

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ASPECTOS GEOLÓGICOS DA REGIÃO DO
MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO COMO
SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DOS
PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS**

Daniel Barel Filho

Orientador: Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas - IGC

Co-orientador: Agostinho Tadashi Ogura - IPT

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-09/2002)

SÃO PAULO
2002

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Monografia de Trabalho de Formatura

**TÍTULO: ASPECTOS GEOLÓGICOS DA REGIÃO DO MUNICÍPIO
DE CAMPOS DO JORDÃO COMO SUBSÍDIO PARA O
ENTENDIMENTO DOS PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS**

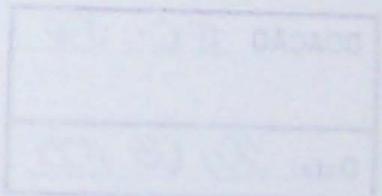
(TF/2002-09)



DEDALUS - Acervo - IGC



30900011615



Aluno: Daniel Barel Filho

Orientador: Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas - IGc USP

Co-Orientador: Geolº Agostinho Tadashi Ogura - IPT

TF
B248
D.a

COLARONI & SISTEMAS
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO



DOAÇÃO IGC-USP
Data: 20/03/103

AGRADECIMENTOS

*Scientia vinces **

*NON DVCOR DVCO ***

* "Vencerás pela ciência": Lema surgido quando da criação da Universidade de São Paulo após a derrocada na Revolução de 1932, a partir da qual São Paulo buscaria exercer sua influência no País através do conhecimento científico.

** "Não sou conduzido, conduzo": Divisa de goles em um listão de prata no brasão da cidade de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho e a conclusão desta etapa da minha vida a meu pai e minha mãe.

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo.

Agradeço as minhas irmãs Dani e Sara por me ajudarem tanto e estarem tão presentes na minha vida, a Maira pelo carinho e pela companhia e a minha avó Mafalda que tanto reza por mim.

Agradeço ao meu orientador José Domingos Faraco Gallas por se prontificar a me ajudar, pela atenção tantas vezes dispensada, pelas muitas correções e valiosas sugestões no texto e pelo apoio na evolução de todas as etapas do trabalho.

Agradeço ao meu co-orientador Agostinho Tadashi Ougara pela atenção dispensada durante a realização deste trabalho, pelas inúmeras discussões e a constante ajuda no direcionamento das atividades, por ter se prontificado para os trabalhos de campo do projeto, ter me disponibilizado as ferramentas necessárias para a execução do trabalho e enfim por ter me ensinado a compreender a evolução dos processos de escorregamentos.

Ao Silvio Hiruma que me ajudou expressivamente no levantamento bibliográfico, ao Prof. Teodoro Isnard, que me liberou o LIG, a Cristina do LIG e a Fabiana e ao Augusto do IPT.

Aos professores que no decorrer do curso enriqueceram o meu aprendizado, e influenciaram tão positivamente a minha e com certeza, tantas outras gerações de alunos dessa escola na fascinante tentativa de compreender algumas das leis da natureza através das ciências da terra. Dentre esses professores, agradeço de forma especial ao Prof. Dr. Excelso Ruberti que além de um grande mestre, é também um grande amigo e companheiro; ao Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos, pela assistência em tantos momentos; ao Prof. Dr. Fábio Taioli pelo encaminhamento do meu estágio na PETROBRAS, ao Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild; ao Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher, por compartilhar tão vasto conhecimento; e ao Prof. Dr. Claudio Riccomini, por suas notáveis aulas de campo.

Agradeço a atenção que tantas vezes tive por parte da atenciosa Marilda da secção de alunos, da Brenda da biblioteca e do Henrique da gráfica.

Aos grandes irmãos de geologia Edson Koxahara e Claudio Coxalves, ao Americana pelas oportunidades, ao Urina-Sim, Joe, Lafond, Saritha, Huguinho, Dentuço, Babacu, Sivuca, Quiqui, Horácio, Presidente, Ninguém, Rosa, Ceará – futuro Rei e tantos outros amigos que distraidamente me esqueço agora.

Ao Edson Del Monte do IPT e a tantos geólogos, técnicos e funcionários da DIGEO - IPT, com quem convivi durante o estágio que lá realizei.

Agradeço as instituições e empresas por onde passei no decorrer destes longos anos de geologia, que direta ou indiretamente contribuíram de forma significativa na minha formação acadêmica: Instituto de Química IQ - USP, Museu de Arte Contemporânea MAC - USP, Hidrogeologia e Planejamento Ambiental - HIDROPLAN, Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, Núcleo de Alfabetização de Jovens e Adultos e Formação Permanente de Professores – NEA – FE – USP, Assessoria e Serviços Ambientais - ASA.

Por fim, ressalto que tive a sorte e a honra de usufruir a estrutura e do vasto conhecimento presente nesta grande Universidade.

ÍNDICE

1.	RESUMO:	5
2.	ABSTRACT:	6
3.	INTRODUÇÃO:	7
4.	METAS E OBJETIVOS:	8
5.	LOCALIZAÇÃO:	9
6.	FISIOGRAFIA:	9
7.	MATERIAIS E MÉTODOS:	10
7.1	LEVANTAMENTO DIRIGIDO DE DADOS:	11
7.2	ANÁLISE DE DADOS DIRIGIDA AO OBJETIVO DO TRABALHO:	12
7.3	TRABALHOS DE CAMPO:	13
7.4	IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MODELOS GEOLÓGICOS CONDICIONANTES DE PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS:	13
8	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO:	14
9	ESTUDOS PRELIMINARES:	14
9.1	ASPECTOS LITOLÓGICOS:	14
9.2	BREVE CONTEXTO DA EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E TECTONISMO:	16
9.3	ASPECTOS DA GEOMORFOLOGIA REGIONAL:	19
10.	ASPECTOS GEOLÓGICOS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS NA ÁREA DE ESTUDO:	20
10.1	ESCORREGAMENTOS EM MACIÇOS ROCHOSOS:	21
10.1.1	PROCESSOS DE QUEDA DE BLOCOS DE ROCHA:	21
10.1.2	ESCORREGAMENTOS PLANARES EM MACIÇO SOLO/ROCHA:	24
10.2	ESCORREGAMENTOS ASSOCIADOS À PRESENÇA DE ARGILA ORGÂNICA:	27
10.2.1	ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS:	31
10.3	ESCORREGAMENTOS EM ENCOSTAS ÍNGREMES:	33
11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS:	38
12.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:	38
13.	ANEXOS	

1. RESUMO

A cidade de Campos do Jordão, localizada no topo da Serra da Mantiqueira, tem uma paisagem muito peculiar, composta essencialmente por relevo montanhoso com escarpas de altas declividades decorrentes da evolução geotectônica da região.

A problemática dos escorregamentos, no município, tem merecido especial atenção de pesquisadores devido às ocupações pela população de baixa renda se concentrarem em regiões de encostas íngremes ao longo dos morros. Muitos desses morros são susceptíveis a instabilizações, as quais têm resultado na perda de vidas humanas e de bens materiais.

A ação antrópica da forma como ocorre nos morros da cidade, resultado da ocupação desordenada dos mesmos, tem muitas vezes mascarado os condicionantes geológicos naturais de instabilização de encostas. Esses condicionantes têm uma influência importante para boa parte dos processos de instabilização de encostas ocorrentes em Campos do Jordão.

A partir do estudo da evolução geológica da região, pôde-se compreender as características geomorfológicas presentes, bem como, aspecto litológicos e estruturais locais, sendo possível relacionar aspectos geológicos peculiares, à vocação, ou predisposição de algumas escarpas evoluírem para as instabilizações de encostas. A partir da observação dos tipos de rupturas presentes na área de estudo, foram caracterizados três modelos geológicos condicionantes de escorregamentos, quais sejam: escorregamentos em maciços rochosos, escorregamentos associados à presença de argila orgânica e grandes escorregamentos em encostas extensas e íngremes. Dessa forma, esse trabalho apresenta os aspectos geológicos condicionantes relativos a essas três tipologias de escorregamentos.

Considerando que a ação antrópica exerce, na maioria das vezes, papel fundamental na ocorrência de escorregamentos, o entendimento dos condicionantes geológicos – que atuam intrinsecamente, pode vir a ser de grande importância no gerenciamento do uso e ocupação do solo no município.

2. ABSTRACT

The city of Campos de Jordão, located in the top of the Mantiqueira Serra, has a peculiar, very composed landscape essentially for mountainous relief with scarps of high decurrent declivities of the geotectonic evolution of the region.

The problematic one of the slippings, in the city, has deserved special attention of researchers due to the occupations for the low income population if to concentrate in steep regions of hillsides to the long one of the mounts. Many of these mounts are probable the instability, which have resulted in the loss of lives human beings and corporeal properties.

The antropic action of the form as it occurs in the mounts of the city, resulted of the disordered occupation of the same ones, has many times masked the natural conditional geologic of instability of hillsides. These conditional have an important influence for good party to suit of instability of occurrences hillsides in Campos do Jordão.

From the study of the geologic evolution of the region, it could be understood the geomorphology characteristics gifts, as well as, aspect litotypes structural places, being possible to relate peculiar geologic aspects, to the vocation, or predisposition of some scarps to evolve for the instability of hillsides. From the comment of the types of ruptures gifts in the study area, three conditional geologic models of slippings had been characterized, which are: slippings in rocky, slippings associates the organic clay presence and great slippings in extensive hillsides and steep bulks. Of this form, this work presents the relative conditional geologic aspects to these three tip-offs of slippings.

Considering that the antropic action exerts, in the majority of the times, basic paper in the occurrence of slippings, the agreement of the conditional geologic, that they act intrinsically, can come to be of great importance in the management of the using and occupation of the ground in the city.

3. INTRODUÇÃO

Localizado no leste do Estado de São Paulo, em plena Serra da Mantiqueira no médio Vale do Paraíba, a cidade de Campos do Jordão é muito conhecida pelo clima subtropical de altitude, o qual já foi considerado o melhor do mundo. Este clima, juntamente com seu relevo montanhoso, ilustrado na Figura 1.1, tem impulsionado o crescimento do turismo, fazendo com que a cidade seja um destino tradicional muito procurado pelos turistas durante o inverno. Tal fator vem acelerando o processo de desenvolvimento econômico e o crescimento urbano do município.

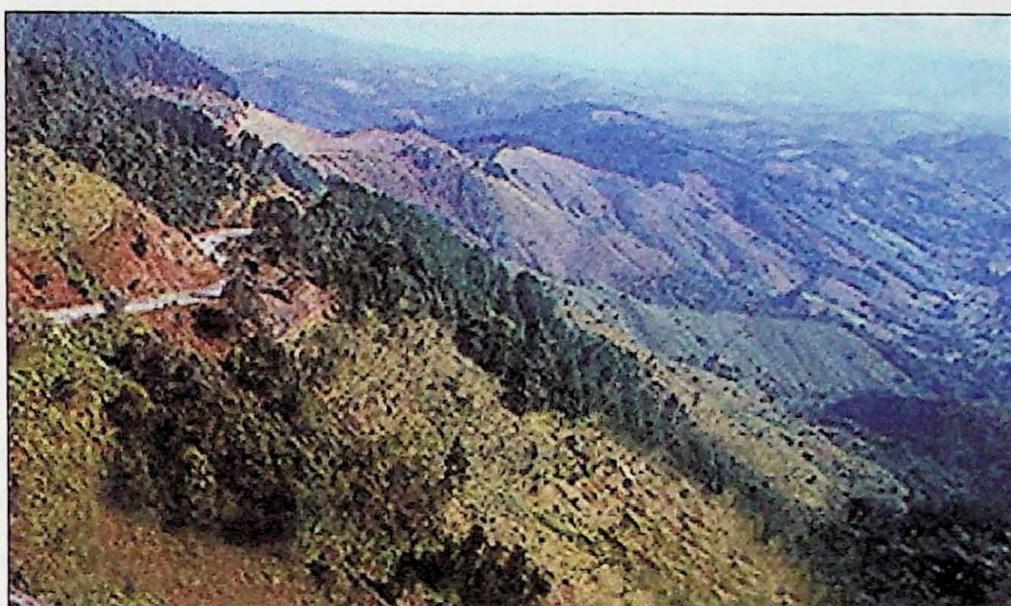


Figura 1.1: Paisagem do alto da Serra da Mantiqueira.
(Fonte: <http://www.evanguarda.globo.com/camposdojordao>)

Contrastando com todos estes atrativos, o município é conhecido também pelo problema de escorregamentos em encostas. Estes escorregamentos compreendem desde pequenas rupturas pontuais em taludes de corte e aterro, até grandes movimentações de encostas afetando a estabilidade de extensas áreas em morros ocupados.

O quadro natural presente na região de Campos do Jordão, associado aos aspectos geológicos, geomorfológicos e pluviosidade, em conjunto com a forma e intensidade das intervenções humanas que vêm sendo realizada nos morros, propicia situações favoráveis à ocorrência de graves acidentes de movimentos de massa.

A clara relação entre as intervenções humanas nas encostas e a ocorrência de escorregamentos induzidos por estas ações mascara, de certa maneira, o papel da geologia enquanto condicionante intrínseco dos processos de instabilização. Tais fatores chamam a atenção

para a necessidade de entendimento das relações entre o contexto geológico e a ocorrência de escorregamentos em encostas na área.

A melhor compreensão da geologia poderá ajudar a entender a susceptibilidade dos terrenos da região, tendo em vista a ocorrência freqüente de diversos tipos de escorregamentos. Dessa forma, o presente estudo visa compreender o papel da geologia enquanto condicionante de tais fatores.

Os escorregamentos são os principais processos de risco geológico no município. Dentro os inúmeros acidentes já ocorridos, amplamente relatados na literatura, um episódio marcante e recente, é o ocorrido em janeiro de 2000, o qual vitimou 10 pessoas e destruiu dezenas de casas.

No Anexo I são apresentadas fotografias ilustrativas de casos típicos de escorregamentos ocorridos no período das chuvas em morros com ocupação desordenada por famílias de baixa renda.

4. METAS E OBJETIVOS

Estudar a influência que os aspectos geológicos exercem sobre os processos de escorregamentos, considerando sua correlação com possíveis condicionamentos litológicos, estruturais e hidrogeológicos.

A partir da identificação dos diferentes tipos de escorregamentos ocorrentes, caracterizar os aspectos geológicos atuantes, buscando identificar a influência destes fatores nos processos de instabilidade de encostas, considerando que, embora a ação antrópica seja um fator determinante para muitos dos escorregamentos, ela acaba por encobrir os aspectos geológicos.

A identificação dos aspectos geológicos que condicionam a ocorrência de escorregamentos na região de Campos do Jordão, a partir do entendimento da evolução geológica do Planalto, e posteriormente a compreensão das feições e estruturas locais para, desta forma, reconhecer as características de modelos geológicos e os processos de instabilidade de encostas.

A interpretação e compreensão da evolução geológica da região de estudo são subsídios para o reconhecimento dos modelos condicionantes e fornecem informações básicas para um mapeamento de áreas que geologicamente apresentam risco de escorregamentos.

Finalmente, a compreensão da evolução do relevo, juntamente com o entendimento dos modelos geológicos que favorecem os escorregamentos, certamente serão de grande utilidade num planejamento de uso e ocupação do solo.

5. LOCALIZAÇÃO

Campos do Jordão situa-se a aproximadamente 184 quilômetros a leste de São Paulo e a 354 quilômetros do Rio de Janeiro. O percurso mais fácil para quem sai de São Paulo, é pela Rodovia Presidente Dutra ou Airton Senna / Carvalho Pinto até a Rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro (SP 123).

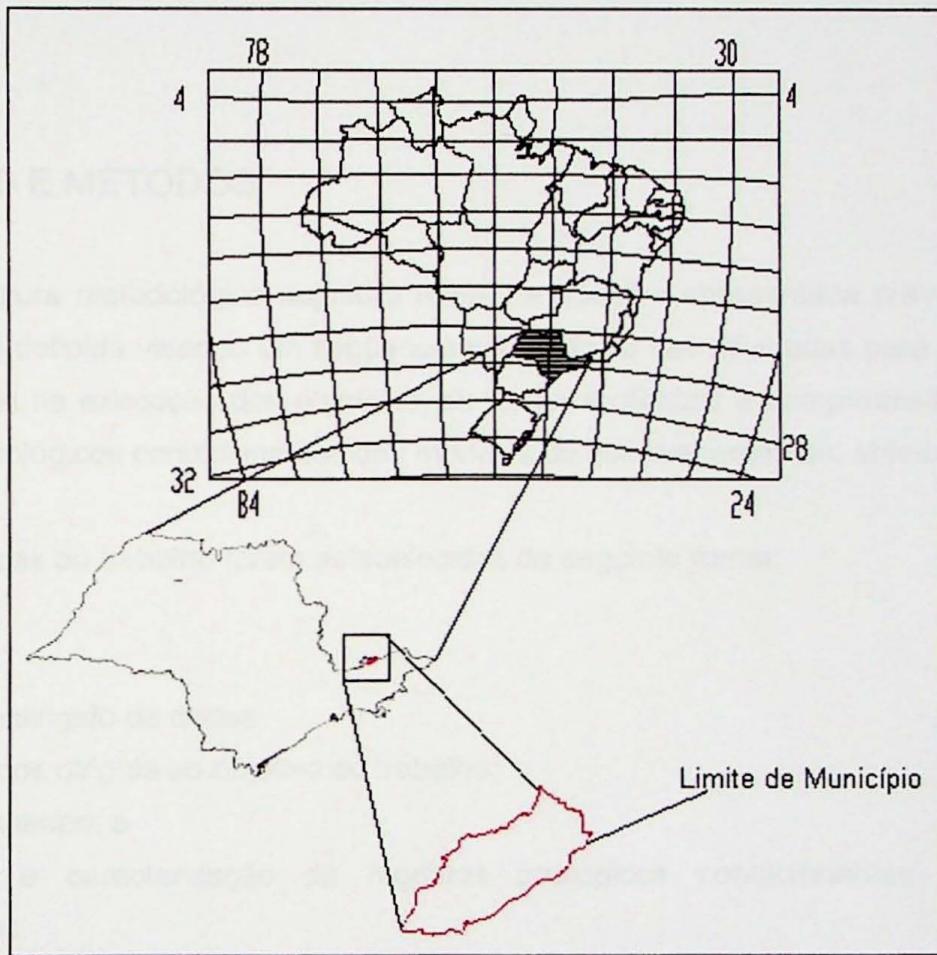


Figura 5.1: Localização do município (modificado de IPT 2000).

6. FISIOGRAFIA

Na região, a Serra da Mantiqueira é caracterizada por escarpas com altas declividades. Sua imponência é evidenciada pela diferença de altitude entre sua base, nas proximidades da Planície do Rio Paraíba do Sul, onde as altitudes são de aproximadamente 550 metros, e o seu topo, no Pico de Itapeva, aproximadamente na cota de 1950 metros.

Os índices pluviométricos nos altos espinhos da serra são superiores a 1700 milímetros sendo sensivelmente superiores aos registrados nas cidades do Vale do Paraíba. De acordo com Santoro (1998), as temperaturas médias anuais variam entre 20° e 22° C, ao passo que nos pontos mais elevados da Serra da Mantiqueira, as médias são inferiores a 18° C.

Modenesi (1980) relata que durante o ano, a distribuição das chuvas é muito irregular, chegando a concentrar-se em mais de 80% entre os meses de outubro e março. Entretanto, nas porções mais elevadas do planalto, ocorre diminuição da temperatura e aumento das precipitações durante todo o ano.

7. MATERIAIS E MÉTODOS

A estrutura metodológica seguiu a rotina de trabalho apresentada previamente no Projeto Inicial, a qual foi definida visando um seqüenciamento lógico das atividades para que houvesse uma evolução gradual na execução dos objetivos, de forma a otimizar a compreensão e caracterização dos aspectos geológicos condicionantes dos modelos de escorregamentos, objeto deste estudo.

As etapas do trabalho foram estabelecidas da seguinte forma:

- Levantamento dirigido de dados;
- Análise de dados dirigida ao objetivo do trabalho;
- Trabalhos de campo; e
- Identificação e caracterização de modelos geológicos condicionantes de processos de escorregamentos.

O seqüenciamento ordenado e detalhado das etapas listadas acima é apresentado na Figura 7.1 a seguir:

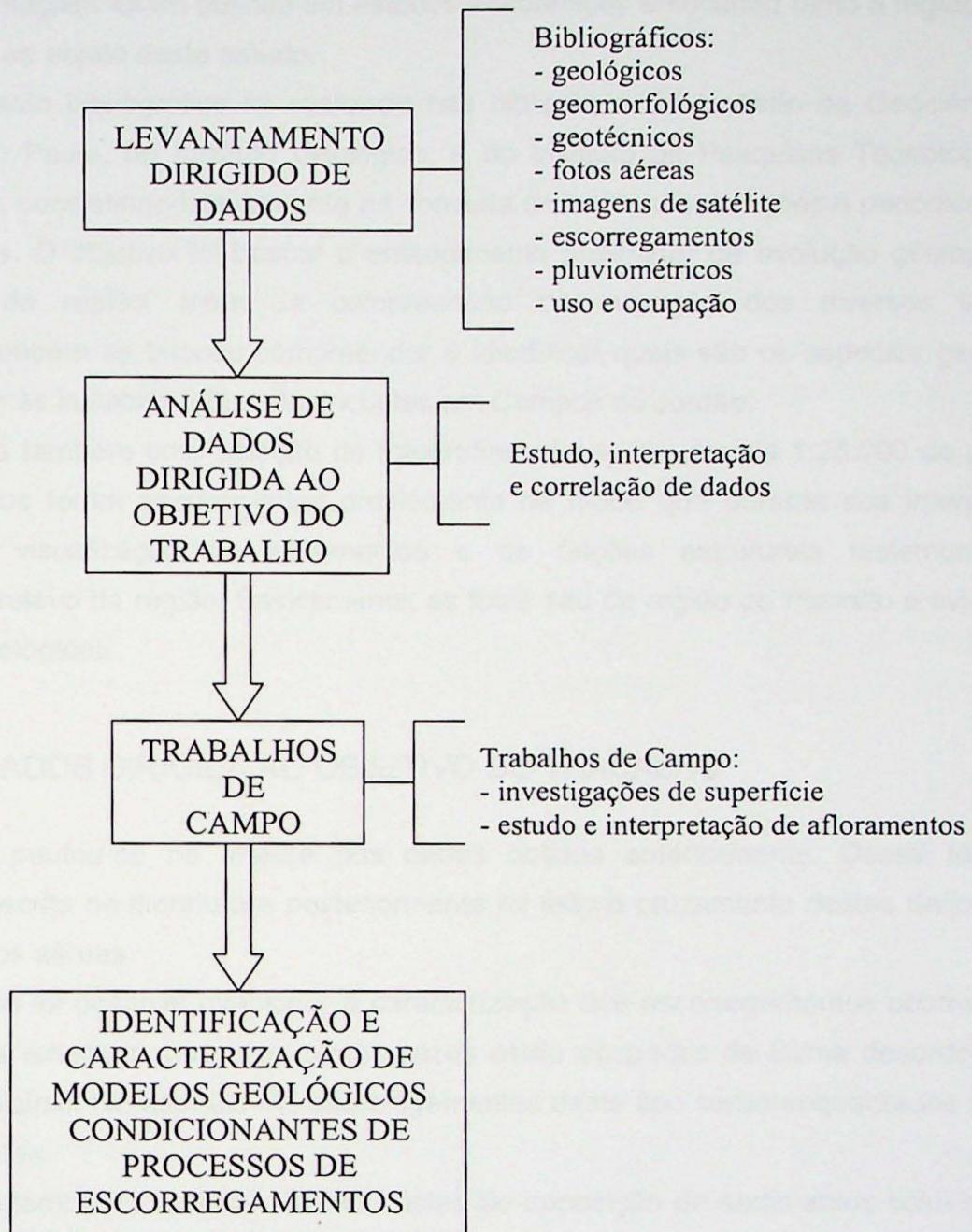


Figura 7.1: Seqüenciamento das etapas do trabalho

A estruturação detalhada do trabalho e sua evolução são descritas nos sub-itens a seguir.

7.1 LEVANTAMENTO DIRIGIDO DE DADOS

O primeiro passo foi a pesquisa e seleção de dados preexistentes que se pautou no levantamento e obtenção do maior número possível das informações disponíveis pertinentes ao

trabalho. Essas informações foram obtidas em estudos acadêmicos enfocando tanto a região quanto os temas pertinentes ao objeto deste estudo.

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bibliotecas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, do Instituto Geológico, e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, consistindo basicamente na consulta de livros, dissertações e periódicos, além de relatórios técnicos. O objetivo foi buscar o entendimento preliminar da evolução geológica e o contexto tectônico da região, além da compreensão da evolução dos diversos tipos de escorregamentos. Também se buscou compreender e identificar quais são os aspectos geológicos que estão associados às instabilizações de encostas em Campos do Jordão.

Foi realizada também uma seleção de fotografias aéreas em escala 1:25.000 de parte do município. Essas fotos foram seqüenciadas previamente de modo que durante sua interpretação fosse otimizada a visualização de lineamentos e de feições estruturais testemunhas do desenvolvimento do relevo da região. Basicamente, as fotos são da região do Planalto e evidenciam os aspectos geomorfológicos.

7.2 ANÁLISE DE DADOS DIRIGIDA AO OBJETIVO DO TRABALHO

Esta etapa pautou-se na análise dos dados obtidos anteriormente. Dessa forma, foi estudada a teoria descrita na literatura e posteriormente foi feito o cruzamento destes dados com a interpretação das fotos aéreas.

A partir disso foi possível direcionar a caracterização dos escorregamentos ocorrentes em encostas íngremes e extensas, as quais muitas vezes estão ocupadas de forma desordenada na parte urbana do município. No capítulo 10, escorregamentos deste tipo serão enquadrados num dos modelos condicionantes.

Foi possível também identificar “micro” bacias de deposição de sedimentos coluvionares e aluvionares quaternários. Nesses locais favoráveis, os sedimentos finos na presença de água e abundância de organismos vivos, podem evoluir para uma argila enriquecida em matéria orgânica, a qual está intimamente relacionada a um dos modelos condicionantes de escorregamentos também descrito com maior detalhamento no capítulo 10.

A foto-interpretação foi complementada com a análise de imagem de satélite com escala aproximada de 1:25.000, disponibilizada no site da EMBRAPA (www.embrapa.br), no sentido de se comprovar e detalhar macroscopicamente a presença de feições estruturais como lineamentos e falhas, que contribuem para o entendimento da evolução geológica regional.

7.3 TRABALHOS DE CAMPO

Foi feito o reconhecimento da região e seleção de áreas com registro de instabilização de encostas, que possuem evidências de terem sido ou estarem sendo influenciadas por condicionamentos geológicos, que evoluíram ou estão evoluindo para instabilizações.

Nas áreas selecionadas definiram-se afloramentos representativos, que foram posteriormente estudados e interpretados, basicamente enfocando a litologia e o arranjo espacial de feições metamórficas e estruturais, bem como as relações destas com a declividade da encosta, ou seja, foram feitos estudos específicos para o reconhecimento dos aspectos geológicos importantes para os modelos de instabilização de encostas escolhidos.

Os trabalhos de campo compreenderam na análise superficial de afloramentos rochosos e de solo, obtenção de fotografias ilustrativas, medição de estruturas associadas a instabilidades, correlação dos processos geológicos atuantes com a geologia e a geomorfologia locais.

A partir destes trabalhos foi possível a formulação de mais um modelo de escorregamento, que está relacionado com maciços rochosos e solos de pouca espessura, e que será também tratado no capítulo 10.

7.4 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MODELOS GEOLÓGICOS CONDICIONANTES DE PROCESSOS DE ESCORREGAMENTOS

Com o levantamento das informações contidas na literatura, interpretação das fotografias aéreas, visualização na imagem de satélite e os trabalhos de campo, houve embasamento suficiente para a definição de modelos geológicos condicionantes dos processos de escorregamentos.

A partir da realização das etapas descritas acima e avançando na interpretação dos resultados obtidos, foi possível caracterizar três modelos de escorregamentos que são influenciados por condicionantes geológicos, são eles.

- Escorregamentos em corpos rochosos fraturados;
- Escorregamentos associados à ruptura de aterro em depósitos de argila orgânica;
- Escorregamentos translacionais de solo em encostas de rampas extensas e alta declividade.

8. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O cronograma das atividades desenvolvidas também seguiu o apresentado no Projeto Inicial. No entanto, foram feitas algumas adequações na realização das atividades de campo e consequentemente na finalização das etapas seqüenciais. Com isso, a fase de caracterização de modelos geológicos condicionantes aos escorregamentos, foi estendida até o mês de outubro.

Tabela 8.1 - Cronograma de andamento das atividades

	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Levantamento de dados dirigidos	X	X	X	X						
Análise de dados dirigidos			X	X	X	X				
Trabalhos de campo					X		X		X	
Interpretação de dados levantados					X	X	X	X	X	
Identificação e caracterização de modelos geológicos condicionantes						X	X	X	X	
Confecção da Monografia							X	X	X	X
Síntese e apresentação do Trabalho									X	X

X: etapas desenvolvidas no decorrer do ano

9. ESTUDOS PRELIMINARES

Os resultados obtidos acerca da pesquisa bibliográfica para o entendimento da formação do Planalto de Campos do Jordão como subsidio para caracterização dos processos geológicos que exercem influência nos fenômenos de instabilização de encostas, são detalhados a seguir:

9.1 ASPECTOS LITOLÓGICOS

Com base no mapa geológico apresentado na folha SF.23-Y-B Guaratinguetá, elaborado pela CPRM através do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (1999), e considerando os trabalhos realizados por Santoro (1998), ocorrem regionalmente nas adjacências do município de Campos do Jordão seqüências supracrustais do Complexo Piracaia, Complexo

Paraisópolis inseridas no Domínio Socorro-Guaxupé. Também ocorrem rochas do Complexo Embu inseridas no Domínio Embu (Arqueano-Eopaleozóico), além de intrusões de corpos ígneos como a Formação Pico de Itapeva, referentes às Bacias Molássicas (Neoproterozóico-Eoproterozóico), e os sedimentos colúvio e aluvionares das coberturas cenozóicas.

Santoro (1998), descreve que o Domínio Socorro-Guaxupé é formado por rochas de grau metamórfico geralmente alto, como granada-sillimanita-biotita xistos, quartzitos miloníticos e predominantemente gnaisses migmatizados a protomiloníticos, além de gnaisses bandados com níveis anfibolíticos. Ocorrem também terrenos constituídos de rochas ígneas como biotita granitos porfiríticos, granitos protomiloníticos a miloníticos e granitos tipo Bragança Paulista. Já as rochas do Complexo Embu, mapeadas pela CPRM, que ocorrem próximas a Campos do Jordão, são descritas como sendo micaxistas feldspáticos e mica-quartzo xistos com granada e/ou sillimanita, transicionando para biotita gnaisses migmatizados milonitizados, gnaisses bandados, miloníticos com sillimanita e intercalações de xistos feldspáticos. No Anexo II é apresentado parte do mapa geológico definido no Programa Levantamentos Básicos do Brasil da CPRM em 1999. As unidades geológicas das adjacências do município definidas neste trabalho são basicamente compostas por rochas cristalinas do Arqueano-Eopaleozóico predominando rochas do Domínio Socorro-Guaxupé, além de rochas ígneas e granitóides associadas do Complexo Paraisópolis e rochas do Complexo Piracaia. Ocorrem também xistos, quartzitos e metaconglomerados. Estas rochas, segundo Hiruma et al (2001), são em parte geradas no Ciclo Brasiliense.

Os sedimentos recentes presentes na região compreendem depósitos atuais a pré-atuais de aluviões em leitos de drenagens e depósitos coluvionares de talus.

De acordo com Santoro (1998), os depósitos aluvionares são constituídos basicamente por argilas orgânicas, lamitos arenosos, areias e cascalhos na base. As deposições atuais formam depósitos de planícies aluvionares associados à dinâmica dos rios, e os depósitos aluvionares pré-atuais encontram-se em terraços alçados em relação ao nível de base atual. Já os depósitos coluvionares de talus ocorrem em anfiteatros das frentes escarpadas das serras, a meia encosta e nos sopés das serras, possuindo características morfológicas como rupturas negativas de declives e formas suavizadas, como descrito pelo autor acima.

Nesses depósitos, o autor menciona a existência blocos rolados de migmatitos, xistos, granitos, gnaisses e quartzitos de dimensões que variam de centimétricas a métricas, dispersos sempre numa matriz areno-argilosa.

Os depósitos aluvionares de argilas orgânicas descritos acima, são condicionantes naturais para a ocorrência de escorregamentos, e serão melhor detalhados adiante.

9.2 BREVE CONTEXTO DA EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E TECTONISMO

Regionalmente, o Planalto de Campos do Jordão inserido na Região de Dobramentos Sudeste está incluído na subdivisão geomorfológica definida por Almeida (1964) como zona da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, definindo-o como um "Planalto tectonicamente elevado, de estrutura cristalina complexa, com altitude média de 1700 metros". Essa elevação do Planalto é a responsável pelo clima e pela inclinação das encostas da região, que associada a outros aspectos geológicos, são alguns dos fatores naturais condicionantes de instabilidade de encostas. A Figura 9.2.1 mostra as diferenças de altitudes, evidenciando a elevação do planalto.

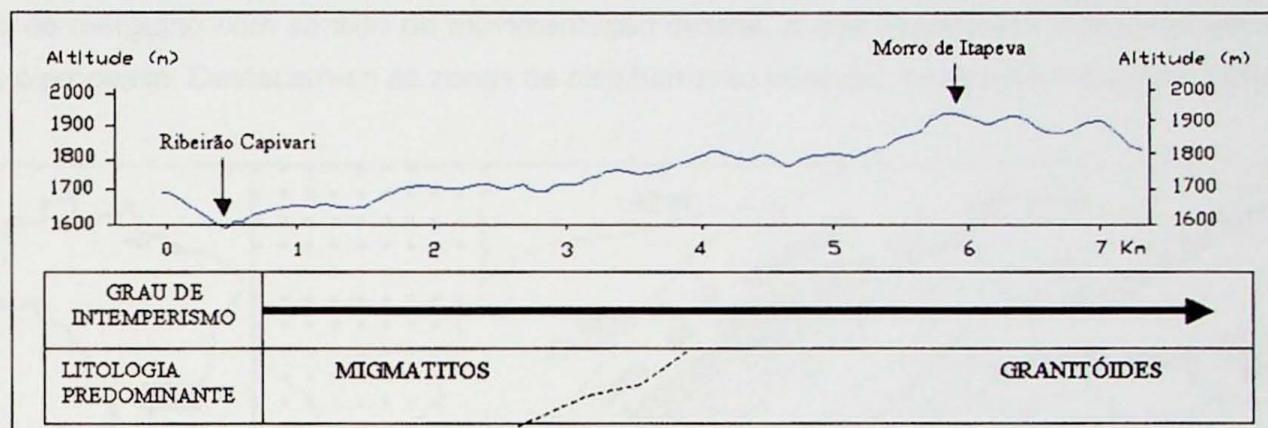


Figura 9.2.1: Perfil esquemático mostrando a região elevada do Planalto, a litologia predominante e a atuação do intemperismo. (simplificado de Modenesi, 1980).

No Cretáceo Inferior, a abertura da parte sul do Oceano Atlântico, foi influenciada por fenômenos relacionados à Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967) que por sua vez, atuou na evolução geológica da região de Campos do Jordão. Posteriormente, a reativação normal de antigas zonas de cisalhamento deu origem ao *Rift Continental* do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989), descrito como sendo uma importante feição tectônica em forma de depressão alongada de direção NE, compreendendo uma série de bacias paralelas ao litoral, que vão desde Curitiba no Paraná, até Niterói no Rio de Janeiro. Dentre estas depressões, a Bacia de São Paulo e a de Taubaté (próxima a Campos do Jordão), são amplamente descritas na literatura. Na Figura 9.2.2, pode ser verificado a localização da área em questão, bem como a proximidade entre a Bacia de Taubaté na depressão e Campos do Jordão, no alto da Serra da Mantiqueira.

Ainda com relação à geotectônica, em seu modelo tectônico do *Rift Continental* do Sudeste do Brasil, Riccomini (1989) reconhece uma fase tectônica extensional, uma de transcorrência sinistral, uma de transcorrência dextral. A explicação de Hiruma (1999), é que as fases de transcorrência estão relacionadas a processos de extensão e compressão resultantes do balanço entre a deriva para oeste da Placa Sul-Americana e sua subducção também para oeste, e que os

esforços trativos são conseqüências de quando processos de subducção predominam sobre a abertura, enquanto que o contrário resultam os esforços compressivos.

Os estudos realizados por Santoro (1998), constataram que as rochas pré-cambrianas da região foram afetadas por um tectonismo de idade Brasiliana com a atuação de dois importantes processos deformacionais em regime de cisalhamento não-coaxial, de caráter progressivo e em condições dúcteis. O primeiro processo está associado a uma tectônica tangencial de baixo a médio ângulo de mergulho, responsável pelo encurtamento crustal das rochas da região, com transporte tectônico de sudeste para noroeste. Já o segundo processo está associado a uma tectônica transpressiva relativa às zonas de cisalhamento direcionais, ou transcorrentes, de médio a alto ângulo de mergulho com sentido de movimentação destral, e que superpõem estruturas geradas no primeiro processo. Destacam-se as zonas de cisalhamento Buquirá, Jundiuvira e Eugênio Lefèvre.

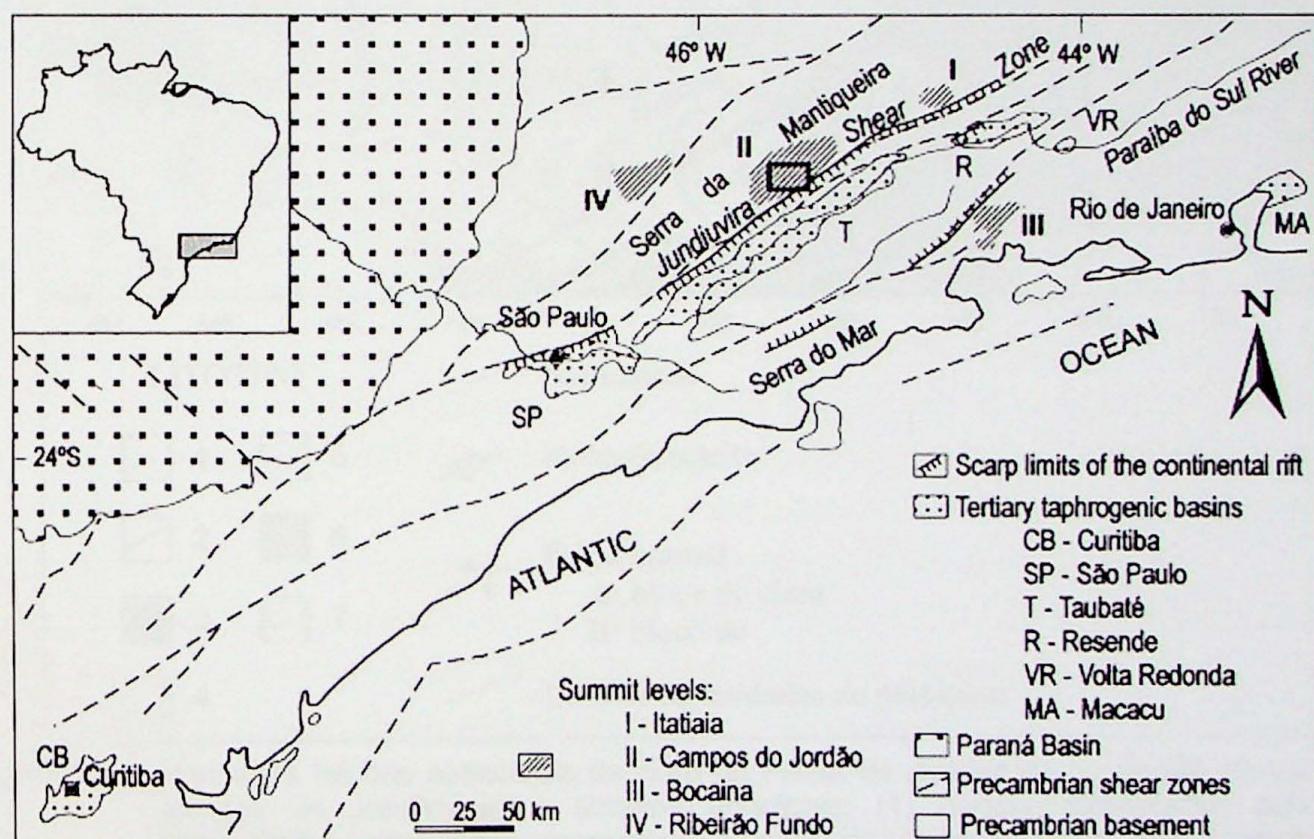


Figura 9.2.2: Estruturas orientadas preferencialmente na direção NE, as cimeiras e as bacias do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini et al. 2002).

Neste mesmo trabalho citado acima, o autor demonstra que uma evidência de transporte tectônico de sudeste para noroeste é a presença de dobras intrafoliaias assimétricas em megacristais de feldspatos, encontrados em gnaisses bandados do Complexo Embu. Descreve também que, embora esse indicador tenha sido encontrado em escala de afloramento (mesoscópica), encontrou-se também pela região, indicadores cinemáticos em escala macrocópica e microscópica.

Modenesi (1988) e Hiruma (1999), descrevem que o Planalto de Campos do Jordão é limitado por duas das grandes falhas transcorrentes de direção NE e idade pré-cambriana a paleozóica inferior, sendo que para o segundo autor, a estruturação regional de direção NE, é dada pelas zonas de cisalhamento e foliações metamórficas das rochas pré-cambrianas.

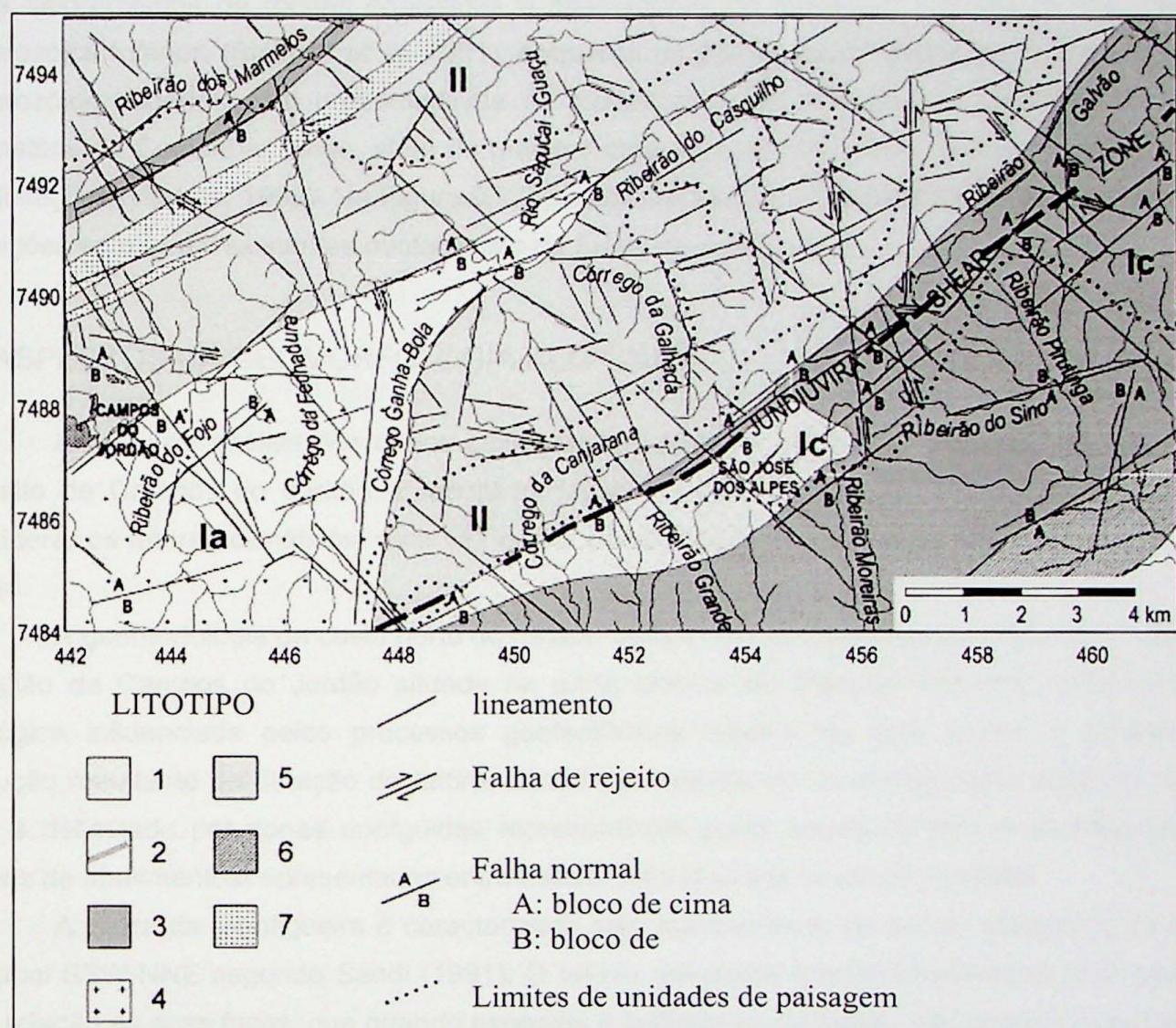


Figura 9.2.3: Principais feições estruturais de área da Falha de Jundiuvira na região da cidade de Campos do Jordão, e os litotipos principais: (1) metaconglomerados polimiticos, metarenititos arcoseanos e metasiltitos; (2) zona de ultramilonitos do Pré-Cambriano; (3) gnaisses miloníticos; (4) biotita granitos; (5) biotita gnaisses bandados; (6) biotita gnaisse protomilonito; (7) muscovita quartzito localmente milonitzado. (Modificado de Riccomini et al. 2002).

Essas duas falhas são: a Falha Jundiuvira, na borda do Planalto, próxima à escarpa da Serra da Mantiqueira, e a Falha do Buquira, no sopé da Mantiqueira. Segundo descreve Santoro (1998), a Zona de Cisalhamento Jundiuvira constitui-se numa faixa de rochas miloníticas com aproximadamente 500 metros de largura, e com alto ângulo de mergulho. Já a Zona de Cisalhamento

Buquirá, constitui-se numa importante estrutura que se estende desde a região da Usina Santa Isabel, até as cabeceiras do Rio Buquirinha, tratando-se de uma zona de cisalhamento de médio a alto ângulo de mergulho, com orientação nordeste.

Dividindo-se a região pela Falha de Jundiuvira para um maior detalhamento, tem-se ao norte desta, afloramentos de rochas gnáissicas e migmatíticas do complexo Paraíba do Sul, de idade proterozóica inferior, (Bistrichi et al. 1981), enquanto ao sul, ocorrem rochas do Grupo Açuengui do proterozóico superior, com predominância de rochas com estrutura xistosa do Complexo Pilar e migmatitos do Complexo Embu, além de granitos sintectônicos alongados segundo o *trend* regional das foliações (Hiruma, 1999). Na Figura 9.2.3 podem ser visualizados os tipos litológicos presentes e as feições estruturais existentes numa região da Falha de Jundiuvira.

9.3 ASPECTOS DA GEOMORFOLOGIA REGIONAL

A partir da análise dos dados bibliográficos, pode se dizer que o relevo presente hoje no Planalto de Campos do Jordão é resultado primariamente da evolução estrutural, mas deve se considerar os fatores climáticos, uma vez que o clima tropical de altitude tem modelado o relevo da região.

A geomorfologia da costa norte do Estado de São Paulo, passando pelo Vale do Paraíba até a região de Campos do Jordão situada na parte oriental do Planalto Atlântico, sofreu evolução geológica influenciada pelos processos geotectônicos citados no item acima, e também uma evolução resultante da atuação de fatores climáticos, resultando na configuração atual do relevo, o qual é delimitado por zonas soerguidas representadas pelas serras do Mar e da Mantiqueira, e feições de abatimentos representadas entre outras, pela já citada Bacia de Taubaté.

A Serra da Mantiqueira é caracterizada pelo agrupamento de serras alongadas de direção principal SSW-NNE segundo Saadi (1991). O relevo apresenta predominantemente uma assimetria com relação às suas faces, que quando expostas a sudeste ou sudoeste, são sempre mais íngremes e desnudadas. O basculamento dos blocos tectônicos para noroeste ou nordeste constitui-se na principal organização do relevo (Hiruma, 1999). Na foto de satélite das imediações do município (anexo III) é possível observar uma tendência na direção das escarpas.

O relevo que predomina no alto da Serra da Mantiqueira é caracterizado por escarpas com declividade próxima ou superior a 30°. Os morros são por vezes, dissecados ou muito dissecados, com vales entalhados associados a vales menos entalhados, chegando a ter densidade de drenagens alta. Dessa forma, segundo IPT (1981), essas áreas são sujeitas a processos intensos de erosão e probabilidade considerável de movimentos de massa.

Em termos locais, Modenesi (1980) esclarece que as vertentes convexas desenvolvem-se nos morros principalmente sobre rochas granítóides e migmatitos estromatíticos, e que na maior parte dos altos campos, o setor inferior é retilíneo e nas áreas mais elevadas da borda do Planalto a convexidade atinge a base das vertentes. Por outro lado, vertentes retilíneas são comuns sobre os quartzitos, mas podem ocorrer também em outras rochas, em áreas de maior amplitude e dissecação do relevo, freqüentemente relacionadas a alinhamentos estruturais. Já nas vertentes convexas, a autora descreve que ocorrem de forma generalizada, enquanto anfiteatros de erosão formam reentrâncias provocadas por importantes e profundos movimentos de massa. Esses movimentos, devem ter ocorrido com certa freqüência na evolução da paisagem de Campos do Jordão, e estão de certa forma relacionados com os mesmos condicionantes geológicos intrínsecos que causam os atuais escorregamentos. No entanto, deve ser lembrado que atualmente, os condicionantes geológicos estão mascarados pela ação antrópica na área urbana e em cortes de rodovias.

A interpretação de fotografias aéreas demonstrou que a orientação preferencial dos lineamentos estruturais tem a orientação NE/SW. Estes lineamentos são em geral paralelos a planos de falhas mapeados em escalas regionais em outros trabalhos. O eixo principal da maioria das drenagens também segue essa orientação, e compõem um padrão dendrítico, formando feições morfológicas tais como capturas de drenagens, vales assimétricos com escarpas retilíneas, facetas triangulares e trapezoidais, vales e anfiteatros suspensos e *shutter ridges*, relatadas por Hiruma (1999). Também foi possível a verificação de lineamentos no Planalto, além de terraços com coberturas quaternárias.

Com relação aos movimentos tectônicos recentes, Hiruma *et al.* (2001) descrevem que anfiteatros suspensos, facetas triangulares e trapezoidais, vales assimétricos e escarpas retilíneas associam-se freqüentemente a falhas com componente normal. Já as cristas truncadas, divisores pouco nítidos e *shutter ridges*, refletem falhas com componente transcorrente, e as capturas de drenagens e rios em ganchos ocorrem associados aos dois tipos de falhas. Descrevem também que a dissecação das escarpas retilíneas fez surgir facetas trapezoidais e também facetas triangulares, além da observação que boa parte das vertentes são abruptas.

10. ASPECTOS GEOLÓGICOS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS NA ÁREA DE ESTUDO

Objetivando apresentar e caracterizar aspectos geológicos condicionantes dos processos de instabilidade de encostas ocorrentes na área de estudo, foram escolhidas três (3) tipologias de escorregamentos já citadas no capítulo 7 e que serão explicitadas abaixo:

10.1 ESCORREGAMENTOS EM MACIÇOS ROCHOSOS

Este modelo de escorregamento trata de áreas ao longo da rodovia SP 123 que, em decorrência de sua construção, através dos cortes realizados, foram desestabilizadas inúmeras partes dos maciços rochosos.

Ligando o Vale do Paraíba a Campos do Jordão no alto da Serra da Mantiqueira, a rodovia em questão possui um extenso trecho inclinado cortando parte daquela serra. Com isso, é caracterizada pela alta sinuosidade em decorrência do contorno das escarpas de maior declividade.

Dessa forma, é comum nas adjacências da rodovia encontrar grandes maciços rochosos cortados e encostas abruptas formando verdadeiros precipícios. Esta é uma característica que acompanha todo o trecho de subida na acidentada paisagem da Mantiqueira.

Os maciços rochosos apresentam aspectos litológicos e estruturais herdados dos eventos geotectônicos geradores do relevo. Com isso, esses maciços mostram, através de sua mineralogia e da relação espacial entre xistosidade, fraturas, dobras e sistemas de juntas; o tectonismo e o polimetamorfismo a que foram submetidos.

10.1.1 PROCESSOS DE QUEDA DE BLOCOS DE ROCHA

Em afloramentos percorridos ao longo da rodovia, foi possível verificar claras relações entre os locais onde têm ocorrido queda de blocos com o arranjo espacial entre as estruturas pontualmente presentes. Dessa forma, pôde-se evidenciar que embora a ação antrópica tenha sido a detonadora do acidente – com a construção da rodovia - o mesmo não teria ocorrido se as estruturas estivessem dispostas de tal forma a favorecer a estabilidade do maciço. A partir dessa constatação, foi possível definir que sistemas que possuem arranjo estrutural alinhado de tal forma a otimizar a movimentação, podem ser englobados como sendo um modelo geológico condicionante de escorregamentos em maciços de solo/rocha.

As estruturas são locais que preferencialmente sofrerão o intemperismo químico através da percolação da água acrescida ou não de ácidos e oxigênio, que irão reagir e alterar os minerais presentes, acentuando desta forma, as estruturas da rocha. Além disso, o comportamento diferenciado das rochas frente a alteração pode conferir acentuada anisotropia aos maciços. Na Figura 10.1.1.1, pode-se observar que os faturamentos vão sendo realçados em decorrência do intemperismo. A evolução desse processo pode culminar com o desprendimento do bloco rochoso.

Além do intemperismo, a água pode atuar também na diminuição do atrito mecânico da rocha, ao que descreve Yoshikawa (1997), devido ao efeito da deterioração química dos argilo-minerais ou dos minerais cimentantes.

Nos maciços que apresentam anisotropia, o comportamento espacial favorável do conjunto das estruturas, como a xistosidade, falhas e juntas, deverão gerar as condições de instabilidade, que segundo Peloggia (1998), terá um porte em função do tamanho do talude e da disposição e espaçamento das descontinuidades, ao longo das quais a resistência ao cisalhamento é em geral menor.

Peloggia (1998), destaca que quanto menos decomposto a rocha ou um maciço rochoso, maior será a influência das estruturas reliquias no comportamento geomecânico, e que com a alteração, a anisotropia proveniente da xistosidade é progressivamente anulada.

O movimento de blocos em taludes rochosos se dá através da ação da gravidade. Em taludes de corte onde afloram blocos de rocha, instabilização de encosta do tipo queda de blocos ocorrem em decorrência do grau e dos diversos planos de fraturamentos do maciço rochoso, fraturamentos estes, que associado ou não a outras descontinuidades (xistosidade, planos de falha, sistema de juntas, etc), são fatores geológicos/estruturais predisponentes a esses processos de escorregamentos. Os cortes realizados pelas obras rodoviárias podem ser considerados, os agentes indutores dos processos de instabilização.

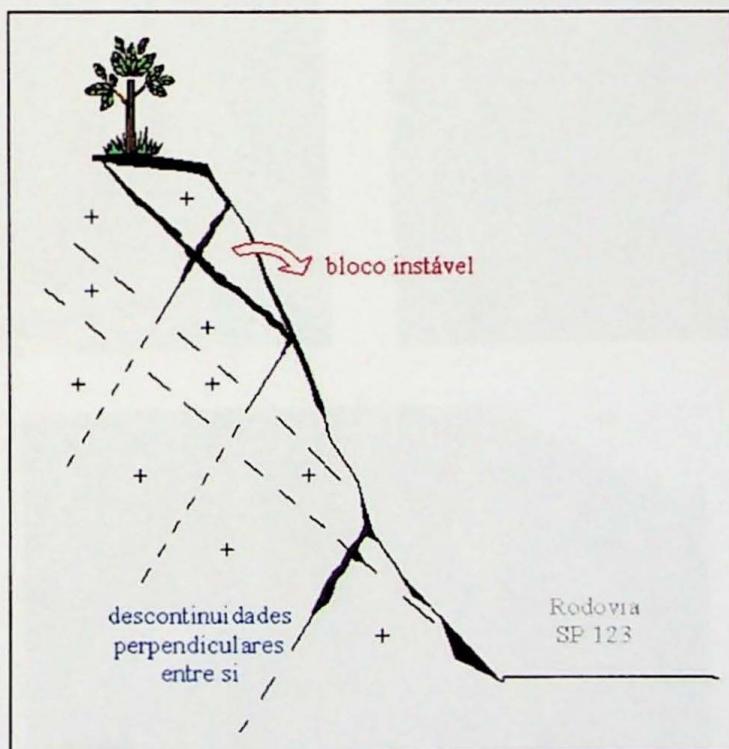


Figura 10.1.1.1: Corte em maciço rochoso fraturado. Nota-se neste caso, que o sistema de fraturamentos favoreceram o desprendimento do bloco.

Ao longo da rodovia SP 123 pôde-se verificar que as estruturas mais determinantes para o desprendimento de blocos são os sistemas de fraturas e de juntas, e que estas estruturas são

responsáveis tanto pelo desprendimento de blocos centimétricos, como de blocos com alguns metros de tamanho, os quais caem algumas vezes em queda livre, podendo chegar muito próximos da rodovia.

Sendo a Figura 10.1.1.1 um esquema em perfil de maciço com fraturas pré-dispostas a favorecerem o desprendimento de blocos próximos ou na rodovia, a Figura 10.1.1.2, é um conjunto de fotografias que mostram claramente os espaços vazios entre planos de fraturas ou juntas. Observando com atenção, nota-se que estes espaços vazios são justamente onde estavam os blocos que se desprenderam. Estes tipos de corte em rocha é muito comum ao longo da SP 123.

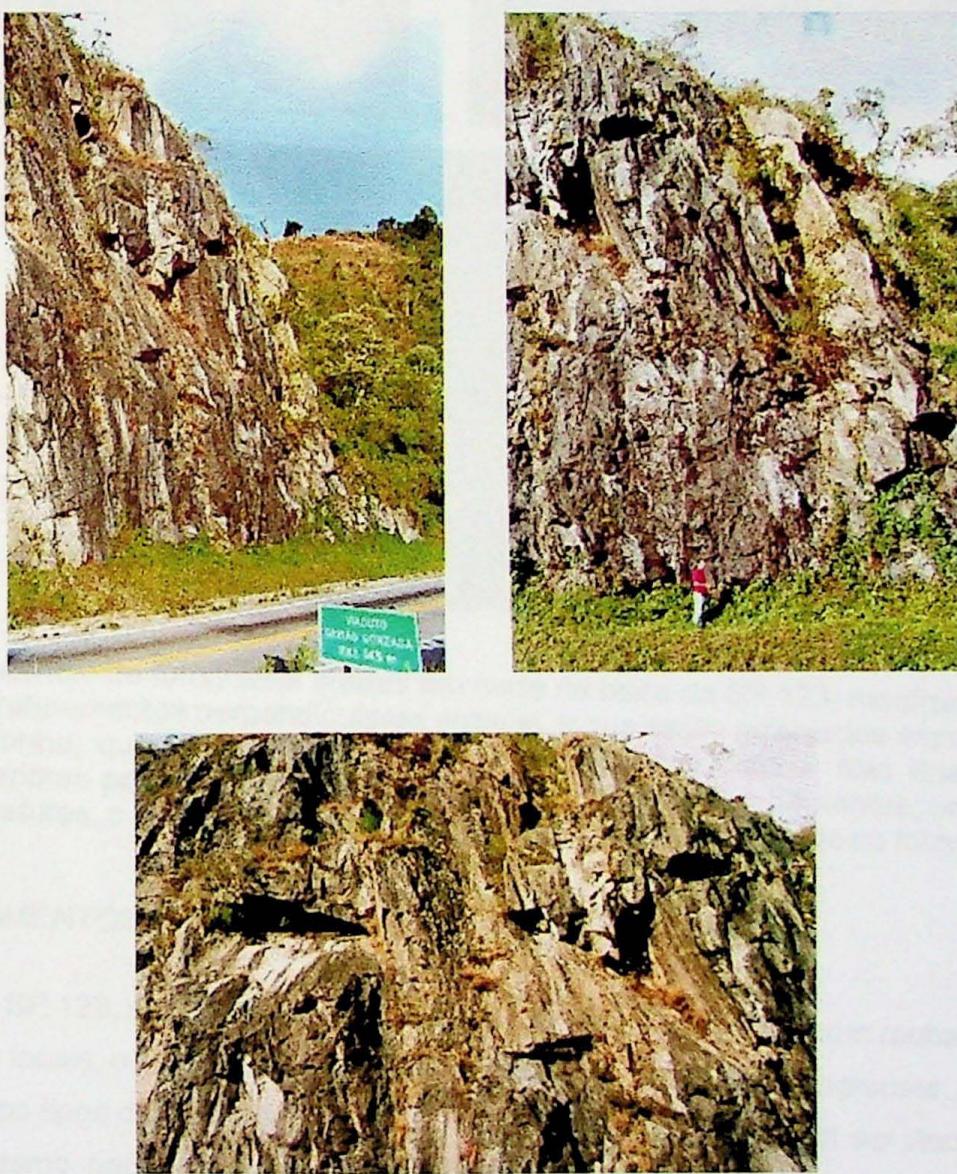


Figura 10.1.1.2: Presença de sistemas de fraturas ou juntas apresentando arranjo espacial favorável ao desprendimento de blocos.

Estes conjuntos de fraturamentos e de juntas, formando planos podem ser observados também em escala centimétrica, como serão apresentados na Figura 10.1.1.3, demonstrando que em geral os maciços ao longo da rodovia apresentam-se bastante fraturados.



Figura 10.1.1.3: Seqüência de fotografias tiradas em corte na beira da SP 123, mostrando o sistema de fraturamentos perpendiculares entre si, e que estão arranjados espacialmente de tal forma, que condicionam o desprendimento dos blocos. Nas duas fotografias superiores pode ser observado nitidamente, em ângulos diferentes, um bloco entre as fraturas, o qual foi facilmente desprendido, como é mostrado na fotografia inferior.

10.1.2 ESCORREGAMENTOS PLANARES EM MACIÇO SOLO/ROCHA

Ao longo da SP 123, é muito comum a presença de cortes em locais com rocha alterada, ou mesmo solo. Nesses locais, o corte da rodovia vez por desestabilizar taludes íngremes, contribuindo para as rupturas. Estes tipos de escorregamentos são tão naturais, que podem ser visualizados em regiões serranas, mesmo naquelas com cobertura vegetal. Exemplo concreto são as inúmeras cicatrizes na Serra do Mar, e também na própria Serra da Mantiqueira.

Tratando-se especificamente da região de Campos do Jordão, além do já explicitado tectonismo que influenciou na modelagem da paisagem, deve-se levar em conta os fatores

climáticos, pois estes últimos possuem relação com a paisagem vislumbrada nos dias de hoje. No entanto, é difícil estabelecer o grau dessa relação.

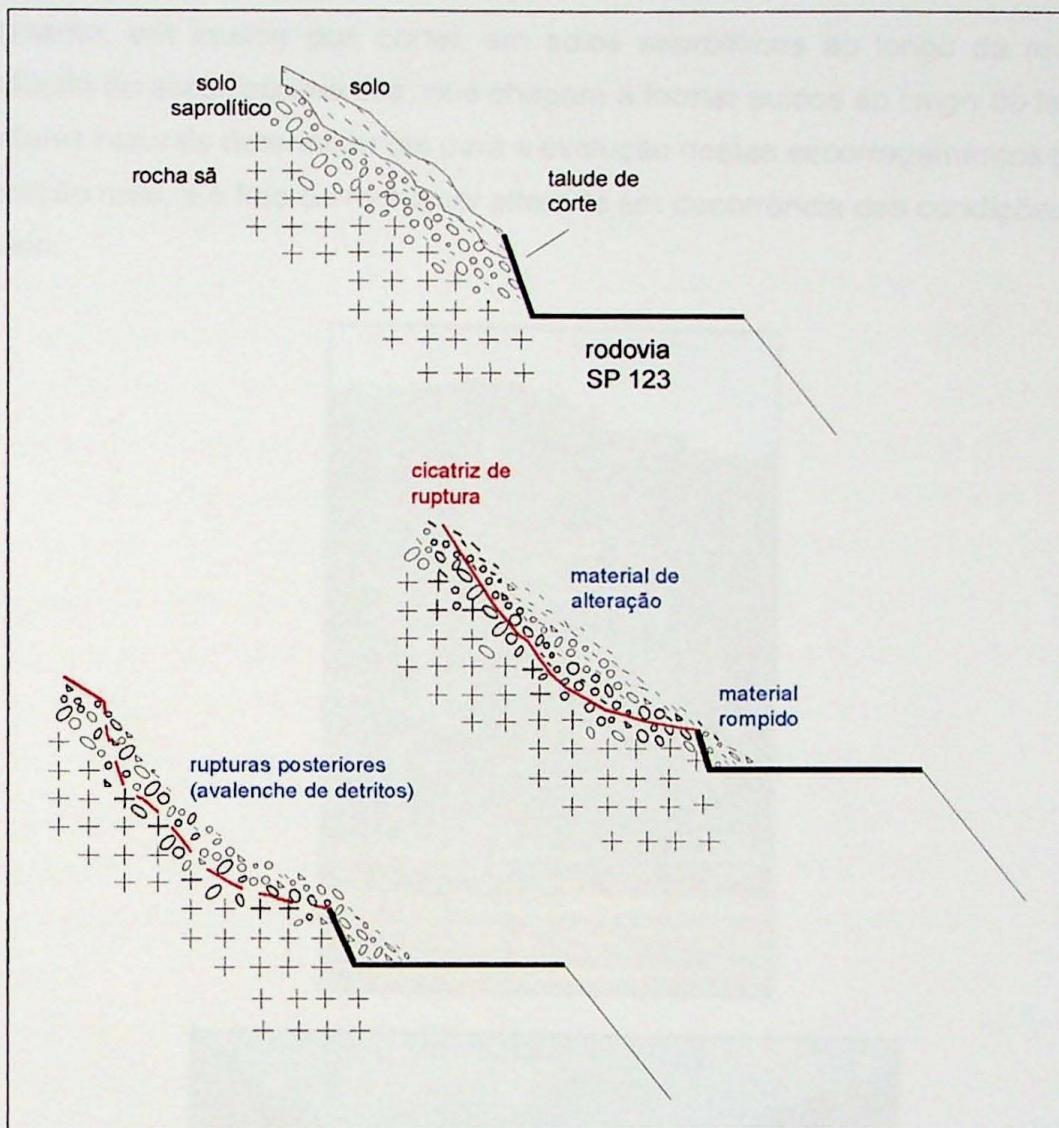


Figura 10.1.2.1: Maciço solo/rocha em cortes ao longo da rodovia, onde pode-se observar a ocorrência de rupturas.

A Figura 10.1.2.1 mostra esquematicamente em perfil a evolução de rupturas planares em maciços solo/rocha.

A verificação da espessura de solo num perfil de alteração é um dado importante para a susceptibilidade a escorregamentos, ao passo que, o contato das formações superficiais com o maciço subjacente pode comportar-se como descontinuidade mecânica e caminho preferencial das águas de infiltração, e que os mecanismos de instabilização dessas coberturas são em geral, relacionados à redução da resistência dos solos pela infiltração de água (Peloggia, 1998).

O advento da infiltração da água no terreno, segundo este autor, está intimamente relacionado à redução da resistência dos solos, pois horizontes superficiais de solos lateríticos

quando saturados, se comportam similarmente a solos arenosos não coesivos, sendo que ainda, quanto maior o grau de alteração, maior a coesão e a resistência devida provavelmente à estruturação mais rígida decorrente da cimentação.

No entanto, em muitos dos cortes em solos saprolíticos ao longo da rodovia, pode-se verificar a evolução de escorregamentos, que chegam a formar sulcos ao longo do terreno.

Os fatores naturais determinantes para a evolução destes escorregamentos planares, são o manto de alteração raso, e o fato da rocha ser alterada em decorrência das condições estruturais do maciço fraturado.

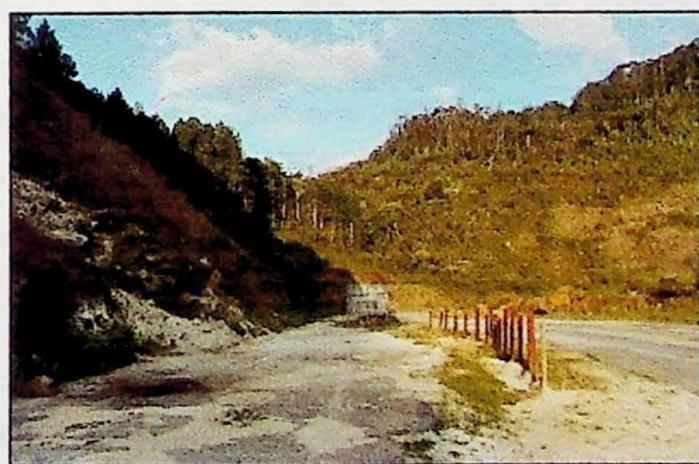
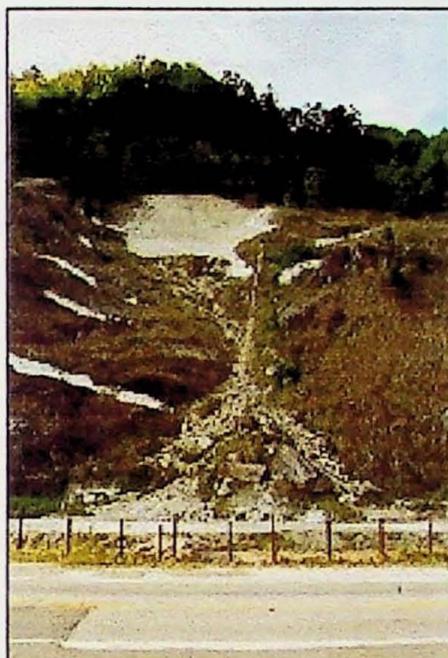


Figura 10.1.2.2: Escorregamento em solos e solos saprolíticos ao longo da rodovia. Nota-se que o eixo da pista precisou ser desviado devido aos constantes acidentes de rupturas. As barras de ferro estacadas no terreno têm a função de conter blocos rolados de grandes dimensões.

Os escorregamentos planares de solo/rocha evoluindo para processos de avalanche de detritos, em entalhes erosivos desenvolvidos em antigas cicatrizes dos escorregamentos planares, podem ser observados na Figura 10.1.2.2, que é o exemplo da Figura 10.1.2.1 vista em planta.

10.2 ESCORREGAMENTOS ASSOCIADOS À PRESENÇA DE ARGILAS ORGÂNICAS

Embora seja caracterizada pelo relevo muito acidentado, na região de Campos do Jordão também existe “micro” planícies entre os morros. Estas planícies situam-se na base das encostas, e muitas vezes se estendem ao longo da parte baixa dos taludes acompanhando as drenagens.

As regiões de planícies são compostas por sedimentos advindos do alto dos morros, em consequências da erosão dos mesmos. Este processo da dinâmica externa do planeta é responsável pela suavização do relevo, culminando com a paisagem presente nos dias de hoje. Dessa forma, essas planícies são locais aplaniados ou suavemente inclinados pela deposição dos sedimentos de colúvio e sedimentos finos de aluviação principalmente. No entanto; muitas delas, embora situadas em encostas íngremes, formaram no passado, ambientes favoráveis para o desenvolvimento de seres vivos. Estes organismos sofreram deposição e sedimentação em ambientes predominantemente redutores, com isso, os sedimentos dessas áreas, se transformaram numa argila orgânica preta rica em restos de gramíneas, fragmentos carbonizados e material humificado.

A partir das alterações geológicas e ambientais ocorridas ao longo do tempo nas planícies, houve a deposição de sedimentos com características diferentes da argila preta descrita acima. Estes sedimentos possuem em geral menos matéria orgânica e uma coloração acinzentada e maior granulometria.

Modenesi (1980), já descrevia que ao longo de muitas das drenagens da região, desenvolvem-se pequenas planícies fluviais separadas por segmentos de rios encaixados, nessas planícies aluvionares, ocorrem restos de baixos terraços com cascalhos recobertos por materiais de vertente. No caso da argila orgânica, a deposição ocorre na base e também na parte baixa, embora inclinada da vertente.

Nos dias de hoje, algumas destas paleo-planícies estão sendo ocupadas de forma desordenada. A ação antrópica, através da realização de cortes no material original e a construção de aterros para as moradias, tem gerado instabilizações que podem levar à movimentação dos sedimentos e de materiais de aterro, que estão acima da argila preta.

O deslizamento de argila orgânica de maior repercussão ocorrido em Campo do Jordão foi no bairro de Vila Albertina. Este evento é amplamente relatado na literatura e foi detalhado por Amaral (1972), como deslizamento de 70.000 metros cúbicos de lama contendo 80% de água, 15% de substâncias minerais e 5% de matéria orgânica, que avançou mais de 500 metros, soterrando 60 casas e matando 17 pessoas. Este autor relata que a argila orgânica acumulada num anfiteatro

sofreu liquefação graças à carga de um pequeno aterro, e provavelmente também pelo trabalho de um trator.

Como descrito no evento acima, a ação antrópica é preponderante para que ocorra a movimentação em si, porém, a presença da argila humificada em contato com a água, resultou no aumento da plasticidade do material. Dessa forma, pode-se concluir que se não existisse a presença do depósito de argila orgânica, as intervenções humanas não seriam suficientes para a instabilização, pois estes terrenos em geral possuem inclinações inferiores a 20 graus.

Amaral (1972), relatou, que seria bastante provável a existência de outros depósitos de lama turfosa na região, contudo, muitos desses depósitos deveriam estar em situações topográficas estáveis.

Na análise de fotografias aéreas com escala 1:50.000, não foi possível reconhecer tais depósitos, principalmente pelo fato desta escala não ser adequada devido a impossibilidade de reconhecimento da áreas semelhantes às de Vila Albertina.

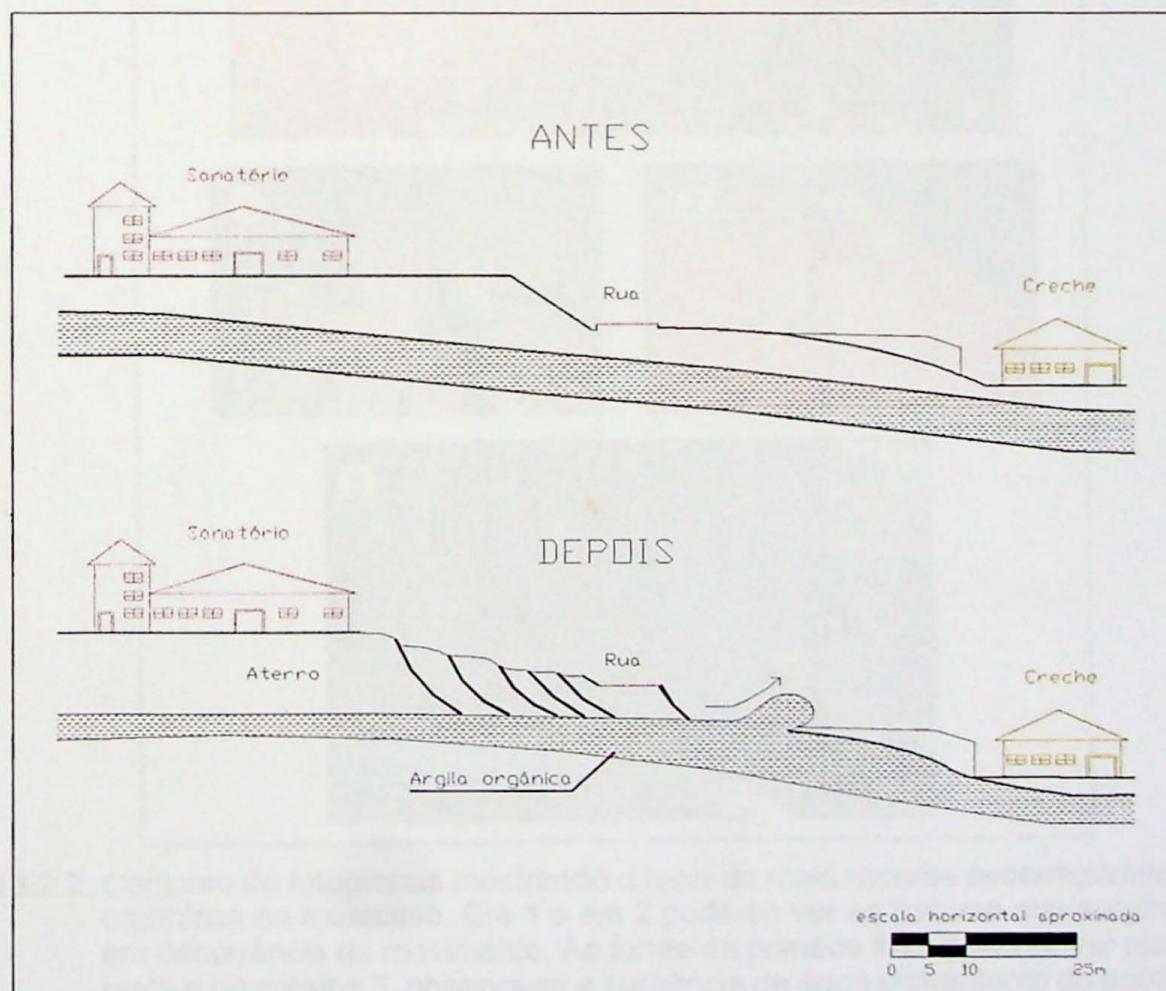


Figura 10.2.1: Representação em perfil simplificado do local onde houve o escorregamento na argila orgânica no bairro de Vila Abernésia.

Em 2002, ocorreu um pequeno evento de deslizamento associado à presença de argila orgânica no bairro de Vila Abemésia, nas proximidades da rua Saraiva, com a rua M. José Vita. Nesse evento houve a instabilidade da argila orgânica em decorrência da realização de obras a montante do local que fizeram por aumentar a carga do aterro que estava em cima da argila orgânica.

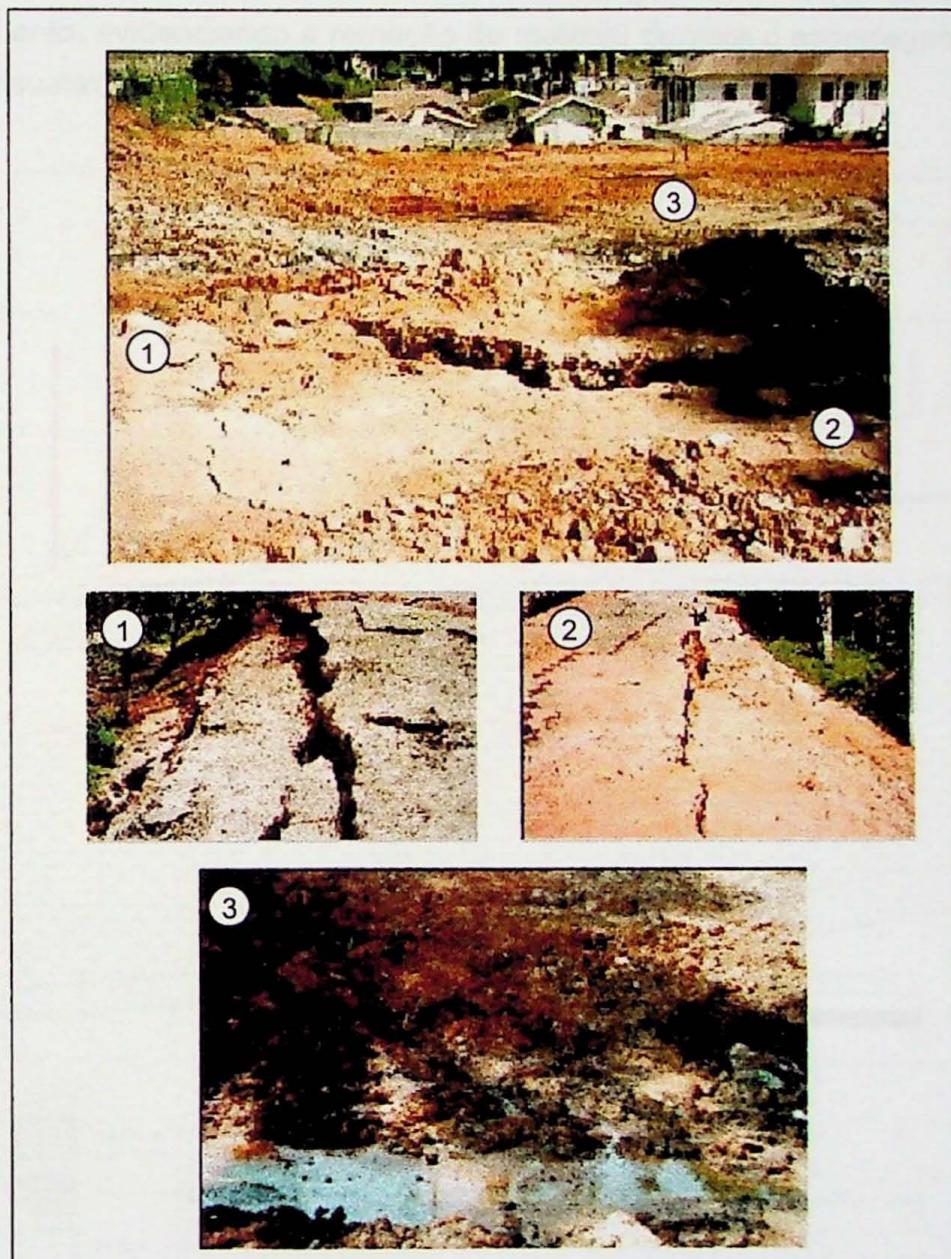


Figura 10.2.2: Conjunto de fotografias mostrando o local do mais recente escorregamento em argila orgânicas no município. Em 1 e em 2 pode-se ver as fraturas que surgiram no aterro em decorrência do movimento. Ao fundo da primeira foto, pode se ver restos da argila preta e no detalhe 3, observa-se a surgência de água proveniente do aquífero freático.

Na Figura 10.2.1, pode-se verificar que o terreno era estável, mas as escavações e movimentações de terra realizadas para a terraplanagem do terreno, acabaram por desconfinar a camada de argila orgânica saturada. Este desconfinamento produziu rupturas remontantes nos taludes de aterro presentes na porção superior, remobilizando grande quantidade de argila e do próprio material que constituía o aterro.

O aterro que parecia ser um solo firme adquiriu grandes rachaduras perpendiculares a direção do movimento, evidenciando a remoção do material durante o escorregamento. Na Figura 10.2.2, pode-se visualizar a dimensão do problema causado pelo evento.

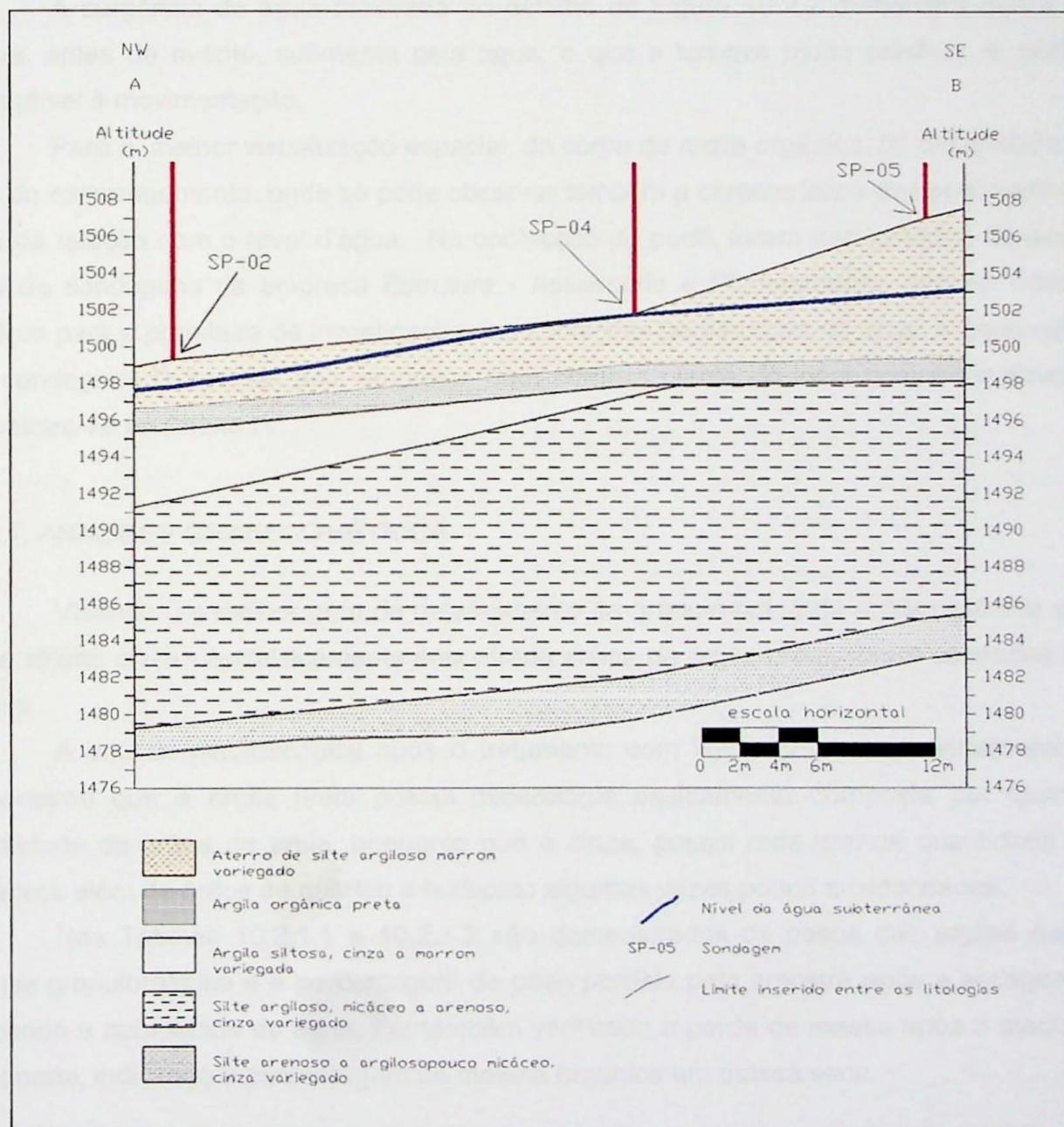


Figura 10.2.3: Perfil paralelo a direção do movimento ocorrido no bairro de Vila Abernézia.

Rupturas como a observada na área da escavação, em razão da quebra das condições de estabilidade do local associada à presença de camada de argila orgânica, devem-se à baixa capacidade de suporte desse material, quando saturado e desconfinado.

Neste tipo de ocorrência, a presença da camada da argila orgânica é o fator geológico preponderante no processo de instabilização. As intervenções antrópicas realizadas podem ser qualificadas como agentes geradores da instabilização. Dessa forma, as mencionadas intervenções podem ser classificadas, como sendo os agentes modificadores da condição de equilíbrio.

A argila orgânica quando saturada em água, torna-se muito plástica e sua principal característica geotécnica é a baixa capacidade de carga.

A surgência de água mostrada no detalhe da Figura 10.2.2 demonstra que a argila preta estava, antes do evento, submersa pela água, o que a tornava muito plástica, e, portanto, muito suscetível à movimentação.

Para a melhor visualização espacial do corpo de argila orgânica, foi desenhado um perfil no local do escorregamento, onde se pode observar também a característica dos sedimentos presentes, além da relação com o nível d'água. Na confecção do perfil, foram aproveitadas as descrições dos furos de sondagens da empresa Estrutura - Assessoria e Planejamento, que na ocasião prestou serviços para a prefeitura de investigação das condições geotécnicas do local. A descrição detalhada das sondagens fornecidas pela empresa, bem como a planta do local com a localização do perfil encontram-se no Anexo IV.

10.2.1. ANALISES GRANULOMÉTRICA

Visando um melhor grau de detalhamento da granulometria da argila orgânica e também da argila siltosa cinza - estratificamente encontrada acima da argila preta, foram coletadas amostras de ambas.

A análise macroscópica após o tratamento com H_2O_2 30% e o peneiramento de ambas, demonstrou que a argila preta possui mineralogia basicamente composta por quartzo e baixa quantidade de grãos de areia, enquanto que a cinza, possui uma grande quantidade de minerais micáceos além de grãos de quartzo e feldspato algumas vezes pouco arredondados.

Nas Tabelas 10.2.1.1 e 10.2.1.2 são demonstrados os pesos das argilas nas etapas da análise granulométrica e a percentagem de peso perdido pela amostra após a secagem em estufa, indicando a quantidade de água. Foi também verificado a perda de massa após a ataque com água oxigenada, indicando a percentagem de matéria orgânica em massa seca.

Tabela 10.2.1.1: Diferenças de massa das amostras após as etapas.

Material(g)/Processo	Argila preta orgânica	Argila siltosa cinza
Massa inicial do material (peso úmido)	183,26	193,31
O material ficou 24 horas em estufa para secagem		
Massa seca	78,98	148,44
O material foi atacado com H_2O_2 30% em recipiente aquecido em chapa aquecedora por 48 horas para a oxidação-eliminação da matéria orgânica		
Massa dos constituintes minerais	66,33	144,02
Separação de 60 gramas do material acrescido de 1,0 grama de pirofosfato de sódio (para evitar a floculação)		
Lavagem do material e preparação para a pipetagem e o peneiramento		

Através da medida da massa da amostra após as etapas de secagem e de ataque com água oxigenada, foi possível encontrar respectivamente, a percentagem de água e de matéria orgânica que a amostra continha. Esses resultados são apresentados na Tabela 10.2.2.

Tabela 10.2.1.2: Porcentagem de água e matéria orgânica nas amostras

Material	H_2O (%)	Matéria orgânica a seco (%)
Argila preta orgânica	56,90	16,02
Argila siltosa cinza	23,21	2,98

Os resultados das análises granulométricas são apresentados no Anexo V. Estas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia LABSED do IGc-USP, seguindo a metodologia comumente utilizada, com o intuito de determinar a dimensão dos grãos componente das amostras. As etapas iniciais foram descritas na tabela 10.2.1.1, e em seguida, as amostras foram preparadas para a pipetagem.

O método de pipetagem consiste inicialmente em secagem da amostra em estufa num recipiente graduado. Após secagem, a amostra é moída manualmente até atingir 60 g, em seguida é feita a desagregação em água destilada com auxílio de agitador mecânico. A amostra em suspensão é colocada numa proveta de 1000 mL, na presença do já citado pirofosfato de sódio, posteriormente o volume da proveta é completado com água destilada agitando-o com uma haste de vidro, por 30 segundos. Interrompida a agitação o cronômetro é acionado.

Utilizando-se os dados de tempos e profundidades, calculados para deposição das partículas, coleta-se volumes de 20 mL com o auxílio de pipetas volumétricas. Os volumes pipetados são colocados em forminhas de alumínio (previamente pesadas) e posteriormente secos em estufa. Após secagem, as forminhas são pesadas para determinação da quantidade de partículas pôr intervalo granulométrico.

Terminada a pipetagem, as partículas finas são separadas da areia através da elutriação, que consiste na eliminação dos finos através de fluxo ascendente aquoso. A areia é recolhida em papel de filtro e seca em estufa, sendo esta posteriormente utilizada no peneiramento. O

peneiramento é mais efetivo se os grãos estiverem secos e limpos, por isso opta-se pela sua realização após pipetagem e elutrição que garantem a eliminação das partículas finas.

O peneiramento é realizado colocando-se a areia seca em um conjunto de peneiras sobrepostas em ordem decrescente de abertura. Utilizam-se peneiras com abertura de malha de 4,00 a 0,062 mm. A escolha destas peneiras proporciona um intervalo de $1/2\varphi$ que melhora o grau de precisão do método. A variável φ apresentada no eixo das abcissas dos gráficos, é dada por: $\varphi = -\log 2d_0$.

O tratamento dos dados granulométricos obtidos na pipetagem e peneiramento fornece parâmetros quantitativos das amostras. Faz-se necessário determinar o fator de correção antes de proceder aos cálculos estatísticos. Esse fator é obtido dividindo-se o peso total inicial pelo peso total final da amostra. Se este estiver entre 0,95 e 1,05, ou seja, com 5% de erro, a análise é considerada satisfatória. A pipetagem é a principal fonte de erro, por se tratar de análise indireta (amostragem de 1/50 do volume total) e depender de outros fatores como: floculação, temperatura de suspensão, forma e densidade das partículas, pipetagem de volumes diferentes de 20 mL, etc. Já o peneiramento é uma análise direta com menor fonte de erro. No entanto, podem ocorrer eventuais perdas de massa de areia durante a elutrição, podendo assim, comprometer os valores de fator de correção.

10.3 ESCORREGAMENTOS EM ENCOSTAS ÍNGREMES

A Serra da Mantiqueira na região de Campos do Jordão é caracterizada por um conjunto de serras alongadas. Na imagem de satélite do Anexo III, pode-se verificar que regionalmente há tendência ao direcionamento principal SW-NE, no entanto, alinhamentos estruturais secundários têm direcionamentos paralelos e perpendiculares aos anteriores, ou seja, na direção SE-NW. Estes alinhamentos secundários observados localmente formam pequenas serras alongadas com uma nítida diferença de inclinação entre suas encostas. Esse caráter do relevo é acentuado segundo Hiruma (2001), é acentuado pelas escarpas retilíneas de direção NE-SW/ENE-WSW, o autor relata que a amplitude das escarpas parece corresponder ao somatório dos rejeitos de falhas normais com planos subparalelos pouco espaçados, e que este fato pode evidenciar sucessivas reativações tectônicas.

Como as direções preferenciais dos alinhamentos locais coincidem com os alinhamentos e falhamentos de escala regional, e também com a direção principal do Vale do Rio Paraíba do Sul, bem como com a direção da zona litorânea adjacente, pode-se inferir uma relação de intimidade entre os processos geotectônicos responsáveis pela abertura do Atlântico, com as características estruturais predominantes no vale e na serra listadas acima, bem como com a modelagem do relevo no alto da Mantiqueira. No entanto, Modenesi (2002) descreve que a evolução geomorfológica do

Planalto de Campos do Jordão muito provavelmente resulta da interação dos controles tectônicos e climáticos, sendo que a princípio os processos climáticos e de pedogênese estão intimamente relacionados com a configuração das encostas, pois podem ser evidenciados através do tipo de solo e do tipo de vegetação peculiar dos diversos setores, entretanto, como diz a autora, a influência da neotectônica e do clima na evolução dos altos campos não está ainda completamente entendido.

As condições estruturais que formaram tais alinhamentos se deram de tal forma, que resultaram em escarpas muito alongadas com suave inclinação de um lado dos morros, enquanto que do outro, a encosta é menos alongada e muito inclinada. A Figura 10.3.1 mostra esta nítida diferença de inclinação e alongamento entre as encostas que caem para SE e as que caem para NW. Nota-se, no detalhe, o tipo de corte que em geral é feito nas encostas mais íngremes para a instalação das casas, que retiram material da parte mais alta para colocar na parte mais baixa e com isso aumentar a área plana útil. As encostas em questão possuem inclinação de aproximadamente 30°.

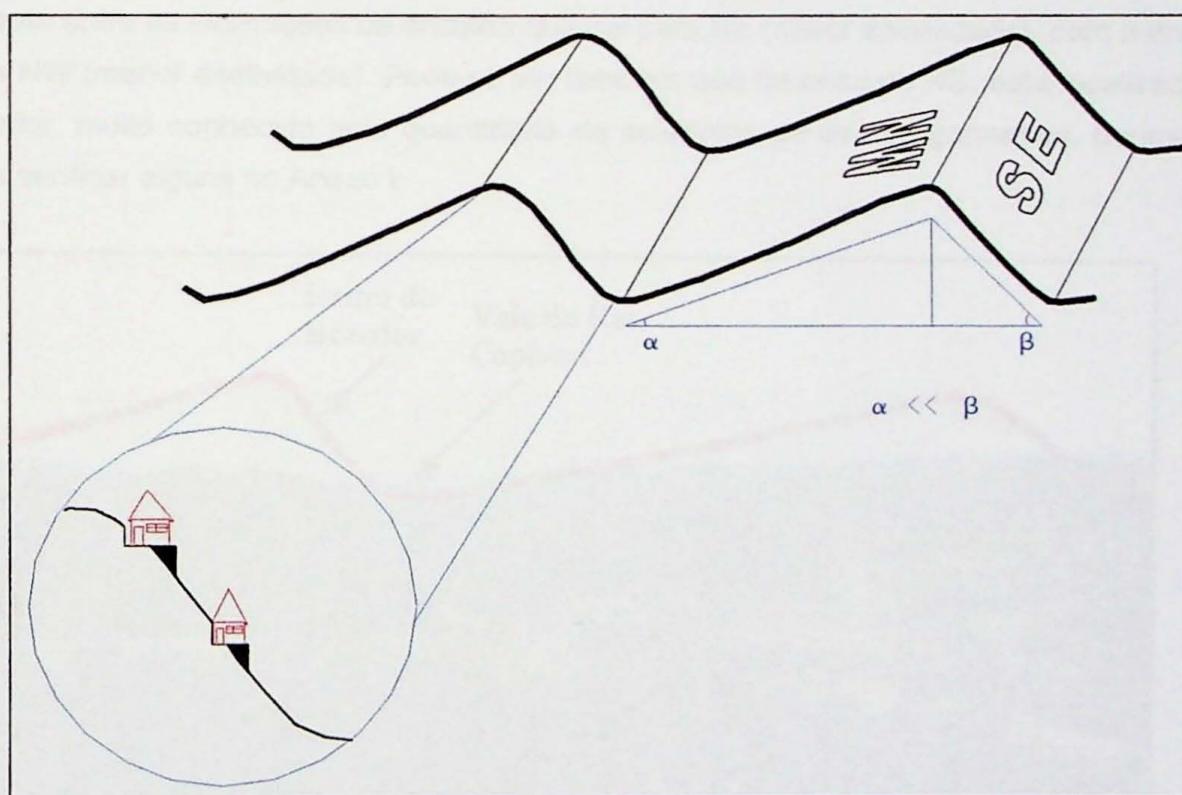


Figura 10.3.1: Configuração espacial dos morros na área urbana do município, destacando a nítida diferença de inclinação entre as encostas e mostrando no detalhe a presença de ocupações nas encostas mais inclinadas.

Uma encosta pode ser entendida como sendo uma superfície natural inclinada, porém, o grau desta inclinação é determinado por fatores geológicos, como a presença de lineamentos estruturais e diferentes tipos de litologias.

Para a definição do modelo geológico que trata de escorregamentos em encostas íngremes na cidade de Campos do Jordão, foi definido que o condicionante geológico preponderante é a estruturação dos altos campos da Serra da Mantiqueira, caracterizada localmente por morros alinhados preferencialmente na direção SW-NE.

Muitas das encostas da cidade tem sofrido ocupações desordenadas, como se pode ver no detalhe da Figura 10.3.1. São em locais como esse que têm ocorrido muitas das instabilizações que resultaram em mortes. Quando as ocupações se dão nessas encostas mais inclinadas, o risco de escorregamento é maior, e este risco é agravado ainda mais no período das chuvas. Dessa forma, os escorregamentos dão-se geralmente da combinação dos fatores listados acima, acrescido do condicionamento geológico, o qual é consequência do basculamento da serra, e se caracteriza pelos taludes serem suavizados de um lado do morro e íngremes do outro.

A Figura 10.3.2 mostra um exemplo real de encostas alinhadas com significativas diferenças de inclinação entre suas escarpas. Nesta foto, da área urbana do município, é facilmente visualizado o contraste entre as inclinações da encosta que cai para SE (maior declividade), com a encosta que cai para NW (menor declividade). Pode-se ver também que na encosta NE, esta localizado o bairro do Britador, muito conhecido pela quantidade de acidentes de escorregamentos, dentre os quais pode-se verificar alguns no Anexo I.

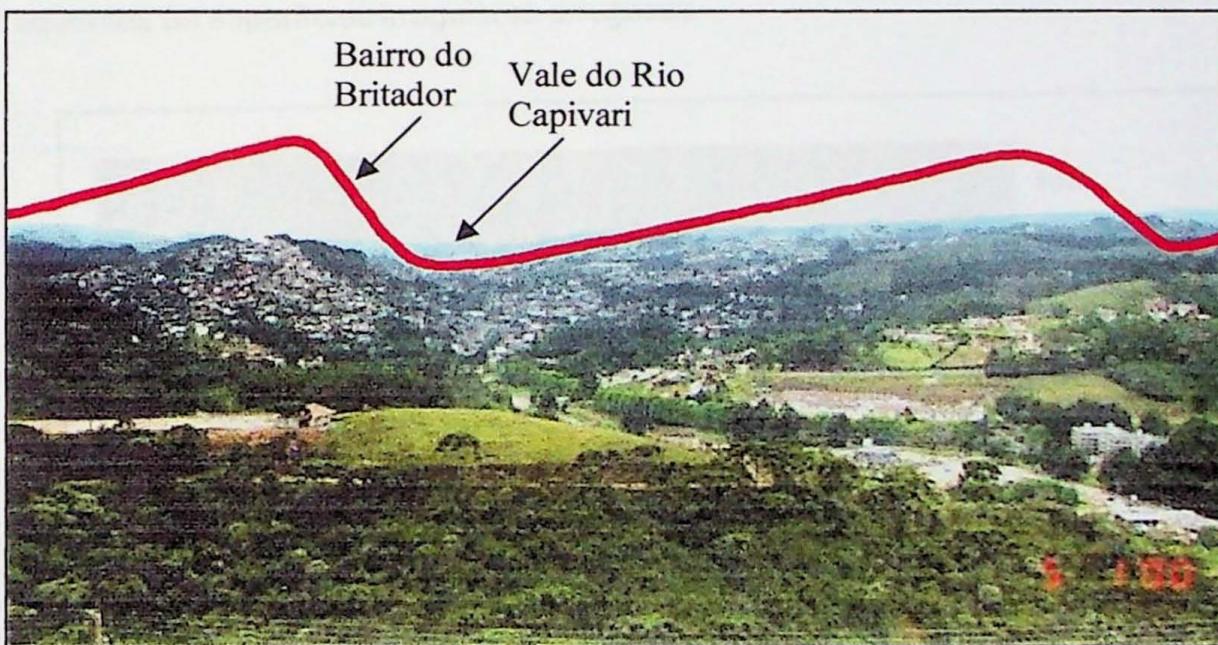


Figura 10.3.2: Diferenças de inclinação entre as encostas de um mesmo morro. Na base do morro onde se localiza o bairro do Britador, está entalhado o Rio Capivari.

Um fator de importância que foi observado localmente e exemplificado na Figura 10.3.3, é que mesmo os taludes mais íngremes podem ainda possuir maior ou menor susceptibilidade a instabilidade, em função do mergulho da xistosidade ou do bandamento do solo saprolítico, pois

quando o mergulho for perpendicular à inclinação da encosta, esta será mais estável do que quando o mergulho for preferencialmente paralelo à inclinação do terreno.

Isto pode ser facilmente concluído, ao passo que, o terreno tende a se desprender mais facilmente paralelamente à direção da xistosidade, assim como após a alteração, esta será a direção preferencial para o percolamento de água, e com isso, diminuindo a coesão entre os grãos.

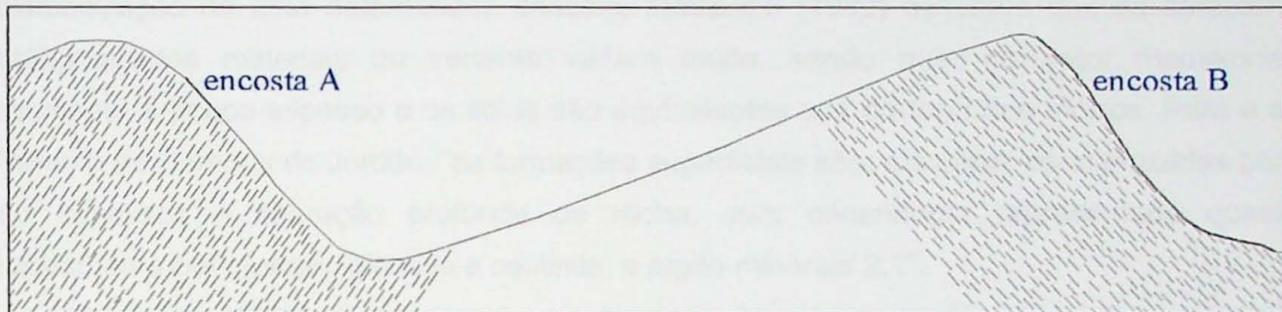


Figura 10.3.3: Encosta A: xistosidade perpendicular à declividade; encosta B: xistosidade paralela à inclinação.

Nas encostas onde o mergulho da xistosidade corresponde à sua declividade, Peloggia (1998) descreve que a superfície de ruptura será regular e definida, enquanto que no caso oposto, são freqüentes as superfícies irregulares e rugosas.



Figura 10.3.4: Exemplo de local, onde o mergulho da xistosidade é perpendicular à declividade da encosta. Situações como esta favorecem a estabilização. Na parte superior pode-se visualizar o solo no perfil de alteração.

Basicamente, as duas principais litologias encontradas na área urbana do município são rochas gnaíssicas e rochas xistosas. Nos locais onde não foram completamente alterados, os gnaisses apresentam-se na maioria das vezes milonitizado, com porções xistosas, sendo que essas porções podem ser definidas como bandamentos que não sofreram fusão. O substrato em geral constitui-se de maciços de solos residuais provenientes da rocha citada acima, sobrepostos por sedimentos coluvionares, porções de aterros das casas e aluvião na base do morro.

Considerando que a espessura do solo é um fator importante para a evolução do processo de instabilidade de uma determinada encosta, Modenesi (1980) descreve que as características morfológicas dos materiais de vertente variam muito, sendo que, no setor mamelonado, o recobrimento é pouco espesso e os solos são equivalentes aos do topo dos morros. Para a autora, no Planalto de Campos do Jordão, "as formações superficiais são, em geral, caracterizadas por solos pouco espessos e alteração profunda da rocha, com mineralogia representada quase que exclusivamente por quartzo, gibbsita e caulinita, e argilo-minerais 2:1".

Modenesi (1980), descreve que o setor mamelonado ou arredondado das vertentes e os topes dos interflúvios é recoberto por vegetação de campo. A vegetação de maior porte ocorre no setor retilíneo inferior das vertentes convexas, vertentes retilíneas e anfiteatros de erosão. Os anfiteatros de erosão são reentrâncias provocadas por consideráveis movimentos de massa. A Figura abaixo é uma ilustração desta forma de relevo.

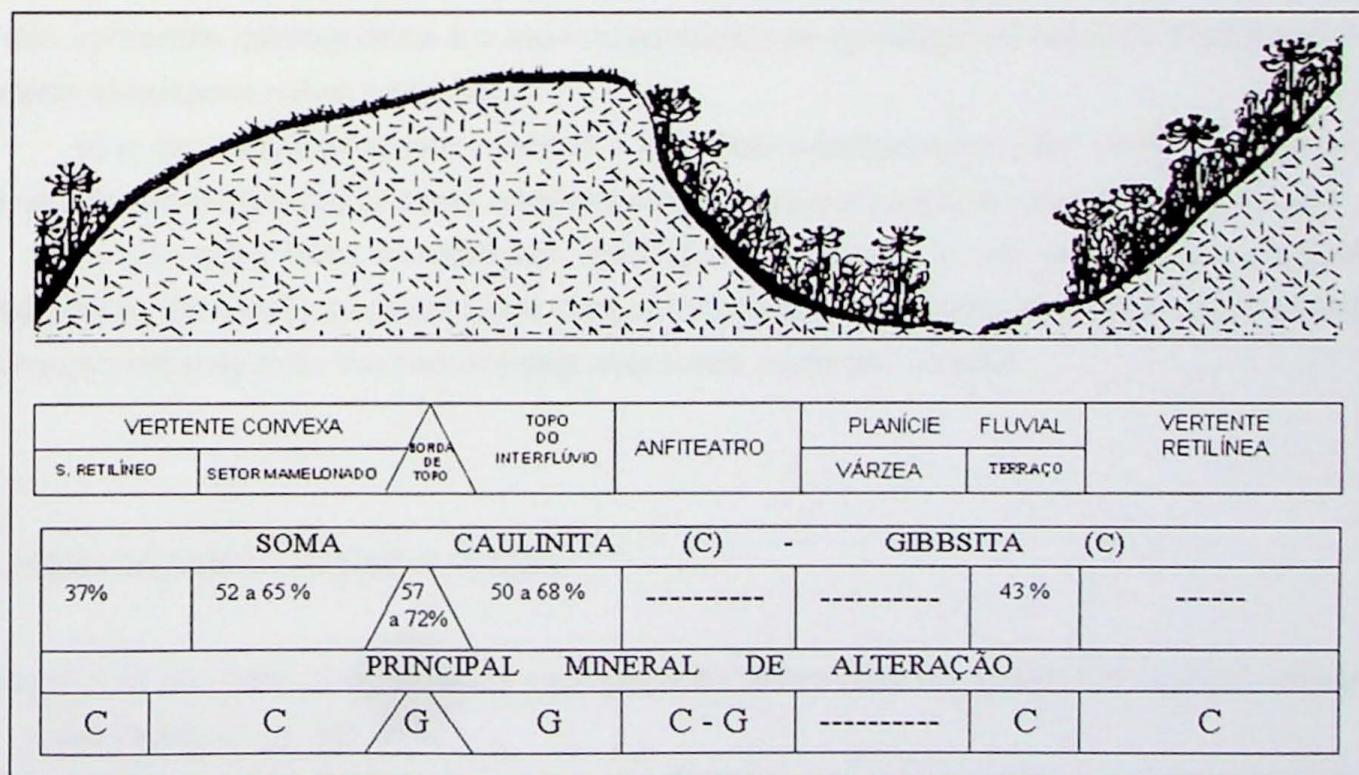


Figura 10.3.5: Perfil esquemático das formas menores do relevo na região do planalto, e correlações com a alteração das rochas (adaptado de Modenesi, 1980).

Peloggia (1998) destaca ainda que a perda do efeito de "coesão aparente" devido a pressão de sucção desenvolvida pela água intersticial é o principal fator de instabilização, associado ou não ao aparecimento de fendas de tração. Com isso, torna-se importante estabelecer a composição mineralógica da rocha, pois considerando as condições climáticas atuantes, pode-se prever os minerais que serão primeiramente remobilizados do perfil de alteração, restando os espaços vazios (poros) por onde a água poderá percolar.

O modelo geológico de escorregamento ora tratado foi definido na área urbana do município e é aplicado nas encostas mais inclinadas dos morros - igual ou superior a 30°, podendo ser aplicado nos bairros do Britador, Vila Albertina, Vila Santo Antônio, Vila Nadir, Vila Sodipe e Vila Paulista Popular; onde a ação antrópica, através da ocupação desordenada nos morros é o agente determinante dos escorregamentos, mascarando os condicionantes geológicos.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação às três tipologias de escorregamentos analisados pode-se fazer as seguintes afirmações:

a) nos escorregamentos envolvendo a camada de argila orgânica, a sua presença enquanto um dos horizontes estratigráficos é o aspecto geológico de destaque em rupturas envolvendo cortes de aterro assentados sobre a mesma;

b) o arcabouço geológico / tectônico se reflete principalmente nos maciços rochosos, que quando afloram em taludes de corte, condicionam processos de rupturas de corpos rochosos; e

c) por outro lado, o arcabouço geológico / estrutural é um dos fatores principais no modelamento do relevo, pano de fundo para a formação de encostas íngremes, onde ocorrem os escorregamentos de solo, mascarados pela acentuada ocupação urbana.

12. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Almeida, F.F.M. de. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*. 41: p. 167-273.

Almeida, F.F.M. de. 1964. *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 241, 36 p.

- Amaral, S.E.; Fuck, G.F. 1973. Sobre o deslizamento de turfosa ocorrido em Campos do Jordão, São Paulo em agosto de 1972. *Boletim IG*. 4: p. 21-37.
- Augusto, O.F. 1995. Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle. *Curso de Geologia aplicada ao meio Ambiente*. São Paulo. ABGE/DIGEO – IPT. p. 77–100
- Bistrichi, C.A.; Carneiro, C.D.R.; Dantas, A.S.L.; Ponçano, W.L.; Campanha, G.A.C.; Nagata, N.; Almeira, M.A. de; Stein, D.P.; Melo, M. S. de; Cremonini, O.A. 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000, volume 1.
- Carregã, D.L. 1994. *Estudo de movimentação de taludes aplicado ao perfil de intemperismo desenvolvido em ambientes tropicais*. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 278 p.
- Cerri, L.E.S. 1993. *Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes*. Instituto de Geociências, UNESP, Rio Claro, Tese de Doutoramento, 197 p.
- Fundação Instituto de Geotécnica - GEO RIO. 2000. Manual Técnico de Encostas: Analises e Investigações, v. 1, 2º ed. Rio de Janeiro. 243 p.
- Guidicini, G.; Nieble, C.M. 1978. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo Edgar Blucher, Editora da Universidade de São Paulo, 180 p.
- Hassui, Y.; Ponçano, W.L.; Bistrichi, C.A.; Stein, D.P.; Galvão, C.A.C.F.; Gimenez, A.F.; Almeida, M.A. de; Pires Neto, A.G.; Melo, M.S. de; Santos, M.C.S.R. dos. 1978. *Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 78 p.
- Hiruma, S.T. 1999. *Neotectônica do Planalto de Campos do Jordão, SP*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 102 p.
- Hiruma, S.T.; Riccomini, C.; Modenesi, M.C. 2001. Neotectônica do Planalto de Campos do Jordão, SP. São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, 31 (3): p. 375-384
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 1978. *Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo*. IPT-DMGA, São Paulo, Monografias (1), 78 p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT 1981 Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000 São Paulo. FFLCH – USP/IPT/FAPESP.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 1991. Manual: Ocupação de encostas. CAGE Publicações. São Paulo. Coord. Cunha, M.A. 216 p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 2000. *Cadastro e zoneamento de risco e avaliação preliminar dos custos de intervenções, para a recuperação das encostas e regularização da ocupação urbana, nas áreas de risco de escorregamentos no Município de Campos do Jordão*. Coord. Ogura A.T., Parecer Técnico nº 7653 Digeo/Agama São Paulo 34 p.

- Modenesi, M.C. 1980. Intemperismo e morfogênese no Planalto de Campos do Jordão, São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, 10 (3): p. 213-225
- Modenesi M.C. 1988. Significado dos depósitos correlativos quaternários em Campos do Jordão - São Paulo: implicações paleoclimáticas e paleoecológicas. *Bol. Inst. Geol.* 7 (1988), pp. 1-155 São Paulo .
- Modenesi, M.C.; Hiruma, S.T.; Riccomini, C. 1997. Morfotectônica dos altos Campos de São Francisco (Planalto de Campos do Jordão - SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, Penedo RJ. Atas, SBG/ABGE, p. 77 - 79.
- Modenesi, M.C.; Hiruma, S.T.; Riccomini, C. 1997. Morfotectônica dos altos Campos de São Francisco (Planalto de Campos do Jordão - SP). In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 5, Penedo, RJ. Atas, SBG/ABGE, p. 77 - 79.
- Modenesi, M.C.; Hiruma, S.T.; Riccomini, C. 2002. *Morphotectonic of a high plateau on the northwestern flank of the Continental Rift southeastern Brazil*. Geomorfology. Elsevier Science B. V. Vol 43, Issues 3-4 p. 257-271.
- Moraes, S.M.; Dehler, N.M.; Rodrigues, J.B.; Sachs, L.L.B. 1999 Carta geológica-Folha Guaratinguetá (SF 23-Y-B), 1:250,000, Programa Levantamentos Básicos do Brasil, CPRM, São Paulo.
- Peloggia, A.U.G. et al. Roteiro de Excursão. Riscos geológicos e geotécnicos em áreas de precária ocupação urbana no Município de São Paulo XXXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. São Paulo. 1992. 24 p.
- 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 p. 125 – 129.
- Peloggia, A.U.G. 1998. *O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação no Município de São Paulo*. São Paulo, ed. Xamã 271 p.
- Riccomini, C. 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências – USP, 256 p.
- Riccomini, C.; Hiruma, S.T. Reativação holocênica de zonas de cizalhamento proterozóicas do sudeste do Brasil anais XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA – Núcleo Nordeste SBG João Pessoa 15 1 20 de set 2002 p. 365.
- Ross, L.L.S.; Moroz, I.C. 1997, *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000*. São Paulo FFLCH – USP/IPT/FAPESP 2v.
- Saadi, A. 1991. Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intra-placa, descontinuidades crustais e morfogênese. Tese para o cargo de Professor Titular – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências – UFMG, Belo Horizonte, 285 p.

- Santoro, E. 1998. Evolução Geológica do Pré-Cambriano da região de Santo Antonio do Pinhal, SP: importância tectônica das zonas de cisalhamento. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências – USP, 153 p.
- Santos, H.M.V. 1997. *Reurbanização do bairro do britador em Campos do Jordão*. Universidade de Taubaté, Taubaté, Trabalho de Graduação Individual 42 p.
- Yoshikana, N.K. 1997. Nova metodologia de avaliação de encostas rochosas. Tese de doutoramento, Escola Politécnica – USP, 268 p.

ANEXO I

Fotografias ilustrativas da dimensão das perdas causadas pelos escorregamentos em Campos do Jordão
(Fonte: IPT)



Foto 1: Escorregamento ocorrido no bairro Santo Antônio.



Foto 2: Escorregamento ocorrido no bairro do Britador.

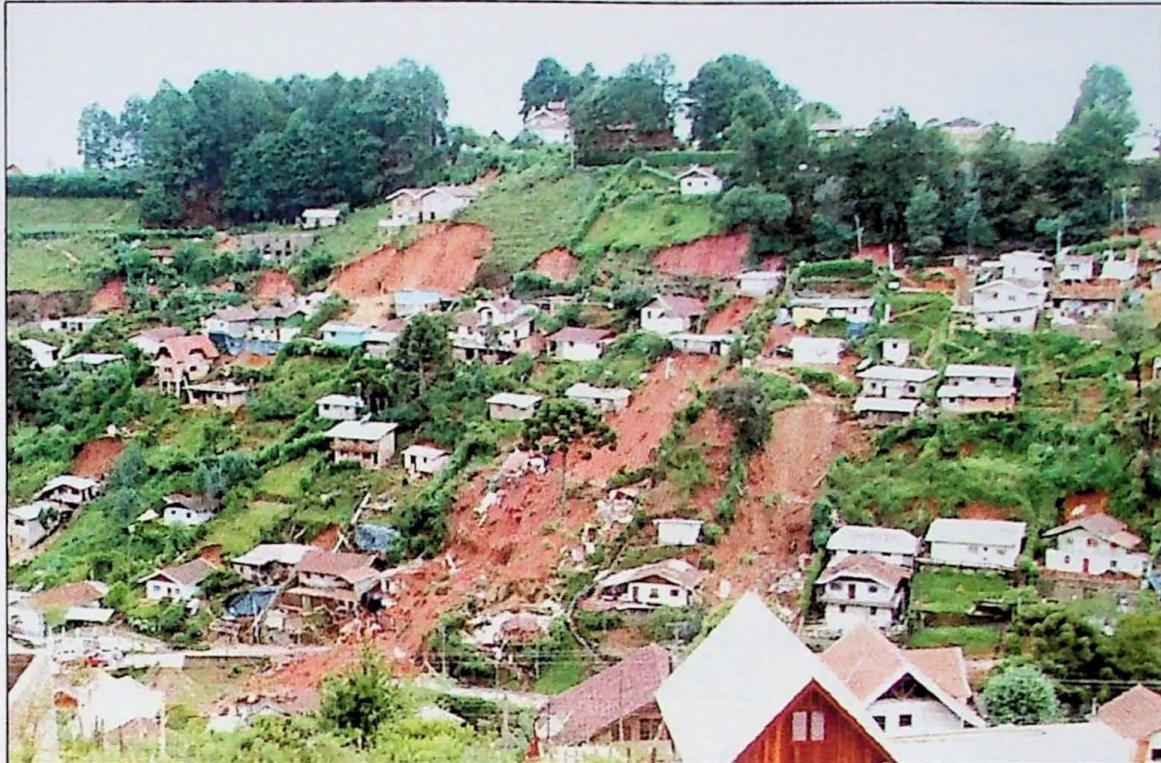


Foto 3: Escorregamento ocorrido no bairro de Vila Nadir.

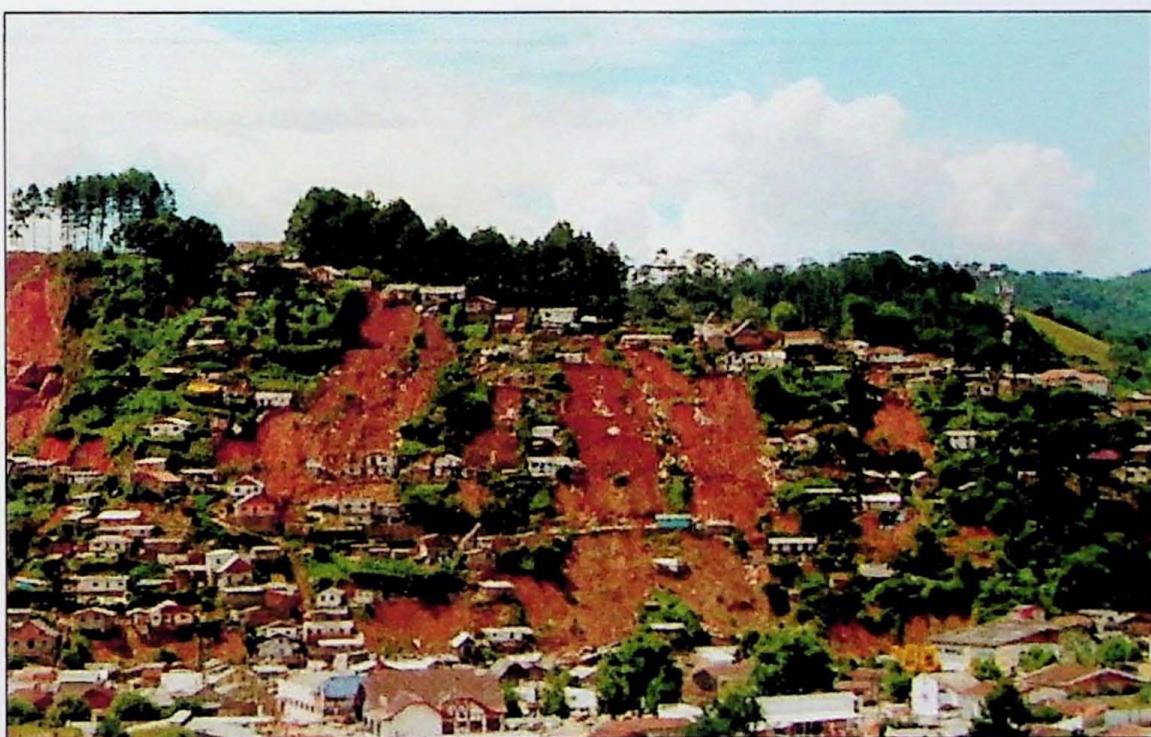


Foto 4: Evento de escorregamento, com grandes proporções ocorrido no bairro do Britador.

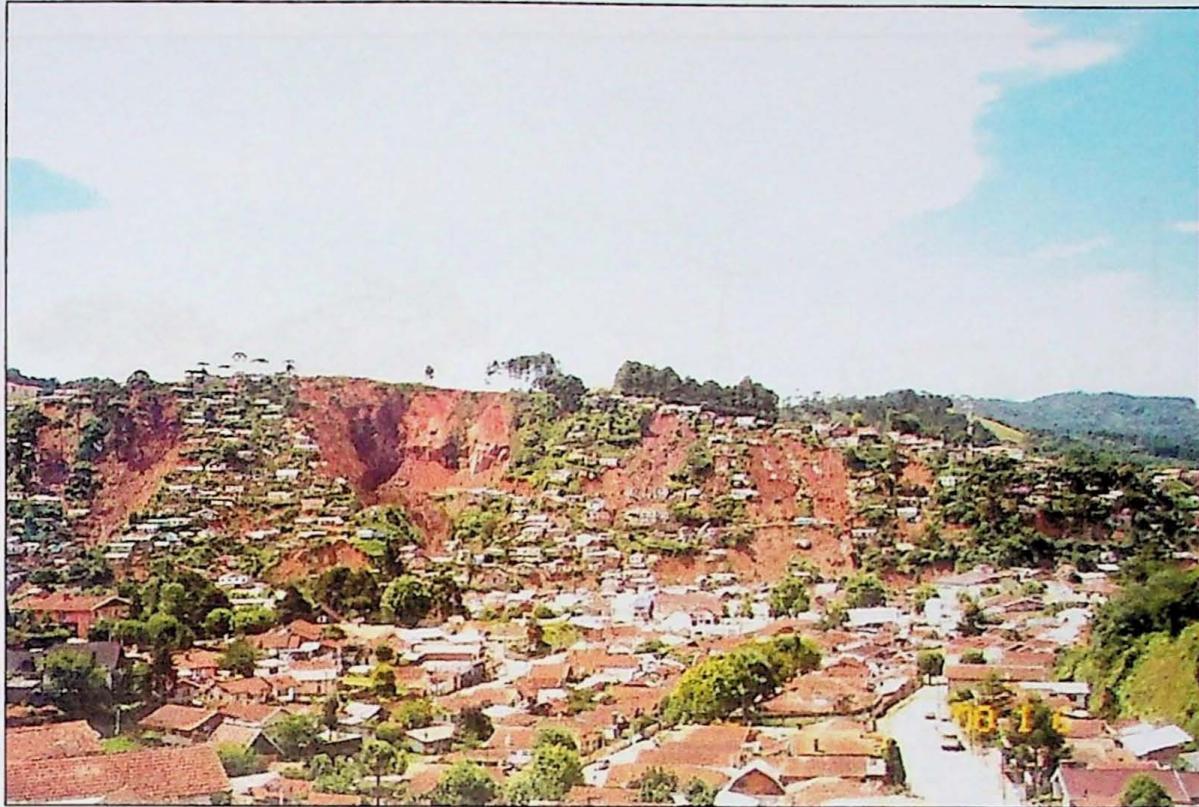


Foto 5: Bairro do Britador ao fundo muito atingido por seqüência de escorregamentos.

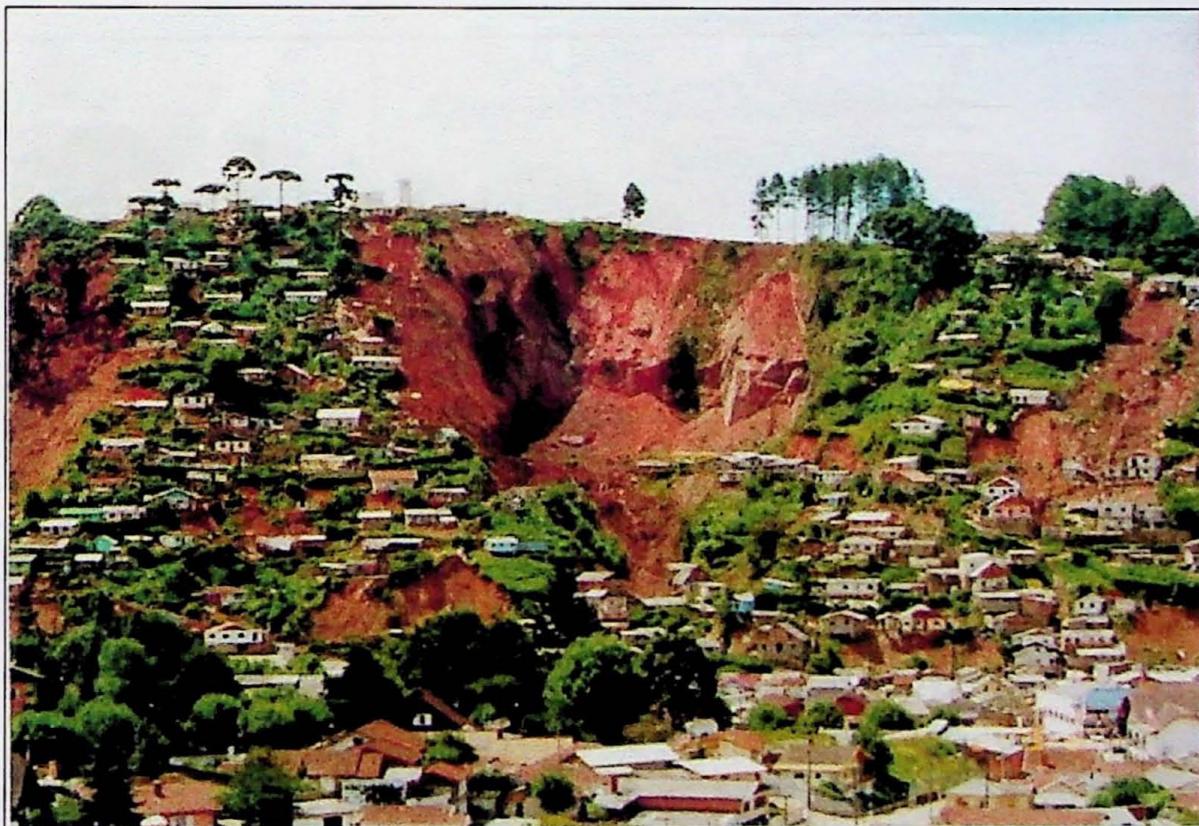


Foto 6: Detalhe da foto anterior, mostrando a magnitude dos danos causados pelo evento de escorregamento.



Foto 7: Detalhe do topo do morro do Britador atingido por escorregamentos. Pode-se ver acima, a localização das caixas d'água da SABESP.

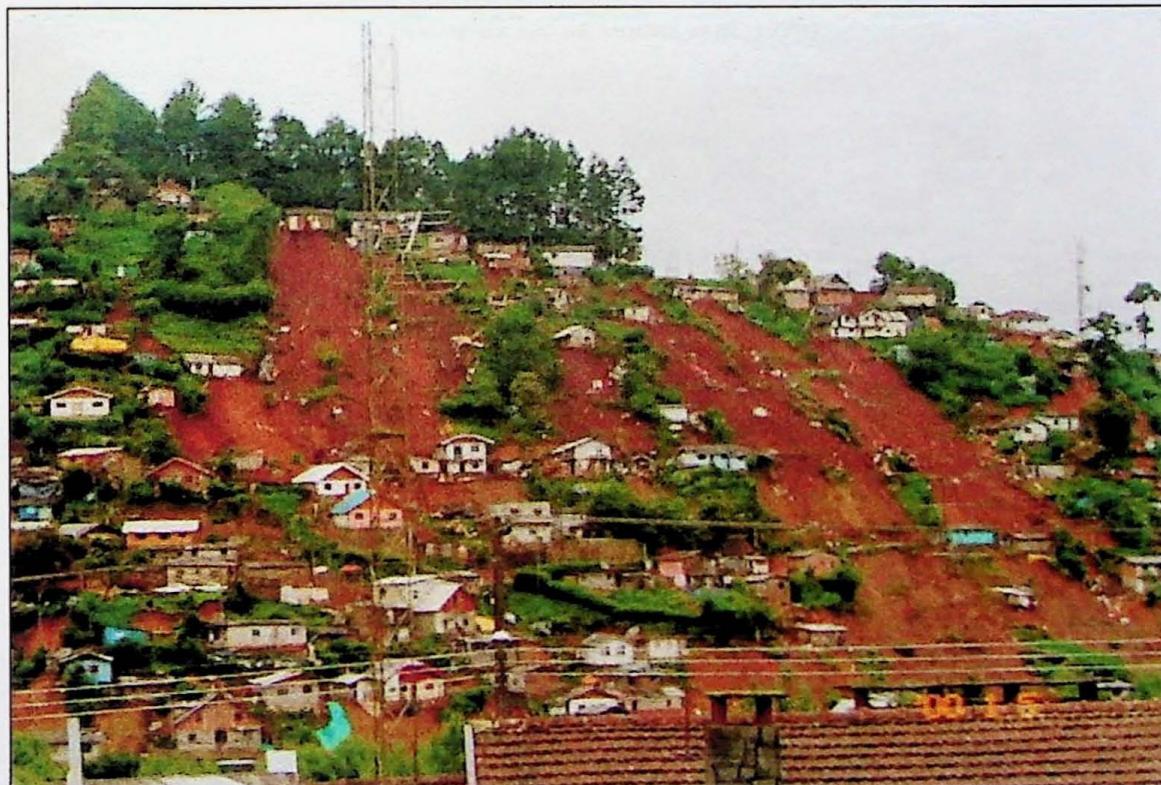
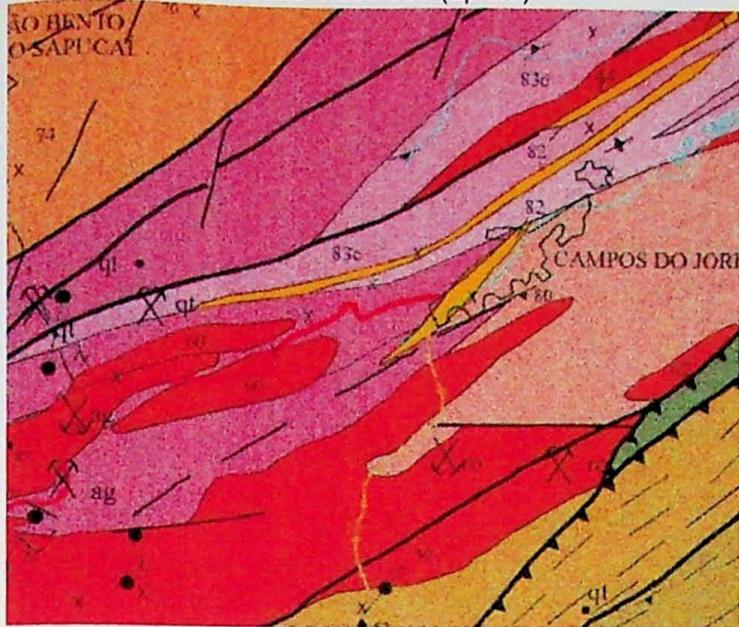


Foto 8: Vista de outro angulo do evento de escorregamento que atingiu o bairro do Britador.

ANEXO II

Mapa geológico da região de Campos do Jordão
(simplificado de Moraes *et al.* 1999)

Escala 1:250.000 (aprox.)



CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- ↗ Foliação com Mergulho Indicado
 - ↖ Foliação Subvertical
 - ↙ Falha ou Zona de Cizalhamento de Empurrao
 - ↙ Fratura ou Falha Aproximada
 - ↙ Contato
 - ↖ Fotolineamento
 - ↖ Minas Ativas
 - ↖ Minas Inativas
 - Ocorrência
- ## CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS
- Cidade
 - ↖ Drenagem

UNIDADES GEOLÓGICAS CENOZÓICO COBERTURAS CENOZÓICAS

1: Depósitos aluvionares recentes.

NEOPORTEROZÓICO-EOPALEOZOICO BACIAS MOLÁSSICAS

10: Fm. Pico de Itapeva: da base para o topo – metaconglomerados polimíticos, metarenitos arcoseanos, conglomeráticos e microconglomeráticos, metassilitos, metaquarto wakes e metalamítos.

ARQUEANO-EOPALEOZOICO DOMÍNIO EMBU

27: (Sillimanita +/- granada)-biotita gnaisses bandados, miloníticos; subordinadamente piroxênio gnaisses e anfibólio-biotita gnaisses; biotita gnaisses com intercalações de xistos feldspáticos.

28: (Granada)-biotita gnaisses porfioblásticos e migmatitos com estruturas diversas; (sillimanita)-granada-biotita gnaisses.

Intercalações de (biotita +/- granada)-hornblenda gnaisses tonalíticos, biotita anfibolitos, quartzitos e calciosilicáticas. Localmente ocorrem ortognaisses.

DOMÍNIO SOCORRO-GUAXUPÉ Rochas Ígneas

44: (Granada-turmalina)-biotita granitos (3b) a granodioritos acinzentados a levemente rosados, inequigranulares, localmente foliados.

60: Biotita granitos 3b, cinzentos a róseos, protomiloníticos a miloníticos, localmente porfiríticos (Paiol Velho).

62: Granitos Tipo Bragança Paulista (Serra Preta).

Complexo Paraisópolis

74: (Granada)-hornblenda-biotita gnaisses bandados, com magnetita, milonitizados, migmatizados, com níveis anfibolíticos e localmente de rochas ultrabásicas.

Complexo Piracaia

80: Granada-sillimanita-biotita xistos que passam a migmatitos estromáticos e intercalam, ora granada-biotita gnaisses e/ou biotita gnaisses bandados, ora quartzitos, calciosilicáticas, e subordinadamente, anfibolitos e hornblenda gnaisses.

82 (Muscovita-magnetita) quartzitos, por vezes feldspáticos, miloníticos.

83a: (Sillimanita)-biotita gneisses bandados e migmatizados com intercalações de quartzito, marmores calciosilicáticas (a); magnetita biotita gnaisse com intercalações de calciosilicática e biotita xisto (c).

83c: (Sillimanita)-biotita gnaisses bandados e migmatizados com intercalações de quartzito, marmores calciosilicáticas (a); magnetita biotita gnaisse com intercalações de calciosilicática e biotita xisto (c).

87: (Granada)-biotita gnaisses protomiloníticos, por vezes migmatizados ou porfioclásticos, com intercalações de anfibolitos e hornblenda gnaisses.

ANEXO III

Imagen de satélite da região com lineamentos observados
(Fonte: EMBRAPA – Monitoramento por Satélite)

Carta SF - 23 - Y - B - V - 2 - SE

22° 37'30"S

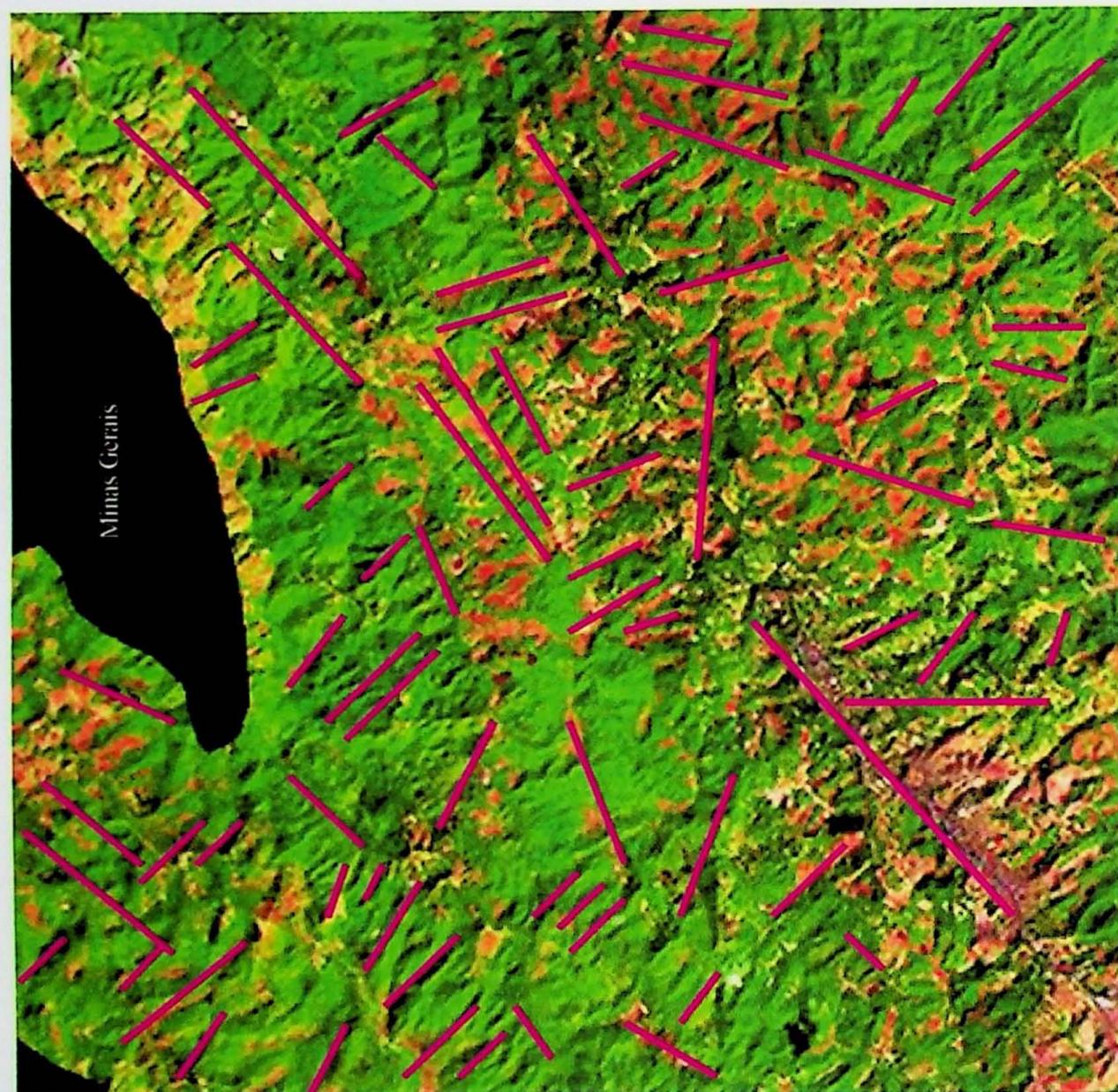


Imagen de satélite da
Região de Campos do
Jordão
Estado de São Paulo.

Articulação compatível com a
escala do IBGE (1:25.000)
(aproximada)

Principais lineamentos
observados

Fonte: Embrapa
Monitoramento por Satélite

45° 30'S

ANEXO IV

Descrição das sondagens realizadas no local de escorregamento com presença de argila orgânica
(Fonte: Estrutura - Assessoria e Planejamento)
Localização do perfil A-B



INTRODUÇÃO

Atendendo à solicitação de V.Sas., apresentamos os resultados das investigações geotécnicas levadas a efeito por **STRUTURA ASSESSORIA E PLANEJAMENTO**, para obtenção de dados necessários a elaboração de projeto de fundação.

As investigações em apreço compreendem a execução de 05 (cinco) furos de sondagem à percussão com a retirada de amostras para determinação dos horizontes geológicos e classificação segundo a resistência dos materiais, ou seja, compacidade ou consistência.

Os trabalhos de campo se desenvolveram segundo as diretrizes da Associação Brasileira de Geologia e Engenharia.

SERVIÇOS EXECUTADOS

Foram executados sondagens de reconhecimento de subsolo com retirada de amostras. Esses testemunhos contendo o perfil geológico dos furos executados foram acondicionados em recipientes apropriados e se encontram a disposição de V.Sas.. A cada cota rasa, a partir de 1,00 metro de profundidade foram realizados ensaios de resistência a penetração, utilizando-se o método STANDARD PENETRATION TEST (SPT).

AMOSTRAGEM

As amostras foram representativas dos materiais atravessados e livres de contaminação.

- amostras do barrilete amostrador (SPT)
- amostras à trado
- amostras dos avanços por lavagem

CLASSIFICAÇÃO

A classificação foi tátil-visual, permitindo apenas uma visão geral do solo amostrado.

NÍVEL DE ÁGUA

Para uma correta verificação do nível de água será necessário uma perfuração de maior diâmetro.

Essas sondagens de simples reconhecimento apesar de indispensáveis, deverão ser complementados por outros ensaios específicos para cada caso.

Sem mais para o momento, subscrevemo-nos

Atenciosamente


STRUTURA ASSESSORIA E PLANEJAMENTO

Engenheiro responsável

Alfredo Augusto de Paula Santos Vieira
CREA 0600131323

X= 986,385
Y= 1.008,193
Z= 1.495,623

SP03

SP02

X= 995,923
Y= 991,586
Z= 1.499,317

VALETA ARTIFICIAL

X= 1.019,720
Y= 989,863
Z= 1.501,788

SP04

SP05

X= 1.034,546
Y= 987,192
Z= 1.506,982

SP01

X= 997,109
Y= 971,818
Z= 1.498,809

PONTOS DE SONDAGEM
(05 PONTOS)



SIRURIA

ASSESSORIA E PLANEJAMENTO

INTERESSADO:
FEC/CETEC

Escala: S/Esc.

OBRA:
Contenção Recalque Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Data: 24/09/02

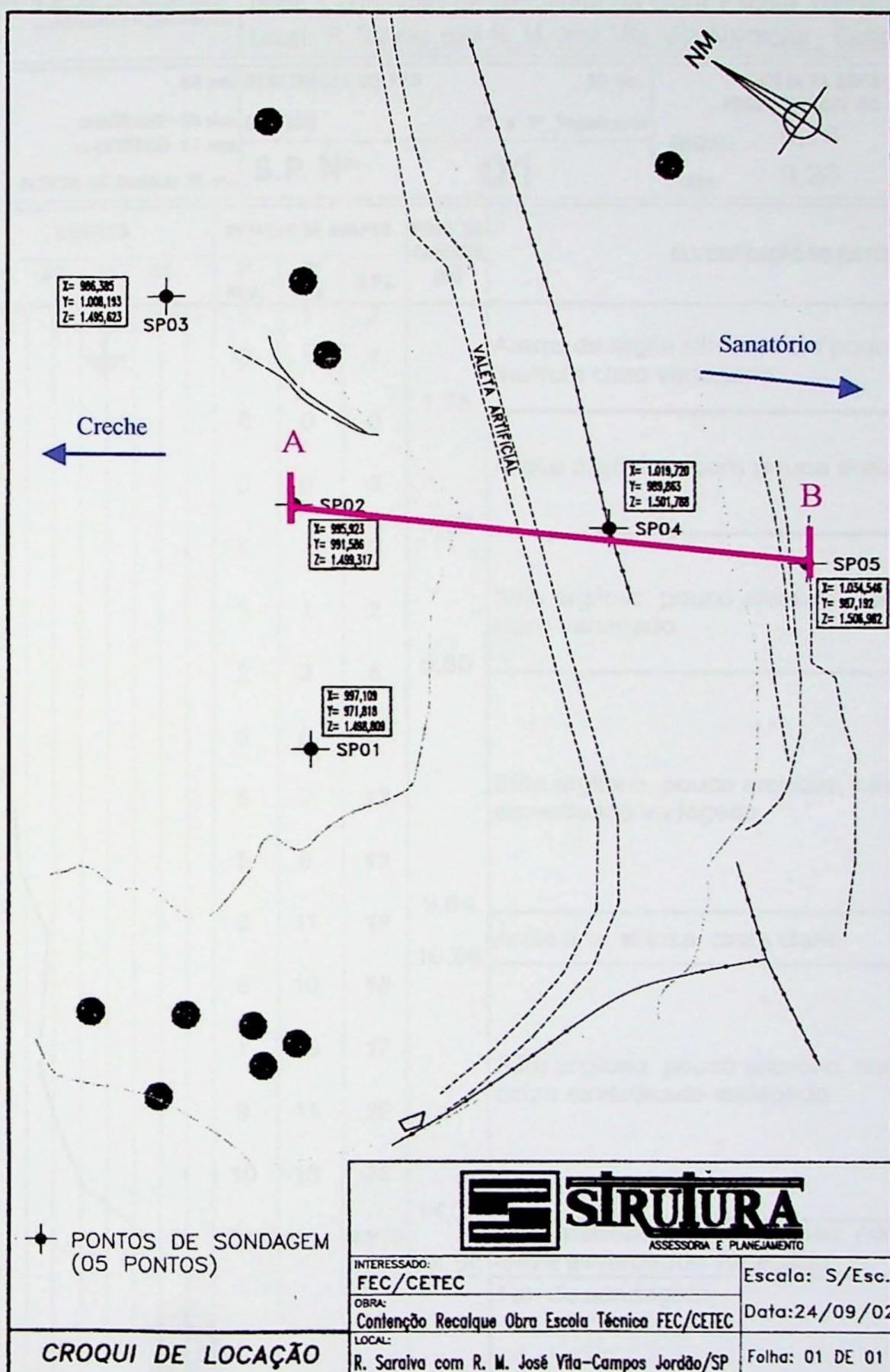
LOCAL:
R. Saraiva com R. M. José Vita-Campos Jordão/SP

Folha: 01 DE 01

CROQUI DE LOCAÇÃO

FORMATO A4

Localização do perfil A-B





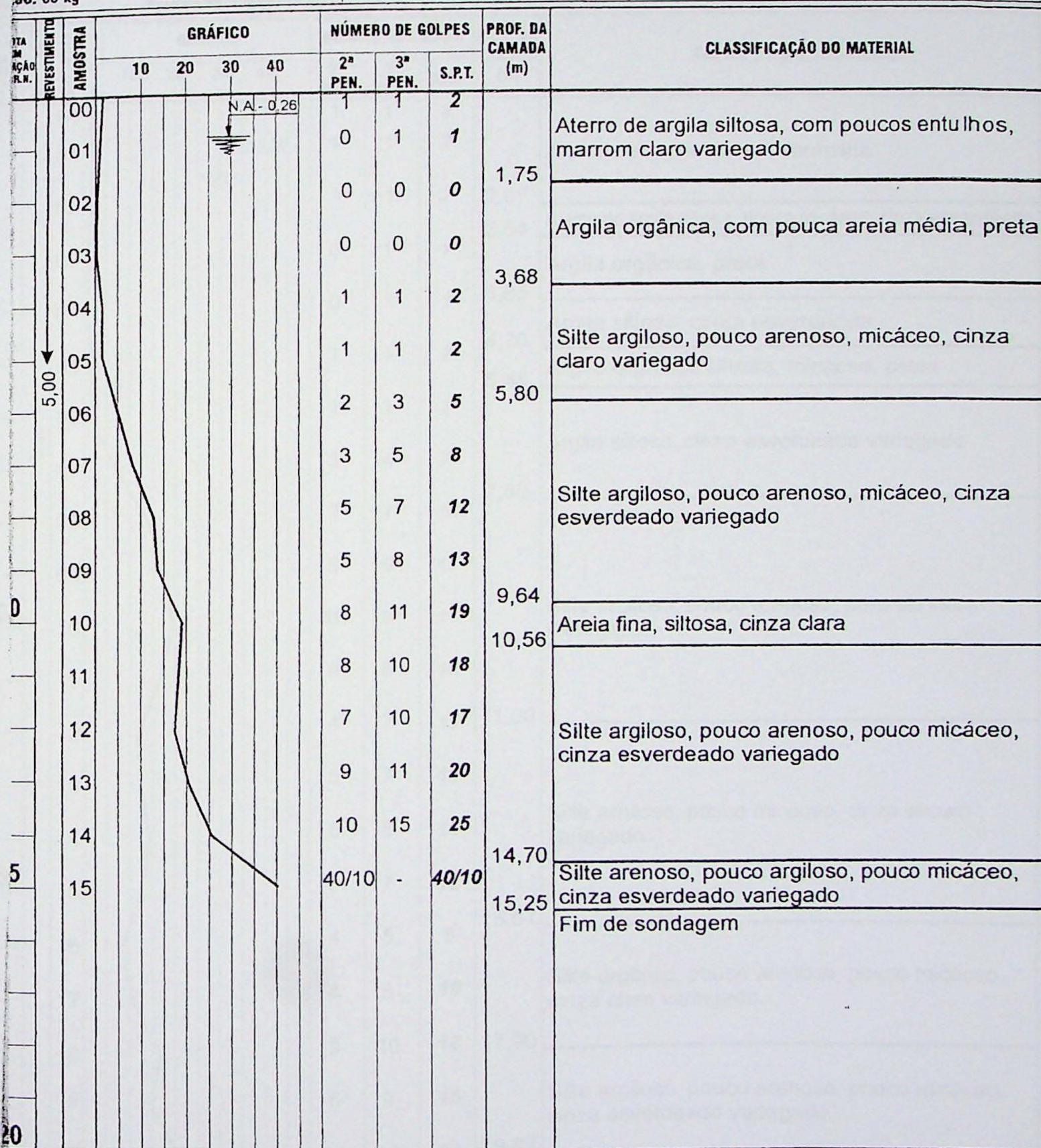
SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiya com R. M. José Vita, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

VESTIMENTO	64 mm	PENETRAÇÃO GOLPES	/ 30 cm.	COTA DA BOCA DO FURO
MOSTRADOR	Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm	GRÁFICO	2^a e 3^a Penetração	PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA
ISO: 65 kg	ALTURA DE QUEDA: 75 cm	S.P. Nº:	01	INICIAL: 0,78 16/09/02
				FINAL: 0,26 17/09/02



Observações: 0,00 a 1,75m: Aterro

1,75 a 3,68m: Sedimentos aluvionários recentes

3.68 a 15,25m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Sondador

Responsável Técnico:

Data:

Cota:

Folha

Nailzo

16/Set/2002

1,498,809

01 de 08



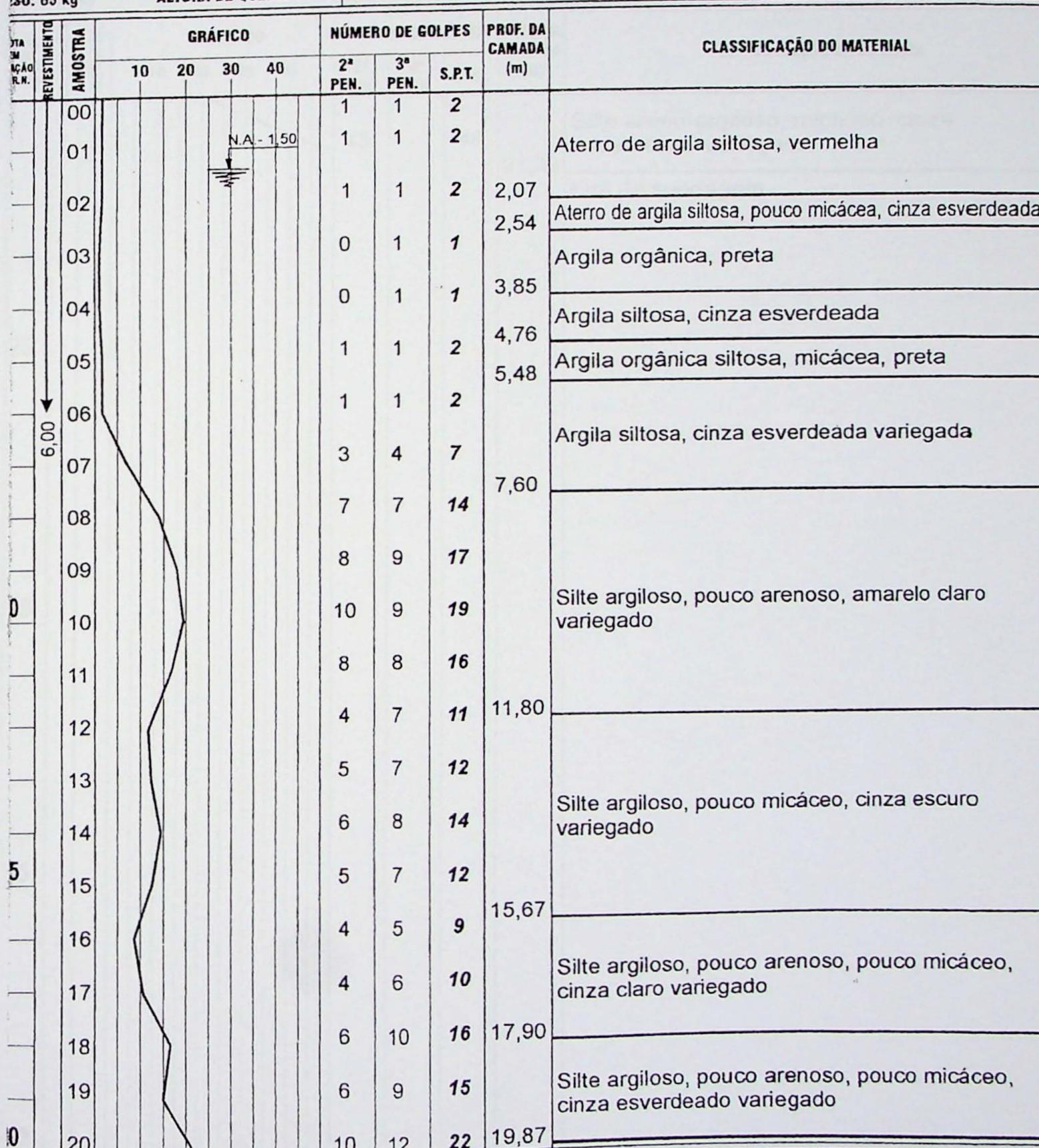
SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vila, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

REVESTIMENTO MOSTRADOR ISO: 65 kg	64 mm Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	PENETRAÇÃO GOLPES GRÁFICO S.P. Nº:	/ 30 cm. 2ª e 3ª Penetração 02	COTA DA BOCA DO FURADO PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA
				INICIAL: 1,82 16/09/02 FINAL: 1,50 17/09/02



Observações: 0,00 a 2,54m: Aterro

2,54 a 7,60m: Sedimentos aluvionários recentes

7,60 a 21,30m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Ondador:

Nailzo

Responsável Técnico:

[Signature]

Data:

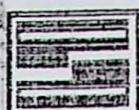
16/Set/2002

Cota:

1.499,317

Folha:

02 de 08



SIRUITURA
ASSESSORIA E PLANEJAMENTO

SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vila, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

REVESTIMENTO	64 mm	PENETRAÇÃO GOLPES	/ 30 cm.	COTA DA BOCA DO FURO
AMOSTRADOR	Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm	GRÁFICO	2 ^a e 3 ^a Penetração	PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA
PESO: 65 kg	ALTURA DE QUEDA: 75 cm	S.P. Nº:	02	INICIAL: 1,82 16/09/02 FINAL: 1,50 17/09/02

COTA EM RELAÇÃO AO P.N.	REVESTIMENTO	AMOSTRA	GRÁFICO				NÚMERO DE GOLPES	PROF. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
			10	20	30	40				
25		21					48	-	48	Silte areno-argiloso, micáceo, cinza esverdeado variegado
30										Fim de sondagem
35										
40										

Observações: 0,00 a 2,54m: Aterro

2,54 a 7,60m: Sedimentos aluvionários recentes

7,60 a 21,30m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Sondador:

Nailzo

Responsável Técnico:

Data:

16/Set/2002

Cota:

1.499,317

Folha:

03 de 08



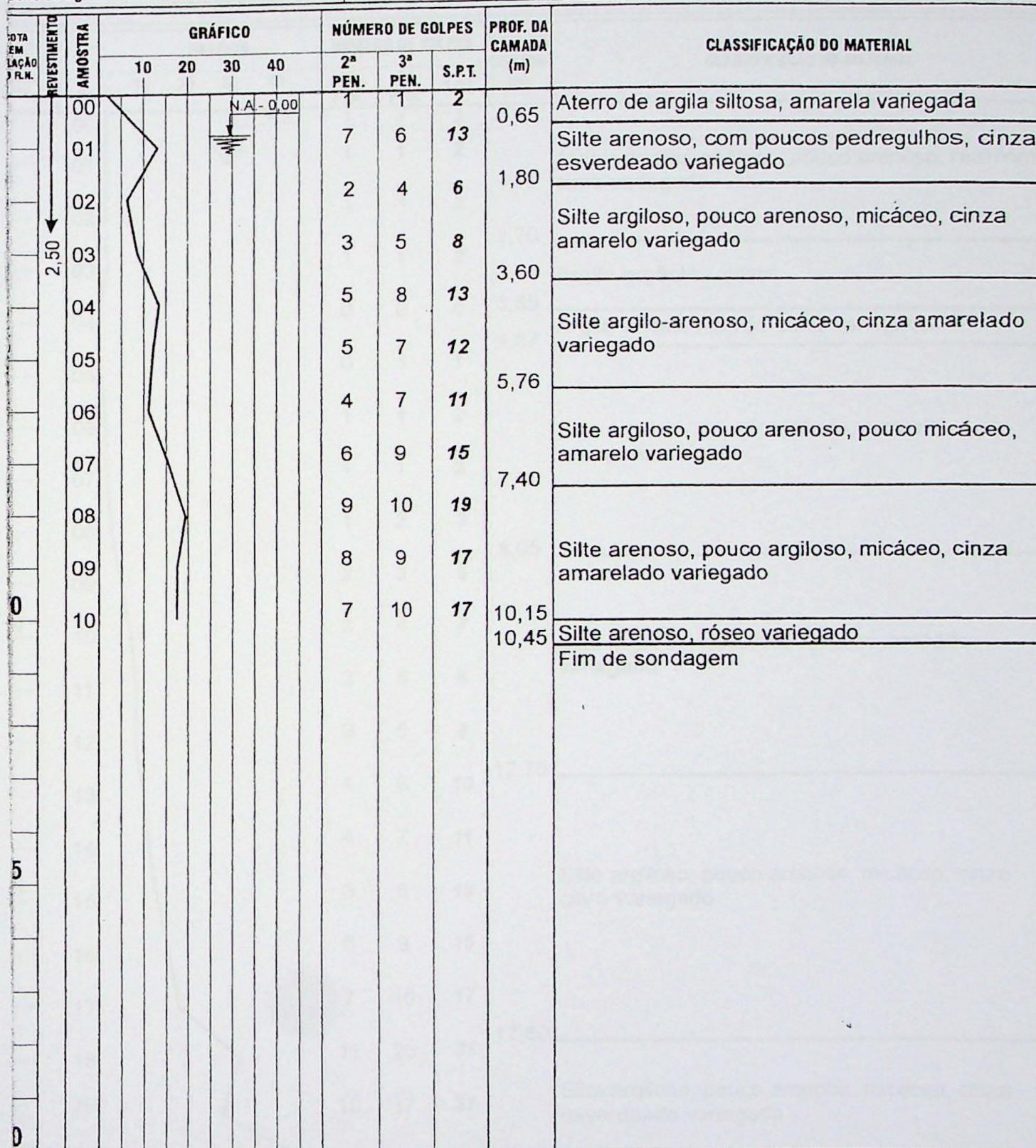
SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vila, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

EVESTIMENTO MOSTRADOR ESO: 65 kg	64 mm Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	PENETRAÇÃO GOLPES GRÁFICO S.P. Nº:	/ 30 cm. 2ª e 3ª Penetração 03	COTA DA BOCA DO FURO PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA INICIAL: 0,61 FINAL: 0,00 17/09/02 18/09/02
--	---	--	--------------------------------------	---



Observações: 0,00 a 0,65m: Aterro
0,65 a 10,45m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Condutor: Nailzo	Responsável Técnico:	Data: 17/Set/2002	Cota: 1.495,623	Folha: 04 de 08
------------------	----------------------	-------------------	-----------------	-----------------

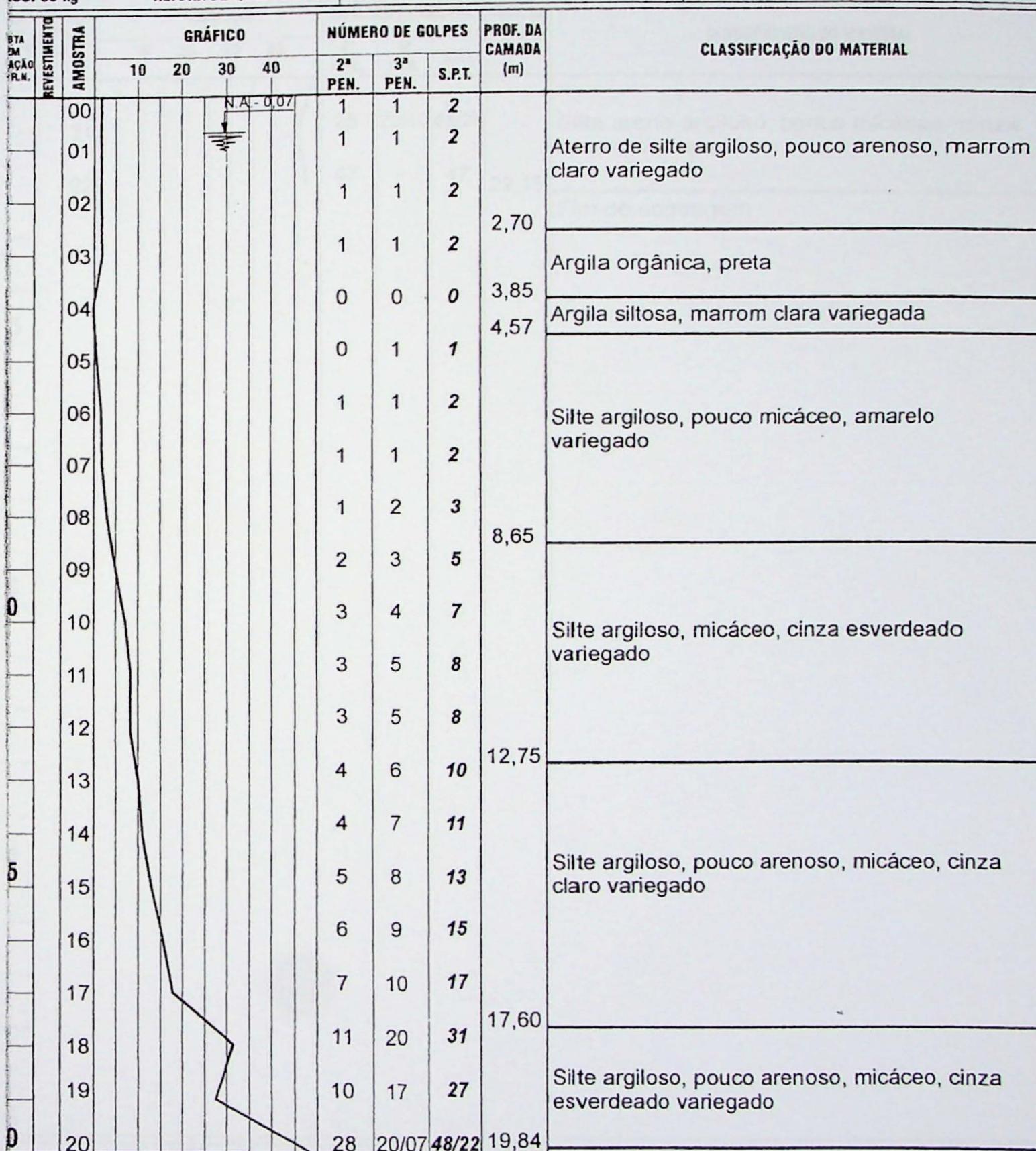
SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vila, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

REVESTIMENTO MOSTRADOR ESO: 65 kg	64 mm Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	PENETRAÇÃO GOLPES GRÁFICO S.P. Nº:	/ 30 cm. 2ª e 3ª Penetração 04	COTA DA BOCA DO FURO PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA INICIAL: 0,87 FINAL: 0,07	17/09/02 18/09/02
---	---	--	--------------------------------------	---	----------------------



Observações: 0,00 a 2,70m: Aterro

2,70 a 3,85m: Sedimentos aluvionários recentes

3,85 a 22,15m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Endorador:	Responsável Técnico:	Date:	Cota:	Folha:
Nailzo		17/Set/2002	1.501,788	05 de 08



SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vila, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

REVESTIMENTO MOSTRADOR ESO: 65 kg	64 mm Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	PENETRAÇÃO GOLPES GRÁFICO S.P. Nº:	/ 30 cm. 2 ^a e 3 ^a Penetração 04	COTA DA BOCA DO FUR PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA INICIAL: 0,87 FINAL: 0,07
---	---	--	--	--

COTA EM P.M. 5 0 5 0	REVESTIMENTO AMOSTRA	GRÁFICO				NÚMERO DE GOLPES			PROF. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		10	20	30	40	2 ^a PEN.	3 ^a PEN.	S.P.T.		
	21					25	20/10	45/25		Silte arenoso-argiloso, pouco micáceo, cinza escuro variegado
	22					47	-	47	22,15	Fim de sondagem

Observações: 0,00 a 2,70m: Aterro

2,70 a 3,85m: Sedimentos aluvionários recentes

3,85 a 22,15m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Ondador:

Nailzo

Responsável Técnico:

Data:

17/Set/2002

Cota:

1.501,788

Folha:

06 de 08



ASSESSORIA E PLANEJAMENTO

SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vila, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

EVESTIMENTO MOSTRADOR ESO: 65 kg	64 mm Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	PENETRAÇÃO GOLPES GRÁFICO S.P. Nº:	/ 30 cm. 2ª e 3ª Penetração 05	COTA DA BOCA DO FURO PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA INICIAL: 4,38 FINAL: 4,10 18/09/02 19/09/02
--	---	--	--------------------------------------	---

COTA EM LAÇÃO F.R.N.	EVESTIMENTO	AMOSTRA	GRÁFICO				NÚMERO DE GOLPES			PROF. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
			10	20	30	40	2ª PEN.	3ª PEN.	S.P.T.		
0		00					1	1	2		
		01					0	1	1		
		02					0	1	1	3,65	Aterro de silte argilo-arenoso, marrom claro variegado
		03					0	1	1		
		04				N.A. - 4,10	0	0	0	5,10	Aterro de silte argiloso, vermelho
		05					1	1	2	6,37	Aterro de silte argilo-arenoso, com poucos entulhos, vermelho
		06					1	1	2	7,60	Aterro de silte argiloso, micáceo, cinza esverdeado variegado
		07					0	1	1		Argila orgânica, preta
		08					1	1	2	8,90	
		09					1	1	2		
9,50		10					1	1	2		
		11					1	1	2		Silte argiloso, micáceo, cinza esverdeado variegado
		12					2	2	4	12,76	
		13					2	2	4		
		14					2	3	5		
5		15					2	4	6		Silte argiloso, pouco arenoso, micáceo, cinza claro variegado
		16					3	4	7	16,54	
		17					2	4	6		
		18					3	4	7		Silte argiloso, pouco arenoso, micáceo, cinza esverdeado variegado
		19					4	5	9		
0		20					5	7	12		

Observações: 0,00 a 7,60m: Aterro

7,60 a 8,90m: Sedimentos aluvionários recentes

8,90 a 24,03m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Condutor:

Nailzo

Responsável Técnico:

Data:
18/Set/2002

Cota:

1.506,982

Folha:
07 de 08



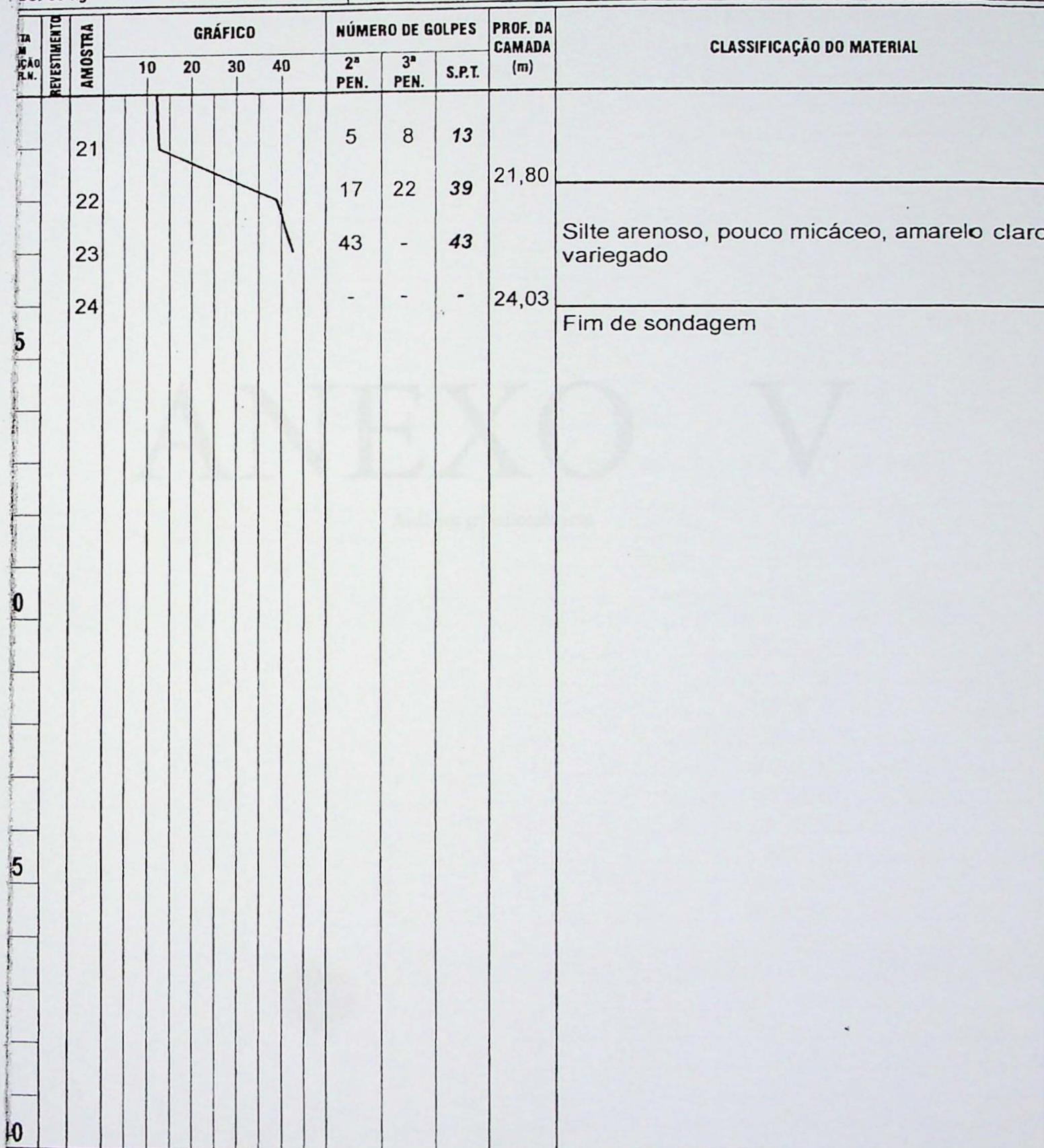
SONDAGENS DE RECONHECIMENTO - NBR 6484

Interessado: FEC/CETEC

Obra: Contenção de Recalque da Obra Escola Técnica FEC/CETEC

Local: R. Saraiva com R. M. José Vita, Vila Abernézia - Campos do Jordão/SP

VESTIMENTO MOSTRADOR SO: 65 kg	64 mm Ø INTERNO: 35 mm Ø EXTERNO: 51 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm	PENETRAÇÃO GOLPES GRÁFICO S.P. Nº:	/ 30 cm. 2ª e 3ª Penetração 05	COTA DA BOCA DO FURO PROFOUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA INICIAL: 4,38 FINAL: 4,10	18/09/02 19/09/02
--------------------------------------	---	--	--------------------------------------	---	----------------------



Observações: 0,00 a 7,60m: Aterro

7,60 a 8,90m: Sedimentos aluvionários recentes

8,90 a 24,03m: Solo de alteração do embasamento cristalino

Sondador:

Responsável Técnico:

Nailzo

Data:
18/Set/2002

Cota:
1.506,982

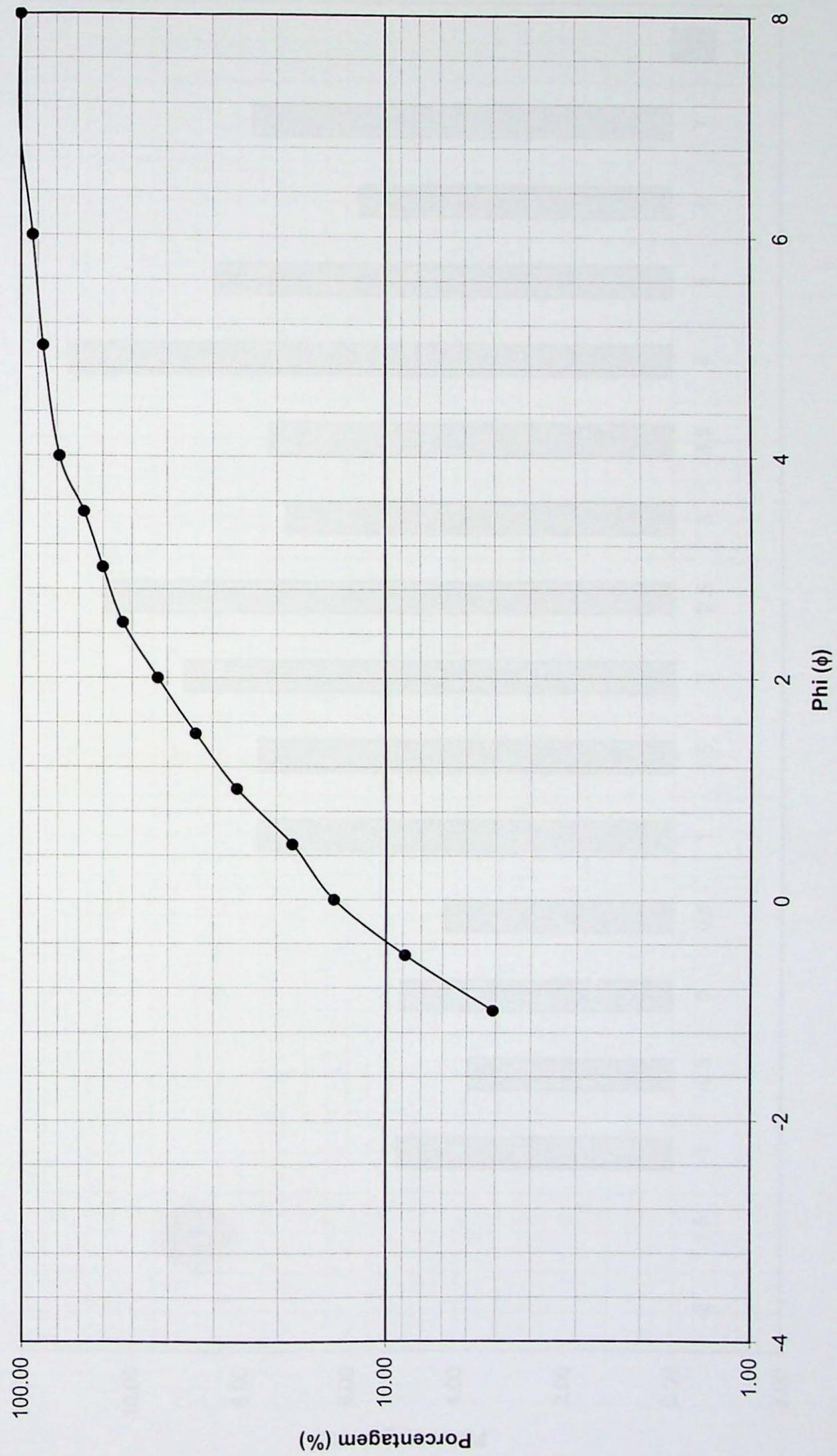
Folha:
08 de 08

ANEXO V

Análises granulométricas

IGcUSP - GSA		Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento					
Responsável: Daniel							
Projeto : Trabalho de Formatura - Escorregamentos em Campos do Jordão							
Eliminação ataque químico (g) H ₂ O ₂ a 30%							
Amostra: Argila Orgânica Preta		Massa dispersante (g)			1.00		
Antes da separação granulométrica		*Após a separação granulométrica*					
Massa total inicial - Mi (g)	60	Partículas 4,000 - 0,062 (g)			38.2268		
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)			18.4750		
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)			56.7018		
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf			1.0582		
PIPETAGEM							
Granulometria	Tempo(min:s)		M.total (g)	M. frasco (g)	M.alíquota (g)	M.suspens alíq (g)	M susp.total(g)
(mm)	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	0:29	0:58	7.9811	7.5916	0.3695	0.1274	6.3700
0,031 - 0,016	1:56	3:52	8.1175	7.8554	0.2421	0.0967	4.8350
0,016 - 0,008	7:44	15:28	8.3188	8.1534	0.1454	0.0658	3.2900
0,008 - 0,004	31:00	62:00	7.4236	7.324	0.0796	0.0884	4.4200
<0,004	123:00	246:00	8.0392	8.028	-0.0088	-0.0088	-0.4400
PENEIRAMENTO		CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA					
Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wenthwort	Krumbein (phi)	
4,000 - 2,830	0	0.00	0.00	0.00	grânulo		
2,830 - 2,000	0	0.00	0.00	0.00	grânulo		
2,000 - 1,410	2.8965	3.06	5.09	5.09	areia mt.grossa		
1,410 - 1,000	2.1478	2.27	3.77	8.86	areia mt.grossa		
1,000 - 0,707	4.1358	3.02	5.02	13.88	areia grossa		
0,707 - 0,500	2.8569	2.53	4.20	18.08	areia grossa		
0,500 - 0,354	2.3907	4.62	7.67	25.75	areia média		
0,354 - 0,250	4.365	4.62	7.67	33.41	areia média		
0,250 - 0,177	5.1478	5.45	9.04	42.45	areia fina		
0,177 - 0,125	5.968	6.32	10.48	52.94	areia fina		
0,125 - 0,088	4.0587	4.29	7.13	60.07	areia mt.fina		
0,088 - 0,062	4.2596	4.51	7.48	67.55	areia mt.fina		
<0,062* (fundo)	2.6987				silte/argila		
0,062 - 0,031	6.37	6.74	11.19	78.74	silte grosso		
0,031 - 0,016	4.835	5.12	8.49	87.23	silte médio		
0,016 - 0,008	3.29	3.48	5.78	93.01	silte fino		
0,008 - 0,004	4.42	4.68	7.76	100.77	silte mt. fino		
<0,004	-0.44	-0.47	-0.77	100.00	argila		
Total	56.7018	60.24	100.00				

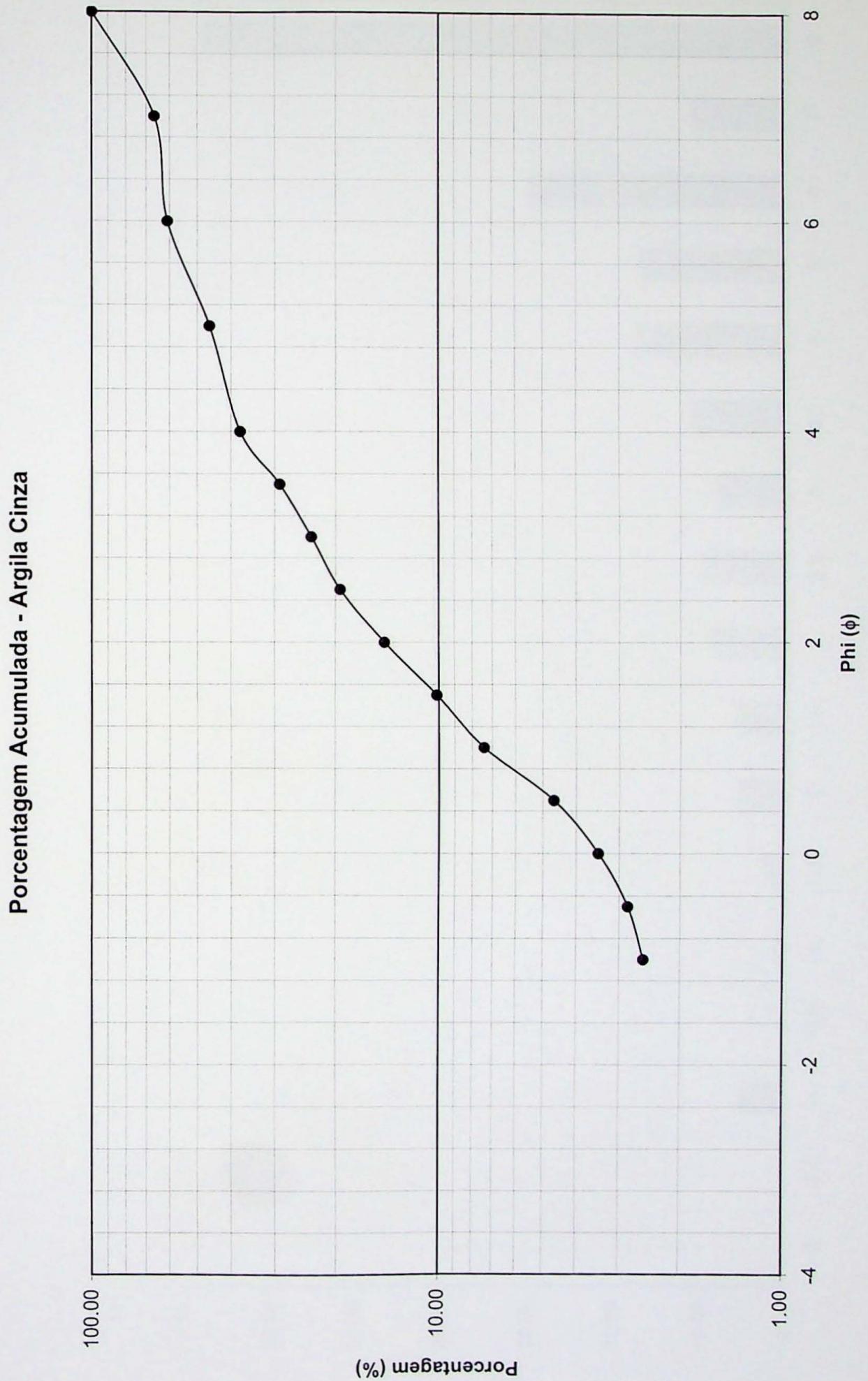
Porcentagem Acumulada - Argila Orgânica Preta



Análise Granulométrica - Argila Orgânica Preta



IGcUSP - GSA		Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento					
Responsável: Daniel Barel Filho							
Projeto : Trabalho de Formatura - Escorregamentos em Campos do Jordão							
Eliminação ataque químico (g) H ₂ O ₂ a 30%							
Amostra: Argila Cinza		Massa dispersante (g)			1.00		
Antes da separação granulométrica		*Após a separação granulométrica*					
Massa total inicial - Mi (g)	60	Partículas 4,000 - 0,062 (g)			16.3709		
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)			43.2700		
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)			59.6409		
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção Mi/Mf			1.0060		
PIPETAGEM							
Granulometria	Tempo(min:s)		M.total (g)	M. frasco (g)	M.alíquota (g)	M.suspens alíq (g)	M susp.total(g)
(mm)	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062 - 0,031	0:29	0:58	9.1607	8.2753	0.8654	0.1050	5.2500
0,031 - 0,016	1:56	3:52	10.5007	9.7203	0.7604	0.1031	5.1550
0,016 - 0,008	7:44	15:28	11.1513	10.474	0.6573	0.1799	8.9950
0,008 - 0,004	31:00	62:00	7.937	7.4396	0.4774	0.0667	3.3350
<0,004	123:00	246:00	8.0984	7.6677	0.4107	0.4107	20.5350
PENEIRAMENTO		CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA					
Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wenthwort	Krumbein (phi)	
4,000 - 2,830	0	0.00	0.00	0.00	grânulo		
2,830 - 2,000	0	0.00	0.00	0.00	grânulo		
2,000 - 1,410	1.556	1.57	2.55	2.55	areia mt.grossa		
1,410 - 1,000	0.1706	0.17	0.28	2.83	areia mt.grossa		
1,000 - 0,707	0.3723	0.38	0.61	3.45	areia grossa		
0,707 - 0,500	0.3739	0.73	1.19	4.64	areia grossa		
0,500 - 0,354	0.7259	1.68	2.74	7.38	areia média		
0,354 - 0,250	1.672	1.68	2.74	10.13	areia média		
0,250 - 0,177	2.5922	2.61	4.25	14.38	areia fina		
0,177 - 0,125	3.0439	3.06	4.99	19.37	areia fina		
0,125 - 0,088	2.5133	2.53	4.12	23.50	areia mt.fina		
0,088 - 0,062	3.3508	3.37	5.50	29.00	areia mt.fina		
<0,062* (fundo)	2.3229				silte/argila		
0,062 - 0,031	5.25	5.28	8.61	37.61	silte grosso		
0,031 - 0,016	5.155	5.19	8.46	46.07	silte médio		
0,016 - 0,008	8.995	9.05	14.76	60.83	silte fino		
0,008 - 0,004	3.335	3.36	5.47	66.30	silte mt. fino		
<0,004	20.535	20.66	33.70	100.00	argila		
Total	59.6409	61.31	100.00				



Análise Granulométrica - Argila Cinza -

