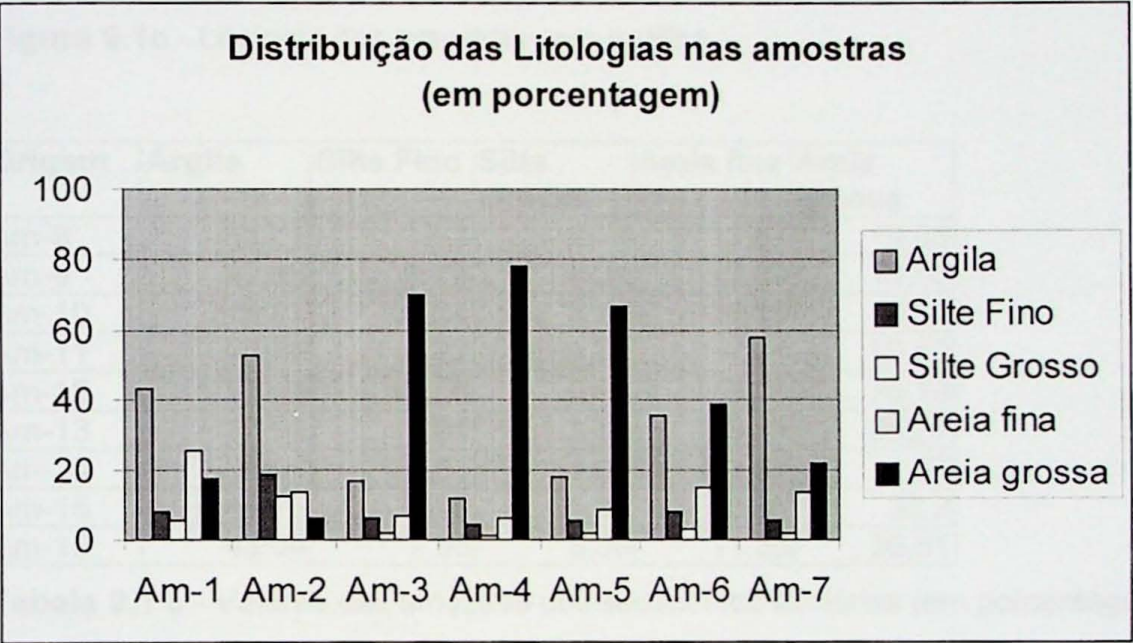


Figura 9.1.1b - Histograma das análises

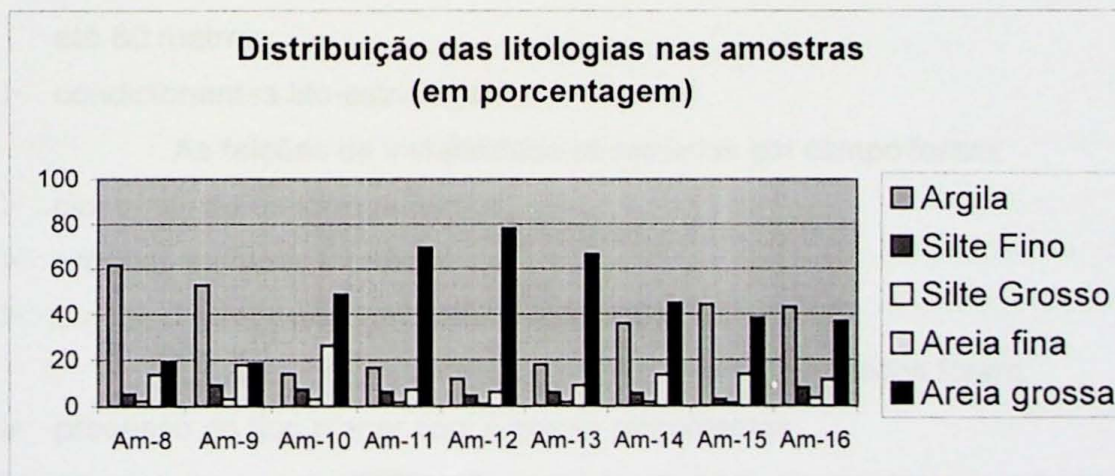


Amostras	Litologia
Amostra 08	Argilito na base
Amostra 09	Argilito no topo
Amostra 10	Arenito base em contato com topo argiloso
Amostra 11	Arenito claro
Amostra 12	Seixos
Amostra 13	Topo de arenito cinza-amarronzado
Amostra 14	Transição para solo de alteração
Amostra 15	Solo de alteração
Amostra 16	solo

**Figura 9.1c** - Litologia das amostras para análise

Origem	Argila	Silte Fino	Silte Grosso	Areia fina	Areia grossa
Am-8	61,71	5,3	2,14	13,67	19,03
Am-9	52,83	9,18	3,24	17,89	18,56
Am-10	13,97	7,34	3,16	26,18	48,74
Am-11	16,72	6,22	1,75	7,17	69,62
Am-12	11,93	4,59	0,95	6,09	78,13
Am-13	17,95	5,91	1,67	9,05	66,57
Am-14	35,9	5,61	1,68	13,65	44,87
Am-15	44,26	2,95	1,38	13,66	38,2
Am-16	43,04	7,95	3,38	11,36	36,81

**Tabela 9.1 c** - Valores das amostras dos sedimentos terciários (em porcentagem)



**Figura 9.1 c** - Gráfico da distribuição das litologias nas amostras



O perfil de sondagem e as respectivas análises confirmam a alternância de camadas arenosas e argilosas, enquanto condicionante lito-estratigráfico no caso do escorregamento no bairro Rio Comprido

No bairro Jardim São Bento, também mantêm-se os condicionantes geométricos do bairro Rio Comprido, ou seja, alta declividade e amplitude da ordem de 40 a 50 metros, do topo à base da encosta. Mantém-se também o condicionamento estratigráfico relacionado ao relevo tabular e à alternância de camadas arenosas no topo e argilosas na base da encosta.

Os processos de escorregamentos são semelhantes ao que ocorre ao Rio Comprido, com a possibilidade de ocorrência de instabilidade amplas e de grande porte em ambas as áreas.

Nas áreas de risco de escorregamentos nos Morros Cristalinos, observou-se que as características lito-estruturais presentes no substrato cristalino não se evidenciam tão nitidamente nos processos de escorregamentos, como notado nos terrenos sedimentares. A maior parte dos processos de instabilização de encostas observados no cristalino referem-se com escorregamentos pontuais induzidos em taludes de corte de aterro.

No bairro Mirantes do Buquirinha, os processos de rupturas remontantes condicionadas por cortes na base e seguintes condicionantes naturais são:

- manto de alteração profundo;
- alta declividade natural das encostas (em torno de 30 a 35%);
- alta erodibilidade do solo;
- relevo de morros, com amplitude da ordem de 50 metros (em média), podendo chegar até 80 metros;
- condicionantes lito-estruturais.

As feições de instabilidade observadas em campo foram:

- cicatrizes de escorregamentos;
- erosões e sulcos e ravinas;
- trincas de tração a montante da instabilização

Os tipos de processos de instabilização observados foram:

- processo do tipo planar com rupturas remontantes;
- no cristalino, os processos de escorregamentos apresentam-se induzidos pela quebra do equilíbrio da geometria natural dos terrenos.



O solo nesta área aparece raso, com estruturas planares visíveis em taludes de corte. A ocupação urbana ainda é lenta, mas já é possível perceber o quanto ela influi no aumento da suscetibilidade dos escorregamentos, evidenciado pelos movimentos de massa induzidos, como escorregamentos de taludes, lixo e bota-fora.

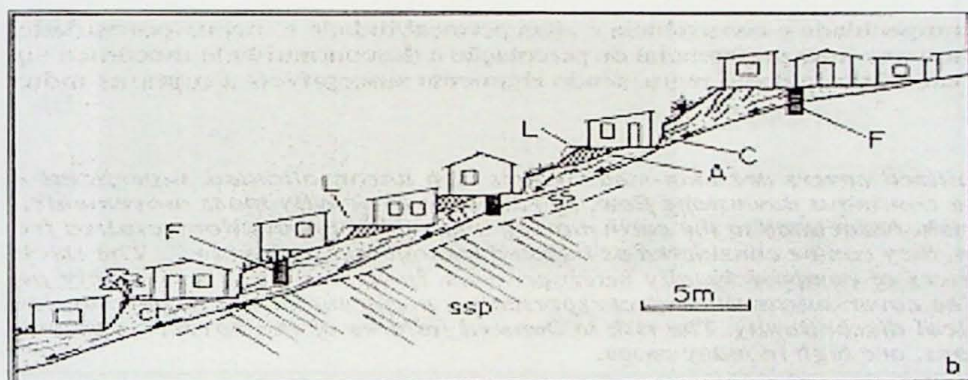
Esse substrato de rochas graníticas é composto por granitos e gnaisses/migmatitos com estruturas pouco orientadas, com escorregamentos a ocorrência de escorregamentos superficiais no contato solo/rocha.

Observou-se também nesta área a ocorrência de escorregamento em cunha (Foto 14, em anexo).

Nas atividades de campo, foram observados cicatrizes de escorregamentos nos morros ainda não ocupados, evidenciando a suscetibilidade natural deste compartimento devido a condicionantes estruturais.

Neste bairro, foi observado que a ação antrópica é decisiva para o aumento da suscetibilidade de escorregamentos. Na parte dos morros, os cortes são realizados de forma irregular, onde os aterros deste corte são lançados para frente das moradias.

Abaixo temos a figura 9.2.2 que exemplifica bem esta ação.



**Figura 9.2** - Forma característica de ocupação de encosta por assentamento espontâneo. Notar o sistema de implantação de moradias em patamares de compensação corte (C)-aterro (A). As setas indicam o fluxo preferencial de infiltração a partir de lançamentos de água servidas (L), fossas rasas (F) e águas pluviais mal drenadas, cr = cobertura remobilizada (PELLOGIA, 1994)

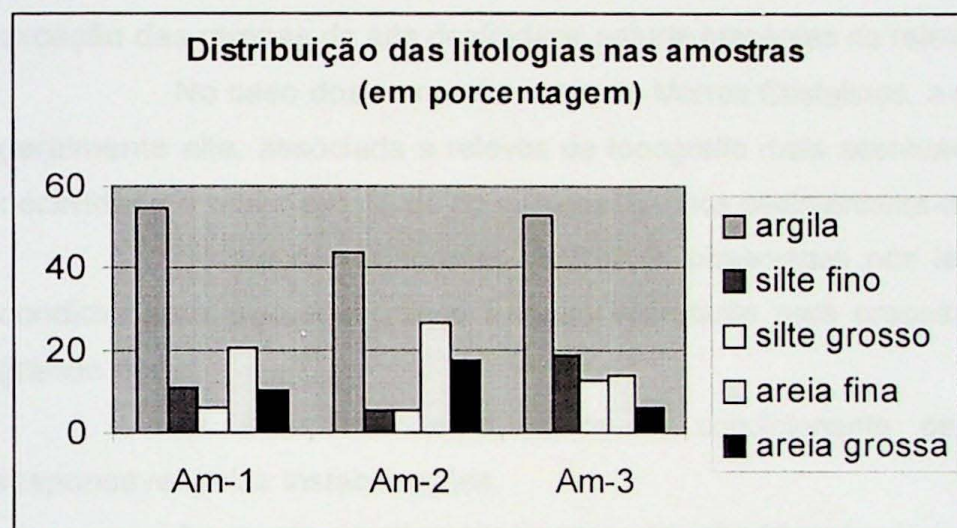
Foram coletadas 8 amostras em corte de taludes para análise de granulometria no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da USP.



Algumas amostras não corresponderam bem ao processo de análise e foram descartadas. Abaixo é apresentada a tabela com os dados composicionais.

Identificação	argila	silte fino	silte grosso	areia fina	areia grossa
Am-1	54,36	11,01	6,12	20,48	10,24
Am-2	43,45	5,36	5,7	26,63	17,49
Am-3	52,93	18,56	12,45	13,7	6,12

**Tabela 9.3** - Resultado da granulometria das amostras do cristalino (em porcentagem)



**Figura 9.3** - Distribuição das litologias nas amostras

De acordo com os dados de granulometria, os solos de alteração amostrados nos morros cristalinos da região do Buquirinha apresentam alta concentração das frações de argila (45 a 75%) e areia fina (25 a 30%). existe uma espessa camada de alteração nesta área, sendo o solo de alteração variando de silto-arenosa a silto-argilosa.

O perfil dessa área do bairro Mirantes do Buquirinha como do bairro Rio Comprido se encontram em anexo.



## 10.CONCLUSÕES

O município de São José dos Campos teve sua ocupação instalada inicialmente nas colinas e morrotes dos sedimentos terciários. Os problemas de escorregamentos verificados nos bairros Rio Comprido e Jardim São Bento referem-se à ocupação de trechos de encosta relacionado ao relevo tabular.

Os terrenos sedimentares terciários da Bacia de Taubaté têm como característica a alternância de camadas arenosas e argilosas, ocorrendo com isso a presença de lençol d'água suspenso. Para amenizar o problema de instabilidade nessas áreas, deve-se realizar drenagem e condução das águas do lençol freático suspenso, sempre que constatado a sua presença. Deve-se também realizar a drenagem na crista das vertentes para captação e condução das águas dos platôs.

De maneira geral, os terrenos sedimentares terciários apresentam suscetibilidade natural de processos de escorregamentos de grau baixo a médio, à exceção das rampas de alta declividade natural presentes no relevo tabular.

No caso dos compartimentos de Morros Cristalinos, a suscetibilidade natural é geralmente alta, associada a relevos de topografia mais acentuada, com áreas de maior declividade e maior amplitude do que nos terrenos sedimentares terciários.

Dentre as condicionantes geológicas observadas nos terrenos sedimentares, o condicionante lito-estratigráfico é muito importante para processos de instabilidade de grande porte.

Já nos terrenos cristalinos, o condicionante geológico é o principal responsável pelas instabilizações.

Ao manto de alteração espesso (de até 10 metros), compreendendo o solo de alteração e o solo saprolítico. O condicionante lito-estrutural associado a rochas foliadas nos Morros Cristalinos, foi observado de forma acentuada, sendo porém, um condicionante importante no caso das rochas com estruturas bandadas.

No caso da ação antrópica, os cortes irregulares de aterro, depósitos de bota-fora, lixos (depósitos tecnogênicos), esgotos, etc., aliados a suscetibilidade natural e as chuvas, são grandes causadores de escorregamentos induzidos. Por este motivo, deve-se efetuar a proteção superficial do talude, logo após a escavação, para evitar a desagregação superficial.



Nos dois domínios geológicos, a ação antrópica tem um papel marcante na indução de escorregamentos, através de intervenções no meio físico (Figura 9.2) que modificam o equilíbrio natural das encostas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. 1969. O quaternário na Bacia de Taubaté: estado atual dos conhecimentos. Geomorfologia. IGEOG/ USP, 7. São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1957 - Vale do Paraíba - in: Relat. Anual do Diretor, DGM - DNPM, pp. 90-91, 1958 - Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo. P.169 - 273. (IGG. Boletim, 41)
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro. (DNPM. Boletim, 241).
- AUGUSTO FILHO, O. 1992. Caracterização Geológica-geotécnica voltada à estabilização de encostas: um proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. P721-733.
- AUGUSTO FILHO, O. 1995. Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle. In: *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente* -Digeo- IPT, São Paulo, ABGE, p.77-100.
- CAMPANHA, V.A. 1994. A arquitetura da Bacia Sedimentar de Taubaté , SP, como subsídio à delimitação das zonas de produção mineral. (Tese de Doutorado). Rio Claro. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.
- CARNEIRO, C.D.R. 1977. Geologia e evolução geológica da folha de São José dos Campos, SP. São Paulo. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências – USP.
- CARREGÃ, D.L. 1994. Estudo de movimentações de taludes aplicado ao perfil de intemperismos desenvolvido em ambientes tropicais (Dissertação de Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo .



- CERRI, L.E. da S. 1993. Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes. Rio Claro. 197p. (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.
- COLTRINARI, L. 1975. Contribuição à Geomorfologia da Região de Guaratinguetá – Aparecida. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia - FFLCH). São Paulo.
- CUNHA, M.A. *et al.* Manual de ocupação de encostas. São Paulo, IPT, 1991. 216 páginas. (IPT. Publicação 1831)
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. 1997. Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo. (CD-ROM). São Paulo.
- HASUI, Y. SADOWSKI, G.R. (1976) – Evolução geológica do pré-cambriano na região sudeste do estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc.,6 (3), p.180-200. São Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. s.d. Censo demográfico São Paulo, 1991. Rio de Janeiro:IBGE.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1978. Geologia da Folha de São José dos Campos - SP; escala 1:100.000. São Paulo. (IPT. Monografias, 2).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. 1981b. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:000.000 São Paulo: IPT. 2v. (Monografia).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1992b. Geologia e geomorfologia da Bacia do Paraíba e Litoral Norte e Bacia do Ribeira e Litoral Sul. São Paulo: IPT. (Relatório Técnico, 30 000).



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO -  
IPT.1996. Carta Geotécnica de São José dos Campos. São Paulo: IPT.  
(Relatório Técnico, 34 645).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO -  
IPT. 2000. Mapeamento e caracterização das áreas de risco de  
escorregamentos na região do Vale do Paraíba e Serra da  
Mantiqueira.

MILLIET, S. 1946. Roteiro do café. São Paulo: Editora BIPA. 70 p.

MONTEIRO, C.A.F. 1973. A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São  
Paulo: estudo sob a forma de atlas. São Paulo: IGEOG/USP.

MOREIRA, C.V.R. & PIRES NETO, A.G. 1998. Clima e Relevo. Associação  
Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE. São Paulo, 1998. p83.

OLIVEIRA, A.M.S. 1994. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de  
reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivari, Rio Paranapanema,  
SP/PR. São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas -  
Departamento e Geografia/USP.

PELOGGIA, A.U.G. 1994. As coberturas remobilizadas: Depósitos tecnogênicos  
de encostas urbanas no Município de São Paulo. Solos e Rochas - Revista  
Brasileira de Geotecnia, vol. 17, n.2. ABMS e ABGE. P.125-129.

PELOGGIA, A.U.G. 1998. O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade  
e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

PERRELA, A.C.F. 1999. Estudo e localização das áreas de inundação em São  
José dos Campos - SP, com base no atendimento pela defesa civil e na  
pluviometria regional, como subsídio ao planejamento urbano. São José  
dos Campos, 1999. Dissertação de Mestrado-Universidade do Vale do  
Paraíba (UNIVAP).



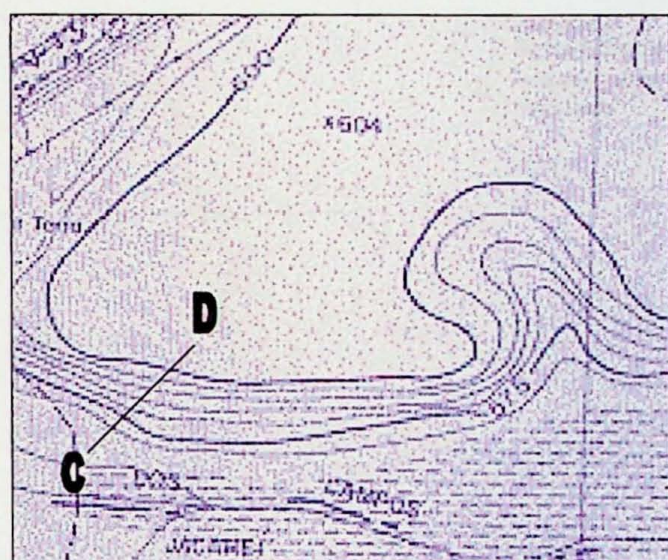
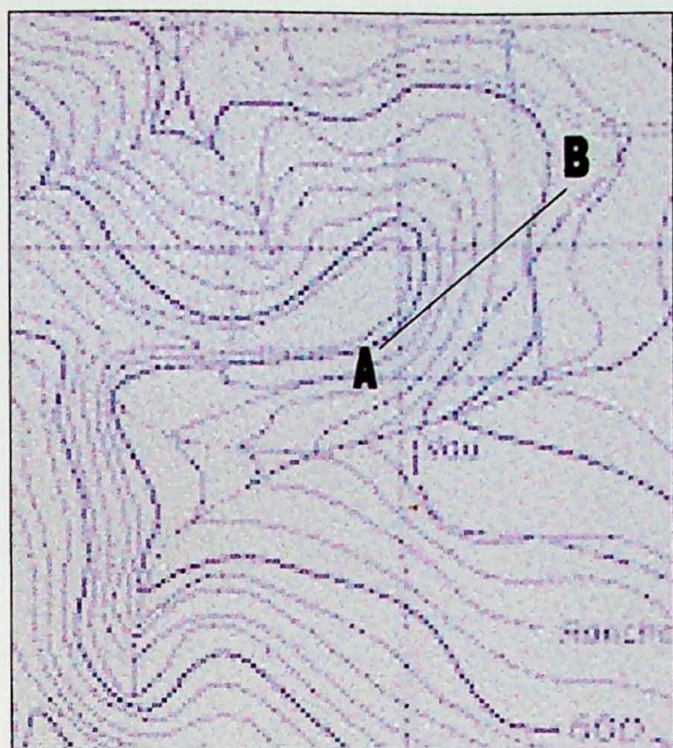
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L., 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*, 1:1.000.000. São Paulo, IPT. (Monografia 1).
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. 1995. Plano Diretor do Município de São José dos Campos.
- RICCOMINI, C. 1989. O "rift" continental do sudeste do Brasil. São Paulo. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências – USP.
- ROSS, J.L.S, MOROZ, I.C. 1997. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500 000. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia – FFLCH – USP/ Laboratório de Cartografia Geotécnica – IPT/ FAPESP. 2v.
- SANT'ANNA NETO, J.L. 1995. As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. (Tese de Doutorado, FFLCH). São Paulo.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. 1989. Tendências de industrialização do Interior de São Paulo. 104 pág. (Série Documentos).
- STOCHALAK, J. 1974. The classification of slope deposit from engineering geological point of view. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING GEOLOGY, 2, 1974, São Paulo. Anais...São Paulo: IAEG. V.2, p.V27.1v27.12.
- TRICART, J., SILVA, T.C. 1958. Aspectos gerais da sedimentação na bacia de Taubaté. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, 1 (1):6-13. São Paulo.
- VERDADE, F. da C., HUNGRIA, L.S. 1996. Estudo genético da bacia orgânica do Vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.16, p. 89-202.



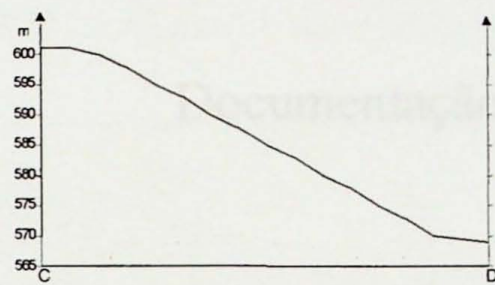
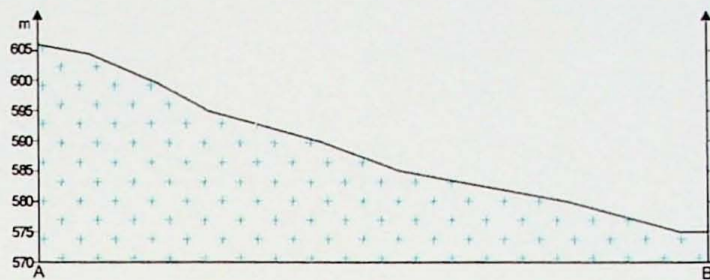
## ANEXO 1

Perfis











#### Unidades geológicas

-  Substrato de Migmatitos/Graisses/Xistos/Filitos
-  Sedimentos argilo-arenosos intercalados



## ANEXO 2

### Documentação Fotográfica





**Foto 1** – Vista geral do Bairro Rio Comprido



**Foto 2** – Material escorregado (Rio Comprido)





**Foto 3** – Material Escorregado (Rio Comprido)



**Foto 4** – Moradia demolida devido aos escorregamentos





Foto 5 – Perfil de alteração na meia encosta (Rio Comprido)



Foto 6 – Cicatriz de escorregamentos (Rio Comprido)



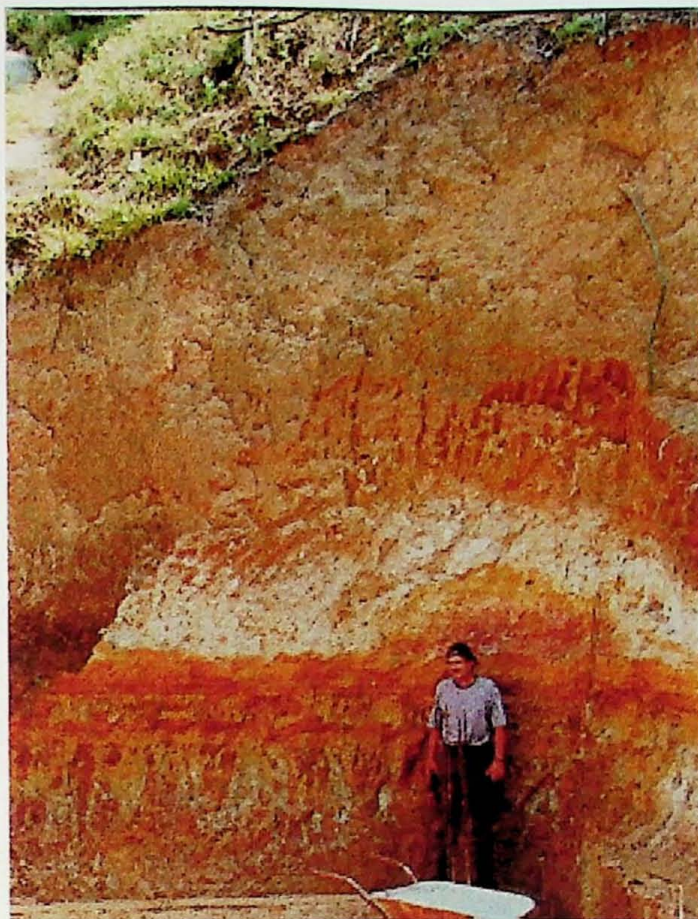


**Foto 7** – Ruptura a montante (Rio Comprido)



**Foto 8** – Ruptura consolidada (Rio Comprido)





**Foto 9** – Corte com solo saprolítico (Rio Comprido)



**Foto 10** – Sondagem a trado para amostragem





**Foto 11** – Contato solo mais arenosos (acima) com o mais argilosos no bairro Rio Comprido

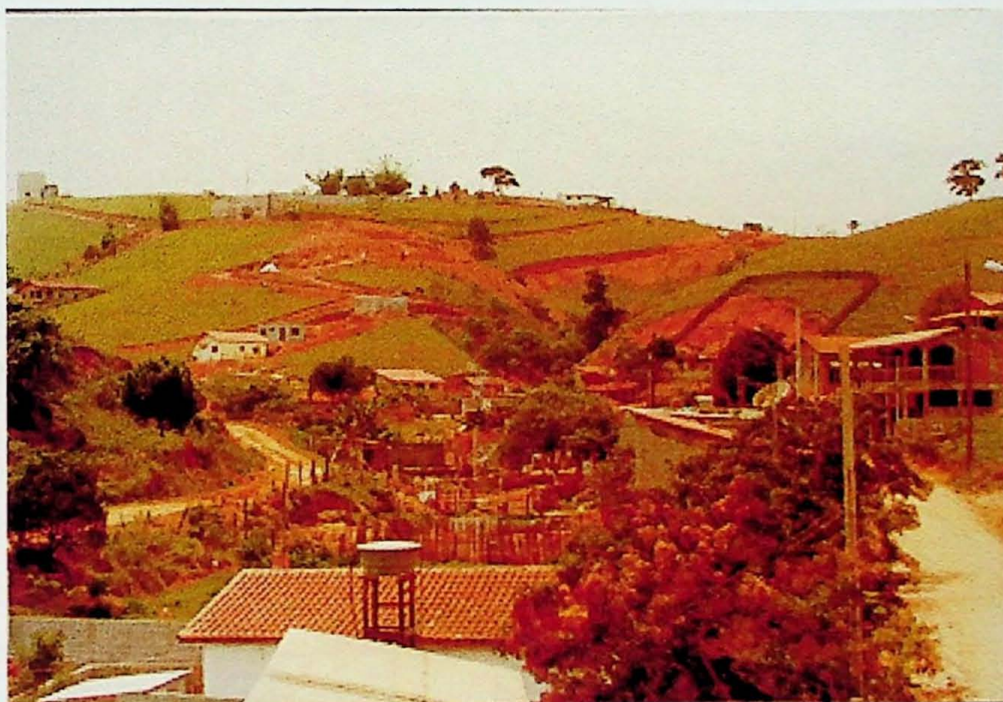


**Foto 12** – Vista geral do Bairro Jardim São Bento



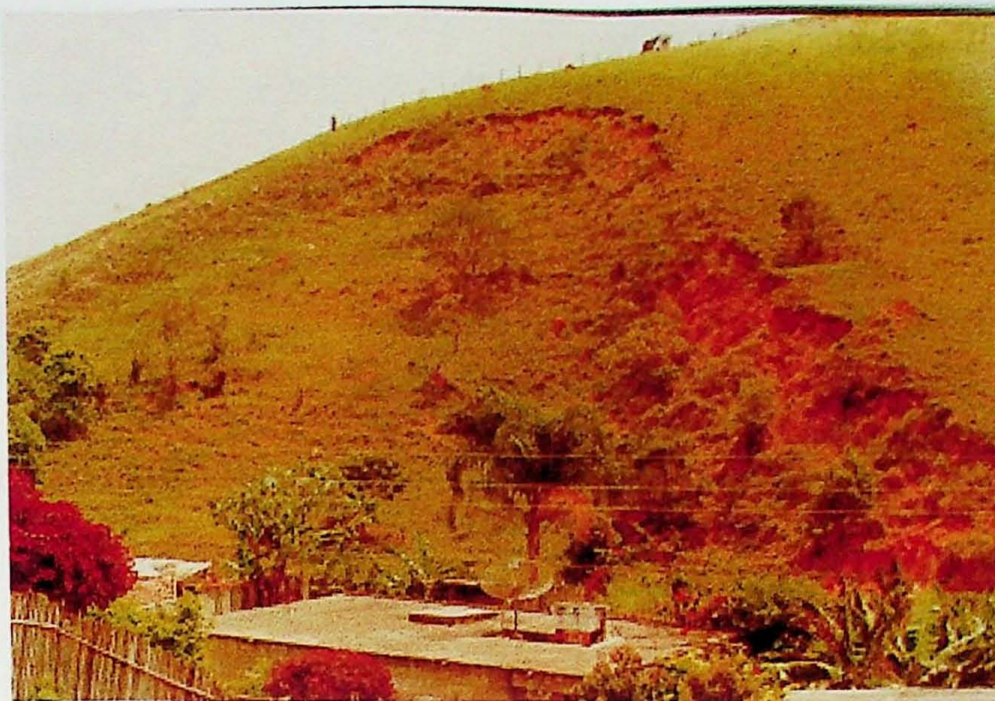


**Foto 13** – Evidência de escorregamentos no alto devido a árvores deslocadas.



**Foto 14** – Vista geral do Bairro Águas de Canindú



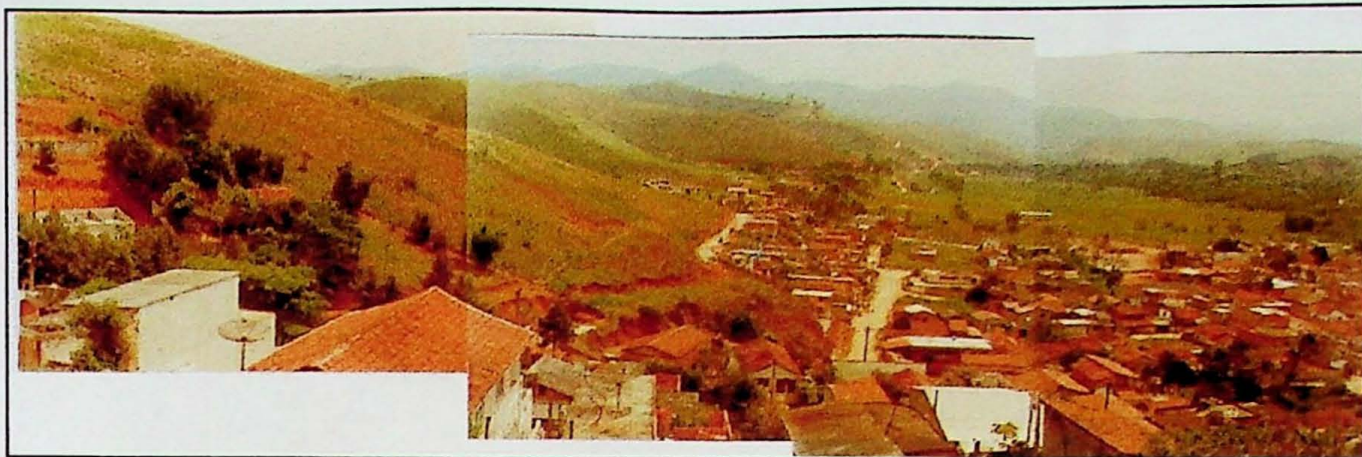


**Foto 15** – Escorregamento em Cunha (Águas de Canindú)



**Foto 16** – Vista geral do Bairro Mirantes do Buquirinha





**Foto 17-** Relevo dos Morros Cristalinos (Mirantes do Buquirinha)



**Foto 18 –** Aterros lançados no alto e corte irregular na base da encosta (Mirantes do Buquirinha)





**Foto 19** – Rupturas (Mirantes do Buquirinha)



**Foto 20** – Vista geral das moradias nas encostas



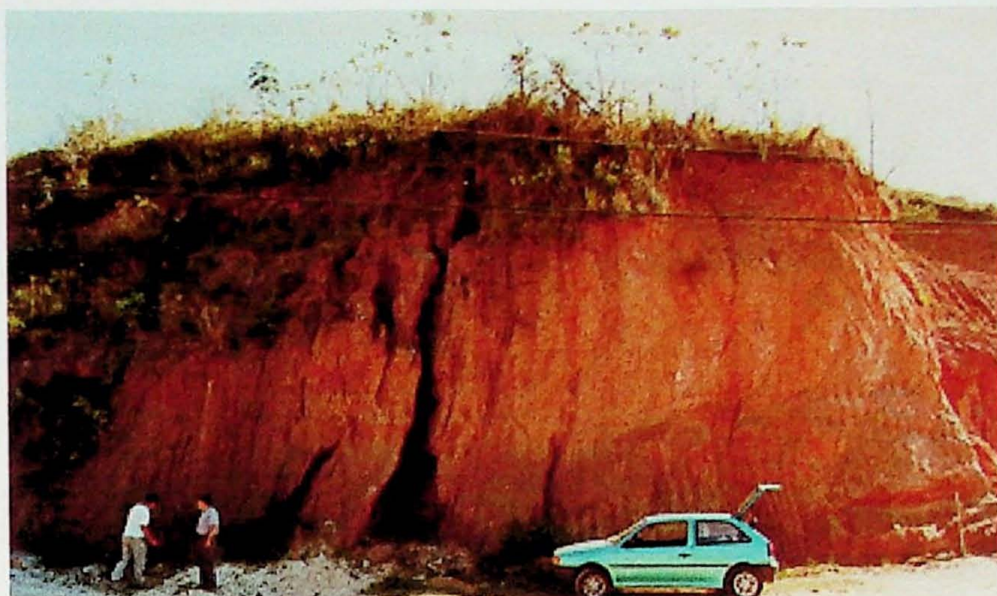


Foto 21 – Presença de estruturas preservadas no solo de alteração

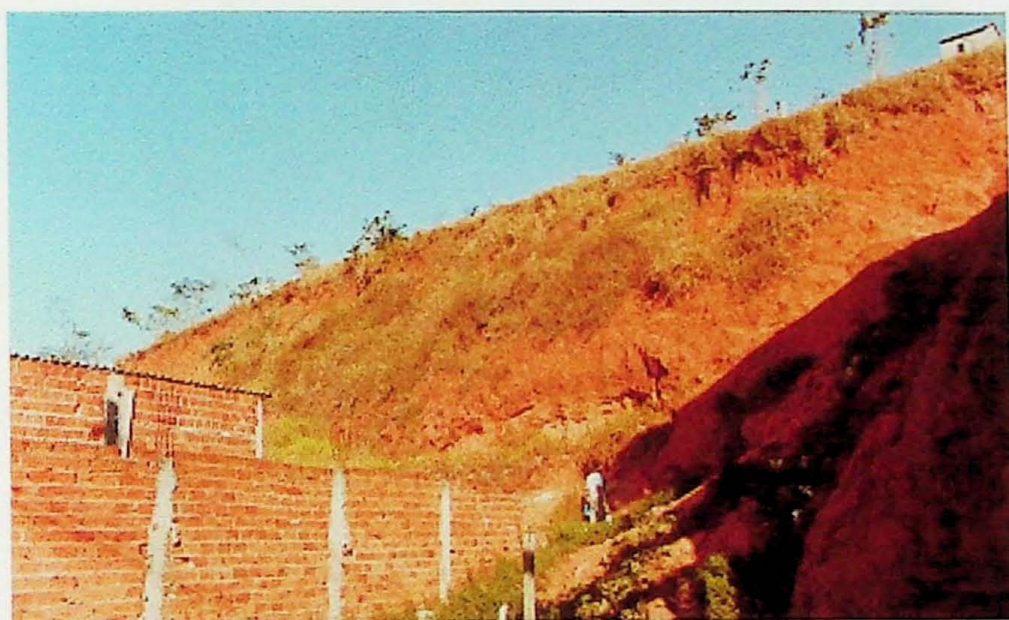


Foto 22 – Material de escorregamento induzido (Mirantes do Buquirinha)



