

Trabalho de Formatura
Curso de Graduação em Geologia

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO NA RODOVIA AMPARO – MORUNGABA
(SP-360)**

Bruno Masetti Ruivo

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)

2011

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro (SP)

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO NA RODOVIA
AMPARO - MORUNGABA (SP-360)**

BRUNO MASETTI RUIVO

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

“Relatório Final apresentado à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2011”

Rio Claro – SP
2011

624.151 Ruivo, Bruno Masetti
R934m Mapeamento geológico-geotécnico na rodovia Amparo-Morungaba /
Bruno Masetti Ruivo. - Rio Claro : [s.n.], 2011
47 f. : il., figs., quadros, fots., mapas + mapa

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geologia) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: José Eduardo Zaine

1. Geologia de engenharia. 2. Unidades geológicas-geotécnicas. 3.
imagens do Google Earth. 4. Rodovia SP-360. 5. Processos geológicos. 6.
Medidas corretivas. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

BRUNO MASETTI RUIVO

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO NA RODOVIA
AMPARO - MORUNGABA (SP-360).**

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Eduardo Zaine (orientador)

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Ms. Thais Minatel Tinós

Rio Claro, 24 de novembro de 2011.

Bruno Masetti Ruivo

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Dedico este trabalho:

Ao meus pais

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. José Eduardo Zaine pela orientação, apoio e dedicação ao longo do ano de 2011 para a realização deste trabalho, e para sua orientada Sabrina pela ajuda com as folhas.

Aos meus pais e familiares mais próximas pela total ajuda, carinho e suporte ao longo desses anos na graduação.

A todos outros professores da Geologia na UNESP, e funcionários que foram fundamentais para todo o aprendizado adquirido ao longo do curso.

A Sara Marques Putrino pela ajuda na pedologia, paciência, determinação e confiança.

Aos amigos que fiz nesses anos dentro da universidade, em especial Flávio de Paula e Silva (Filé), Conrado Rizzo Freschi, Rafael Sargentini, Débora, Matheus Roldan (Limer), Caio Sérgio (Boca), Caio César (Pato), Marccelo Gutierrez (Pança), Pedro Luiz, Basílio, Marcos Tagliati, Sarita, Celine.

RESUMO

O trabalho realizado retrata o estudo das características geológico-geotécnicas presentes, análise dos componentes do meio físico e avaliação das unidades, ao longo e em faixa marginal, da Rodovia Amparo-Morungaba (SP-360) para a produção de um mapa geológico-geotécnico na escala de 1:25.000 (um dos objetivos do trabalho). Também houve uma avaliação geotécnica dos processos geológicos presentes e a elaboração de medidas corretivas necessárias para estabelecer condições seguras para o tráfego rodoviário. O método para a caracterização geológico-geotécnica foi a análise integrada dos componentes do meio físico, associada a realização da fotointerpretação pelas imagens aéreas do Google Earth (outro objetivo do trabalho) ao longo da rodovia. Além disso, foram feitos trabalhos de campo que ajudaram na divisão e setorização das unidades geológico-geotécnicas e também foram feitos perfis de alteração específicos de cada uma delas. Os resultados finais foram o mapa citado acima e a descrição detalhada de cada uma das seis unidades geológico-geotécnica, as avaliações geotécnicas dos processos geológicos presentes no terreno e as medidas corretivas necessária. Houve sucesso na realização da fotointerpretação pelas imagens aéreas do Google Earth, pela obtenção de estereoscopia.

Palavras-chave: Unidades geológicos-geotécnicas, imagens do Google earth, Rodovia SP-360, medidas corretivas e processos geológicos.

ABSTRACT

The work depicts the study of geological and geotechnical characteristics presents, together with an analysis of the physical environment components and evaluation of its units, along a marginal stretch at Rodovia Amparo-Morungaba (SP-360) in order to present a geological and geotechnical map, 1:25.000 scale (one of the objectives of the work). There was also a geotechnical assessment of the present geological processes and the development of corrective measures necessary to establish safe conditions for road traffic. The method for the characterization of geological and geotechnical analysis was integrated the physical components associated with photo interpretation (another objective of this work) based on Google Earth's air images along the referred highway. In addition, field studies were made that helped in the distribution and compartmentalization of the six geological and geotechnical units and profiles of each specific alteration were also made. The final results present the above mentioned map, a detailed description of each of the six units and a geotechnical assessment of the present geological processes and the development of corrective measures necessary to establish safe conditions for road traffic. Also, had success at photo interpretation based on Google Earth's air images, obtaining stereoscopy.

Key-words: geological and geotechnical units, Google Earth's images, Highway SP-360, corrective measures and geological processes.

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área, o retângulo compreende o local de estudo na Rodovia Engenheiro Constâncio Cintra (SP-360), em vermelho, entre Amparo e Morungaba	2
Figura 2 – Fluxograma das etapas de trabalho a serem seguidas.....	3
Figura 3 – Detalhe de parte do mosaico de imagens, mostrando a foto nº 3 (retangular com borda branca), contendo a foto antecessora nº 2 (bordas amarelas). Os números 1, 2 e 3 representam o centro de cada foto. Em vermelho localiza-se a Rodovia SP-360.....	5
Figura 4 – Fotos 1, 2, 3 e 4 impressas pelo método descrito acima.....	6
Figura 5 – Quadro de análise fotogeológica aplicados a estudos geológicos-geotécnicos	7
Figura 6 – Quadro de análise fotogeológica aplicados a estudos geológicos-geotécnicos.....	8
Figura 7 – Fluxograma para identificação dos tipos de solos	12
Figura 8 - Perfil de alteração padrão segundo.....	14
Figura 9 – Ruptura de talude de corte motivada por inclinação acentuada.....	18
Figura 10 – Mapa geológico regional, com a localização da área estudada na Rodovia SP-360 traçado em amarelo.....	22
Figura 11 – Mapa geológico simplificado; com área de estudo traçada em vermelho.....	23
Figura 12 – Mapa geomorfológico da região, com área de estudo traçada em vermelho identificando a Rodovia SP-360.....	25
Figura 13 – Perfil esquemático representativo das unidades geológico-geotécnicas no relevo e em subsuperfície.....	26
Figura 14 – Perfil de alteração da unidade I (planície aluvial e terraço).....	28
Figura 15 – Perfil de alteração da unidade II (solos gnáissicos de morros.....	31
Figura 16 – Perfil de alteração da unidade III (solo granítico de morros suaves.....	33
Figura 17 – Perfil de alteração da unidade IV (granitos de meia encosta.....	36
Figura 18 – Perfil de alteração da unidade V (solo gnáissico de topo e encostas suaves).....	38
Figura 19 – Perfil de alteração da unidade VI (Migmatitos de topo).....	40

SUMÁRIO DE FOTOS

Foto 1 – Planície aluvial do Rio Jaguari (ponto 3).....	27
Foto 2 – Solo aluvionar de terraço com sedimentos inconsolidados, constituídos por níveis de areia e argila, com presença de cascalhos (ponto 2).....	28
Foto 3 – Solo residual de alteração de gnaiss (C) com coloração avermelhada, acima encontra-se o solo coluvionar (B). Afloramento com escorregamento de solo (ponto 1) em corte de estrada (SP-360).....	29
Foto 4 – Gnaiss alterado com veios de quartzo e coloração vermelho-alaranjada e amarelada (ponto 1)	30
Foto 5 – Escorregamento de solo (ponto 1) em corte de estrada (SP-360).....	30
Foto 6 – Contato entre as unidades geológico-geotécnicas III e IV.....	32
Foto 7 – Granito equigranular, alterado, de coloração cinza-alaranjado (ponto 4).....	32
Foto 8 – Detalhe de escorregamento de solo, rochas e rolamento (ponto 4).....	33
Foto 9 – Granito são aflorante com presença de matacões (ponto 6).....	35
Foto 10 – Detalhe de escorregamento de solo e rocha, junto com rolamento e queda de blocos na Rodovia SP-360. Ao fundo, percebe-se paralisação no trânsito dos veículos devido este problema.....	35
Foto 11 – Solo de alteração granítico (horizonte C) com presença de matacões sub-aflorantes e cicatrizes de escorregamento de solo e rocha, junto com queda e rolamento de blocos. Depositado acima, encontra-se o solo coluvionar (B). Afloramento em barranco de corte de estrada (ponto 9).....	36
Foto 12 – Detalhe do nível de seixos (stone line) dentro do horizonte B (ponto 8).....	37
Foto 13 – Afloramento referente ao ponto 10, de solo de alteração gnáissico (C) com matacões graníticos sub-aflorantes e acima encontra-se o solo coluvionar (B).....	38
Foto 14 - Detalhe da transição do horizonte C, solo de alteração, para a rocha alterada (ponto 11).....	39

SUMÁRIO DE QUADROS

Quadro 1 – Grau de escavabilidade para diferentes materiais.....	15
Quadro 2 - Principais problemas em taludes de rodovias do estado de São Paulo, fonte: Manual de Geotecnia, 1991.....	16
Quadro 3 - Comparação entre as características fotogeológicas, descrições das unidades geológico-geotécnicas e avaliações geotécnicas quanto às fragilidades do terreno e medidas corretivas.....	42

SUMÁRIO DE APÊNDICES

Apêndice 1 – MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
Apêndice 2 – FICHAS de CAMPO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	3
3.1. Pesquisa bibliográfica.....	4
3.2. Fotointerpretação.....	4
3.2.1. Preparação das Imagens.....	4
3.2.2. Realização da Fotointerpretação.....	6
3.3. Trabalhos de campo.....	9
3.4. Caracterização geológico-geotécnica do terreno e classificação das unidades.....	9
3.5. Avaliação e análise das unidades.....	9
3.6. Confeção do relatório e mapa geológico-geotécnico final.....	10
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
4.1. Cartografia Geotécnica.....	10
4.2. Definição de unidades geológico-geotécnicas.....	11
4.2.1 Compartimeção Fisiográfica.....	11
4.2.2. Método para utilização e definição de unidades geológico-geotécnicas.....	11
4.2.3 Cartografia Temática Final.....	11
4.3 Perfil de Intemperismo.....	11
4.4. Processos do Meio Físico.....	16
4.4.1. Processos Erosivos.....	17
4.4.2. Escorregamentos.....	17
4.4.3. Queda de Blocos.....	19
4.4.4. Rolamento de Blocos.....	19
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	19
5.1 Localização e Aspectos Fisiográficos.....	19
5.2 Contexto Geológico Regional.....	19
5.3 Contexto Geomorfológico Regional.....	24
6. RESULTADOS.....	26
6.1. Unidades geológico-geotécnicas.....	26
6.1.1. Unidade I: Planície Aluvial.....	27
6.1.2. Unidade II : Solo Gnáissico de Morros.....	29
6.1.3. Unidade III : Solo Granítico de Morros Suaves.....	31
6.1.4. Unidade IV : Granitos de Meia Encosta.....	34

6.1.5. Unidade V: Solo Gnáissico de Topo e Encostas Suaves.....	37
6.1.6. Unidade VI: Migmatitos de Topo.....	39
6.2. Avaliação geotécnica dos processos geológicos presentes no terreno e elaboração de propostas de medidas corretivas.....	40
7. CONCLUSÕES.....	43
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

Com o atual crescimento e desenvolvimento urbano, cada vez mais torna-se necessário o transporte entre cidades, estados e países. Um dos meios mais usados para o transporte no Brasil são as rodovias; suas implantações ocorrem através da alteração no meio físico, modificando-o e passando a ser um novo elemento do terreno.

A implantação de rodovias gera impactos negativos para o meio físico, estes impactos podem ser problemas geológico-geotécnicos (escorregamentos de taludes, queda de blocos de rocha, erosões e inundações). A caracterização, distinção e setorização dos elementos presentes no meio físico, assim como suas análises e inter-relações são fundamentais para a execução e manutenção de uma rodovia.

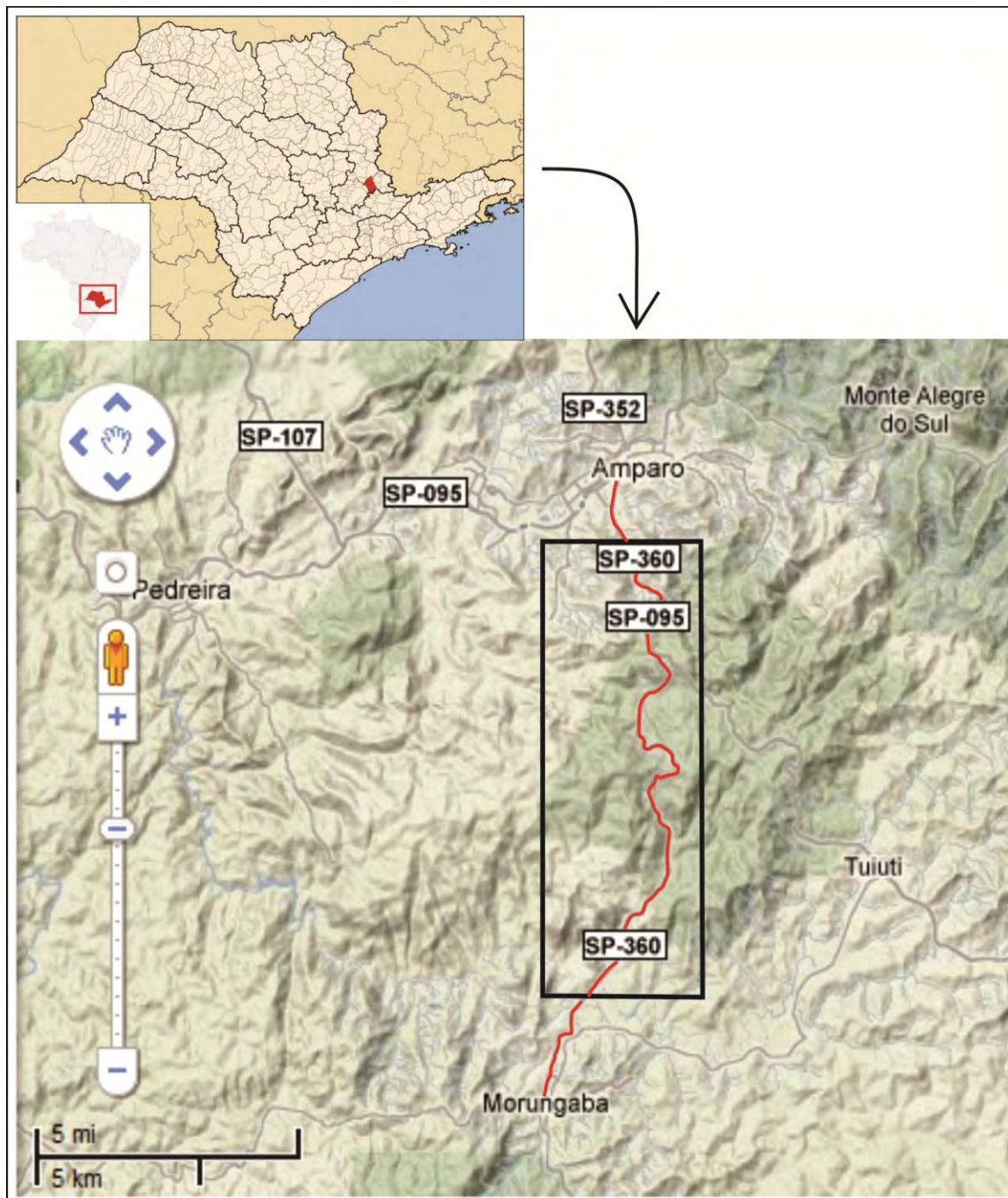
Para que um empreendimento rodoviário funcione com a devida segurança é necessário um mapeamento geotécnico. Segundo a IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment, 1976, *apud* ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004), “mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, que são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente”.

Este trabalho busca a integração das características geológicas, geotécnicas e geomorfológicas no meio físico e os processos geológicos potenciais em um trecho de 20 km, da SP-360 (Rodovia Engenheiro Constâncio Cintra) sob responsabilidade do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP, ligando os municípios de Amparo e Morungaba (Figura 1). A Rodovia SP-360 apresenta processos geológicos em vários trechos da estrada, como ocorrência de processos erosivos, escorregamentos de solos e rochas, e queda e rolamento de blocos na pista e outros.

Estes problemas vêm acontecendo com certa frequência e são agravados no período de chuvas com a saturação dos solos. O que gera o comprometimento do fluxo seguro de pessoas e veículos ao longo da rodovia, paralisação do tráfego nos dois sentidos da pista e até mesmo acidentes. Por isso, são necessárias medidas corretivas para a manutenção e remediação de trechos que apresentam riscos ao tráfego seguro na estrada.

A região de estudo encontra-se situada na porção nordeste do Estado de São Paulo, entre as bacias hidrográficas do Rio Camanducaia e do Rio Jaguari, localizada perto dos municípios de Pedreira, Monte Alegre do Sul e Tuiuti.

Figura 1 – Localização da área, o retângulo compreende o local de estudo na Rodovia Engenheiro Constâncio Cintra (SP-360), em vermelho, entre Amparo e Morungaba.



Fonte: Google Maps.

2. OBJETIVO

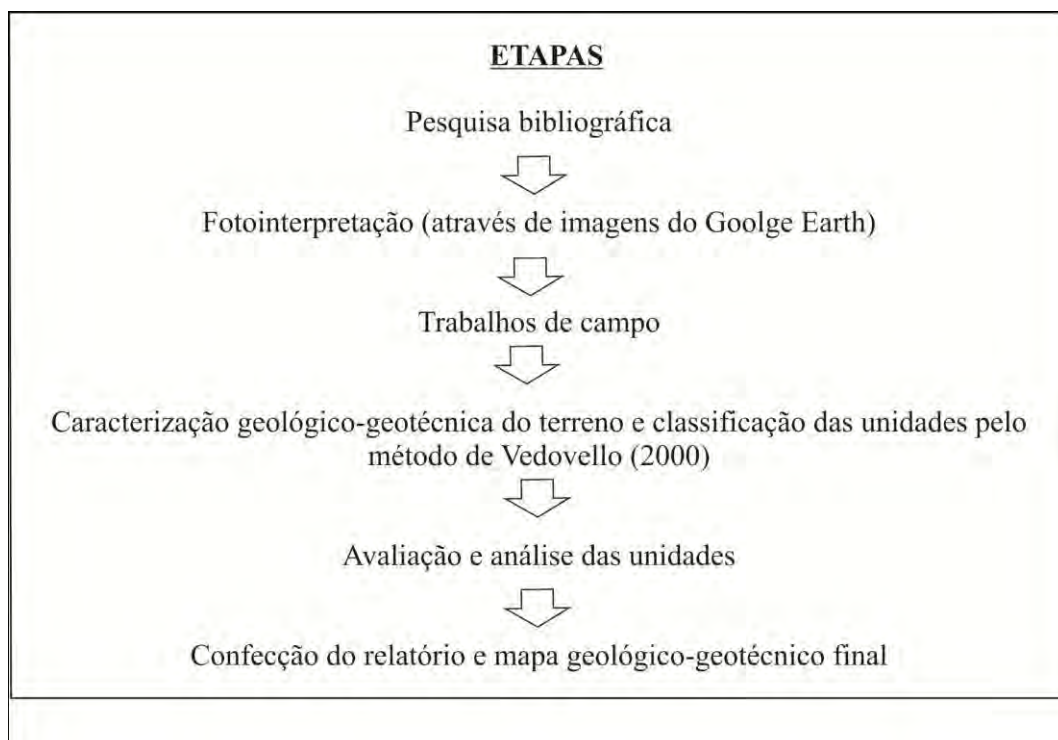
O trabalho teve como objetivo a produção de um mapa geológico-geotécnico na escala de 1:25.000 no determinado trecho (Figura 1), ao longo e em faixa marginal, para cada lado da Rodovia Amparo – Morungaba (SP-360); sendo registrados e caracterizados os processos geológicos presentes (escorregamentos de taludes, queda de blocos de rocha, erosões e inundações). Apresenta a avaliação da rodovia (por setores) com a divisão e classificação de cada unidade pelo método elaborado por Vedovello (2000), e a partir daí, a elaboração de propostas de medidas preventivas e corretivas.

Este trabalho também confirma e, consolida o método, de que é possível a compartimentação fisiográfica a partir de fotointerpretação, com estereoscopia, em imagens do Google Earth.

3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho de maneira adequada e no período de tempo determinado foi necessário a divisão das etapas. Os métodos para a realização do trabalho foram divididos em etapas sequenciais (Figura 2):

Figura 2 – Fluxograma das etapas de trabalho a serem seguidas.



3.1. Pesquisa bibliográfica

Inicialmente foi realizado um levantamento e análise bibliográfica do material disponível na biblioteca do campus da UNESP de Rio Claro, do orientador e em sites de instituições públicas; com o objetivo de aprofundar e atualizar os conhecimentos sobre a área em estudo. Este levantamento foi feito ao longo e no decorrer das etapas do trabalho, para suporte e fundamentação da referente pesquisa, como a caracterização geológico-geotécnica do terreno e classificação das unidades

No levantamento bibliográfico foi feita uma análise temática dos conceitos, metodologia e técnicas utilizadas para investigação geológico-geotécnica; assim como, compartimentação fisiográfica do terreno e uma análise específica das características geomorfológicas, pedológicas e geológicas presentes na área.

3.2. Fotointerpretação

Neste trabalho foram obtidas imagens de satélite, captadas através do programa Google Earth em substituição das fotos aéreas convencionais, usadas para a realização da fotointerpretação na área de estudo. Associada as imagens de satélite também foi utilizada a base topográfica e a compilação de mapas geológicos, geomorfológicos e pedológicos para a realização da contextualização regional e compartimentação fisiográfica do local em estudo para o desenvolvimento e execução da fotointerpretação (GRABLER, 2010).

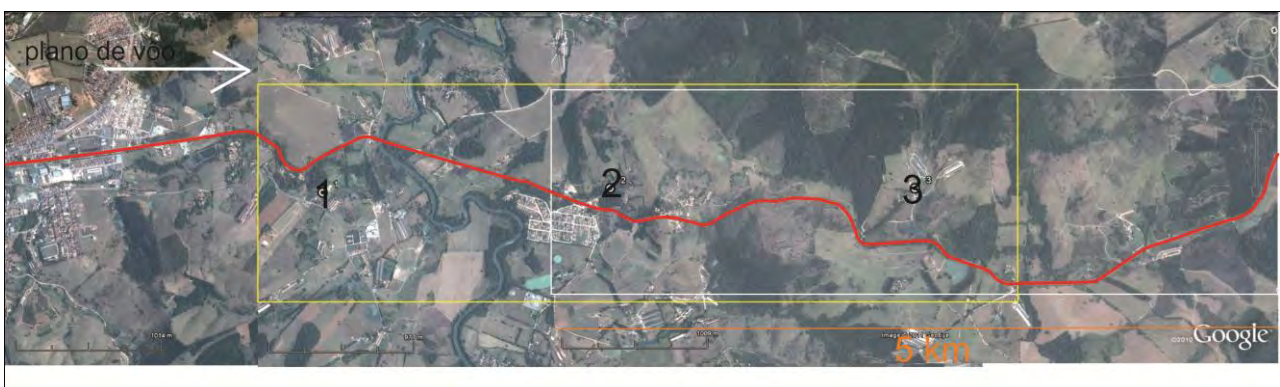
3.2.1. Preparação das Imagens

Na preparação foi usado o método de captação de imagens pelo Google Earth, elaborado por Grabler *et al* (2011). Para a obtenção de sucesso na captação das imagens foi preciso, primeiramente, definir uma escala de trabalho (1:25.000) e planejar a sequência da captação de imagens que foi projetada em um plano de vôo que melhor encaixava-se nas devidas necessidades para elaboração de um mapa geológico-geotécnico. Essa sequência foi realizada através dos seguintes passos:

- Localização da área (Rodovia SP-360, ligando os Municípios de Morungaba à Amparo) no programa, usando a escala mencionada acima, e projeção do plano de voo a 40° leste em relação ao norte, para facilitar a caracterização e identificação das unidades no mapa geológico-geotécnico.

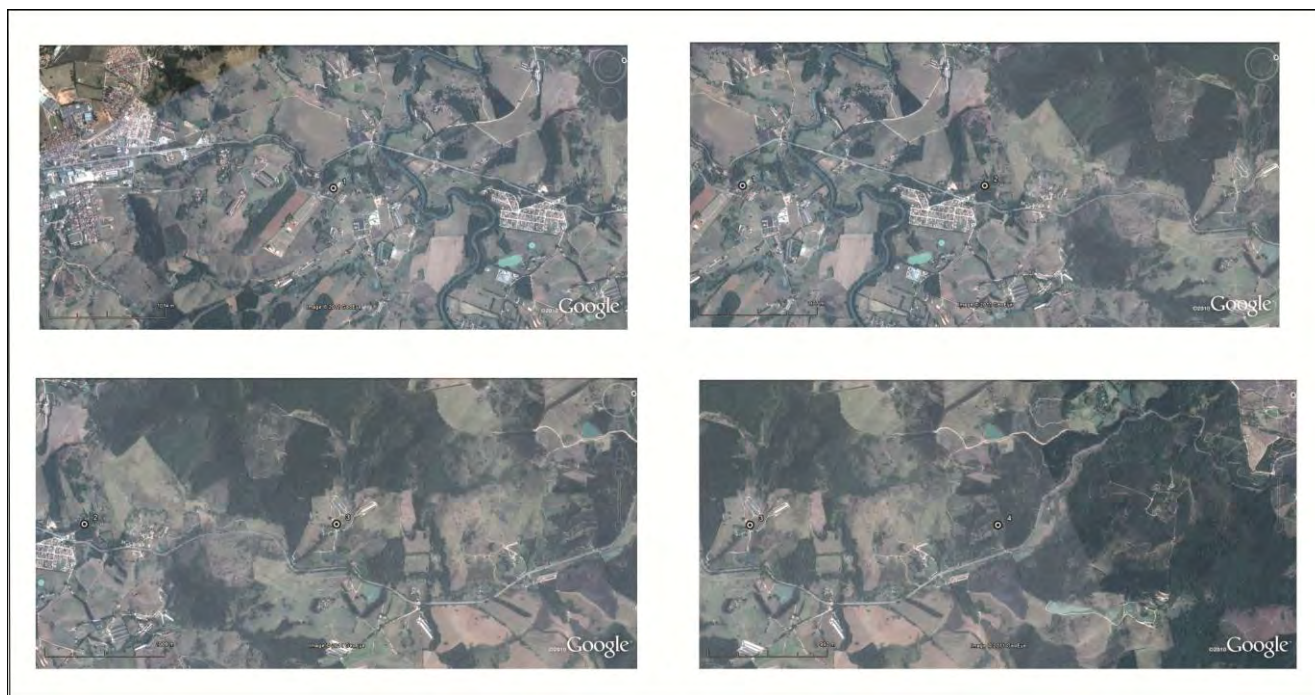
- Usa-se esta direção do plano de voo para captação das sucessivas imagens de maneira sequencial e contínua da estrada, abrangendo suas margens. E usa-se a régua para definir a escala (5 km) da foto em tamanho real.
- Com a imagem aérea (que será sua foto de ponto de partida) exposta na tela do seu computador, no programa Google Earth, clica-se em adicionar marcador (localizado em uma barra de ferramentas, logo acima da imagem), numera-se a imagem e marca-se o centro da foto número 1 (sendo obrigatório que o centro divida a foto em 50% para cada lado).
- Depois é necessário salvar a imagem da foto número um, através das teclas: Ctrl + Alt + S.
- Então, continua o plano de voo para a direita com o cursor até atingir 60% da primeira foto presente nesta segunda, como sugeriram Ricci e Petri (1965), para que a estereoscopia fosse atingida.
- A partir daí, segue-se essas etapas novamente, de maneira sequencial, para captação de cada foto até que seu plano de voo traçado esteja completo para construção do mosaico que contém a rodovia (Figura 3).
- Cada foto possui uma largura corresponde aos 5 km que cada imagem abrange no tamanho real; entretanto se a altura da foto for modificada, a imagem sofre alteração de distorção de escala e de qualidade visual (GRABLER, 2010).
- Ao final, imprimiu-se nove fotos aéreas e a estereoscopia foi atingida com sucesso ao longo de todo o trecho da Rodovia.

Figura 3 – Detalhe de parte do mosaico de imagens, mostrando a foto nº 3 (retangular com borda branca), contendo a foto antecessora nº 2 (bordas amarelas). Os números 1, 2 e 3 representam o centro de cada foto. Em vermelho localiza-se a Rodovia SP-360.



Fonte: modificado do Google Earth.

Figura 4 – Fotos 1, 2, 3 e 4 impressas pelo método descrito acima.



Fonte: Google Earth.

3.2.2. Realização da Fotointerpretação

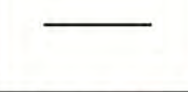
Para realização da fotointerpretação foram utilizados diversos critérios de análise para caracterização e identificação das unidades geológico-geotécnicas prévias. Os critérios adotados foram densidade de drenagem, amplitude local, declividade e formas de encosta que variam em três classes (baixa, média, alta). Também foram observados a tropia, assimetria de relevo e drenagem, e aplicações como partição em blocos (queda de blocos) e solo exposto.

Esta classificação foi feita com base no quadro (figuras 5 e 6) de análise fotogeológica aplicados a estudos geológicos-geotécnicos elaborado por Zaine, 2011.

Através das feições extraídas das fotos aéreas, da classificação das unidades e a compilação de mapas, foi produzido um mapa geológico-geotécnico preliminar, utilizando o programa Corel Draw.

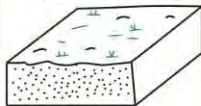
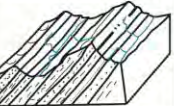
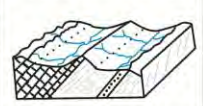
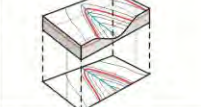
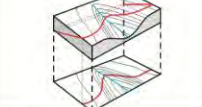
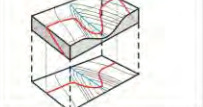
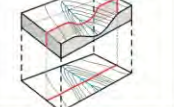
Figura 5 – Quadro de análise fotogeológica aplicados a estudos geológicos-geotécnicos .

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km²) 	Média (5 a 30/10 km²) 	Alta (> 30/ km²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)

2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande(> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al, (1995)		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise Registros de processos geológicos	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Fonte: Zaine (2011).

Figura 6 – Quadro de análise fotogeológica aplicados a estudos geológicos-geotécnicos .

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tópia	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espçados 	Retilíneos paralelos adensados 
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al, (1995)			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixo	Médio	Alto	
	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reforestamento)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.

** Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011).

3.3. Trabalhos de campo

O trabalho de campo foi dividido em duas etapas diferentes, sendo que a primeira teve como objetivo o reconhecimento geral da área para melhor realização da fotointerpretação e compartimentação dos limites fisiográficos que foram gerados no mapa geológico-geotécnico preliminar. A segunda etapa deu suporte para a elaboração dos resultados finais com a avaliação e descrição das unidades geológico-geotécnicas, os processos geológicos presentes, medidas corretivas necessárias em alguns trechos da rodovia e confecção do mapa geológico-geotécnico final.

No campo foram realizados levantamentos dos componentes do meio físico e seus respectivos atributos, como a análise do relevo local (amplitude, declividade, forma de encosta, vale e topo), caracterização dos solos e rochas presentes (grau de escavabilidade e intemperismo, litologia, mineralogia, entre outros) e drenagens superficiais.

Também foram efetuados levantamentos de perfis de alteração com base em Vaz (1996) e os referentes processos geológicos potenciais que atuam na rodovia (escorregamentos de taludes, queda de blocos de rocha, erosões e inundações).

O material utilizado na a realização do devido trabalho de campo foi uma máquina fotográfica, um mapa topográfico e as fotos aéreas previamente compartimentadas. Também foi usado um GPS (Global Positioning System) para a correta delimitação das unidades e fichas de campo para coleta das informações de uma maneira lógica e precisa.

3.4. Caracterização geológico-geotécnica do terreno e classificação das unidades

Logo após a realização da segunda etapa do trabalho de campo, foi feita a compartimentação fisiográfica final das unidades e a descrição de suas características geológico-geotécnicas da área em estudo com o auxílio da fotointerpretação. A classificação das unidades ocorre através do método elaborado por Vedovello (2000), com análise integrada (litologia, relevo, solo e processos) de todos os dados obtidos no levantamento dos componentes do meio físico.

3.5. Avaliação e análise das unidades

Foi realizada uma análise das seis unidades geológico-geotécnicas presentes, considerando suas características geológicas, geomorfológicas, os perfis de alteração e os elementos identificados pela fotointerpretação.

Cada uma das unidades foi descrita e avaliada, conforme os dados obtidos em campo e metodologias descritas no Manual de Geotecnia (CARVALHO, 1991). Foram identificados os processos geológicos atuantes e elaboradas propostas de medidas corretivas para a segurança do tráfego rodoviário.

3.6. Confeção do relatório e mapa geológico-geotécnico final

Por fim, houve a produção do relatório final e foi realizada a confecção do mapa geológico-geotécnico final abordando e integrando as seis unidades geológico-geotécnicas presentes no terreno, com suas descrições e os processos geológicos atuantes em cada uma delas que podem atrapalhar o tráfego rodoviário seguro. Para isso foram elaboradas propostas de medidas corretivas específicas para cada unidade visando a manutenção e remediação dos trechos problemáticos.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Cartografia Geotécnica

A cartografia geotécnica é uma representação gráfica das limitações e potencialidades do meio físico, em que as informações (de natureza variável em função dos objetivos da carta) são apresentadas através da delimitação de zonas homogêneas (AUGUSTO FILHO, 1990).

Os documentos cartográficos podem ser utilizados para as mais diversas finalidades: obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do meio ambiente, avaliação de eventos perigosos e riscos associados (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004).

Segundo Zuquette & Gandolfi (1990) os elementos a serem considerados na elaboração de mapas geotécnicos são:

- I. Características das rochas e dos materiais inconsolidados: englobam a distribuição dos materiais rochosos e de cobertura, gênese, estrutura, homogeneidade e propriedades físicas e mecânicas;
- II. Condições geodinâmicas internas: incluem características associadas aos fenômenos sísmicos e vulcânicos;
- III. Condições geodinâmicas externas: relacionam-se aos processos erosivos, e de sedimentação, dinâmica das encostas, os escorregamentos e os desmoronamentos;
- IV. Condições hidrogeológicas: nível piezométrico, direção dos fluxos, pH, teor de sais, corrosividade e resíduos de materiais poluidores;

- V. Condições geomorfológicas (relevo, declividade, curvatura, etc): são muito importantes para o planejamento urbano, contribuindo na distribuição dos equipamentos urbanos e na avaliação das áreas para fins de construção civil;
- VI. Modificações artificiais do meio físico e materiais de construção: identificam as ocorrências de materiais utilizados na construção civil e áreas de materiais de empréstimo e respectivas propriedades, e um levantamento dos impactos ambientais por ações antrópicas.

4.2. Definição de unidades geológico-geotécnicas

4.2.1. Compartimentação Fisiográfica

A compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada área em unidades que apresentem homogeneidade quanto às características dos elementos componentes do meio físico e que, portanto, impliquem em um determinado comportamento geotécnico frente às ações e atividades antrópicas. Tais unidades devem ser obtidas segundo a abordagem fisiográfica e a partir da análise sistemática de produtos de sensoriamento remoto (VEDOVELLO, 2000).

4.2.2. Caracterização Geotécnica

Segundo Vedovello (2000) a etapa de caracterização geotécnica consiste em determinar, para cada unidade obtida na etapa anterior, propriedades e características dos materiais (solos, rochas, sedimentos) e das formas (tipos de relevo e processos morfogenéticos) do meio físico que sejam determinantes das condições geológico-geotécnicas relevantes para a aplicação pretendida.

4.2.3. Cartografia Temática Final

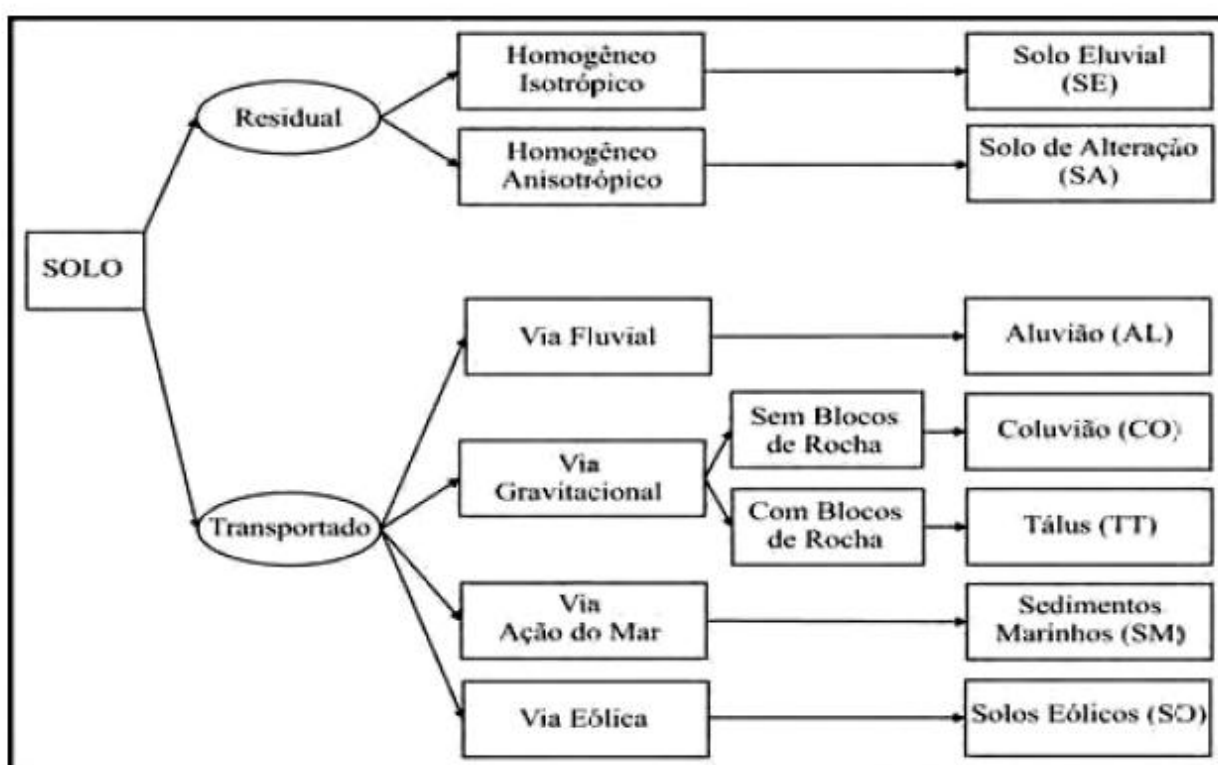
Refere-se à classificação das unidades de compartimentação quanto a fragilidades ou potencialidades do terreno. Essa classificação é feita com base na análise das propriedades e/ou características do meio físico obtidas na etapa de caracterização geotécnica e determinadas por meio de critérios ou regras de classificação estabelecida para cada aplicação pretendida (VEDOVELLO, 2000).

4.3. Perfil de Intemperismo

Em qualquer obra que necessita a escavação do terreno, é reforçada a necessidade de definição e conhecimento do material presente em sub e superfície para que seja feita a classificação geológico-geotécnica correta.

Segundo Vaz (1996), a classificação dos solos (figura 7) ou classificação genética é realizada através da rocha de origem e do processo de formação do solo. Apresentam-se dois tipos de solos, os residuais ou “in situ” e os transportados.

Figura 7 – Fluxograma para identificação dos tipos de solos.



Fonte: Vaz (1996).

Os solos residuais ou “in situ” são resultantes dos processos de alteração, intemperismo físico e químico, da rocha matriz; originam horizontes bem definidos e nunca foram transportados, localizam-se, sempre, em seu local de origem. A espessura e o número de horizontes do solo residual são definidos pelo clima e a rocha matriz define a composição mineralógica e o comportamento geomecânico (VAZ, 1996).

Os solos transportados são resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição de materiais existentes na superfície (podem apresentar materiais e restos orgânicos), assim como, os próprios solos residuais para sua formação. Encontram-se em locais diferentes do seu local de

origem, buscam condições de equilíbrio e o meio de transporte é o principal fator de diferenciação (VAZ, 1996). Neste trabalho serão abordados aluviões, terraços fluviais, colúvios e depósitos de tálus, segundo Vaz (1996):

- Aluviões (AL): são constituídos por matérias fontes que foram erodidas, retrabalhadas e transportadas pelo curso d'água e depositadas nos seus leitos e margens através da energia de transporte. Os de climas tropicais possuem maior extensão e espessura, e incorporam grande quantidade de matéria orgânica. O pacote aluvionar é altamente heterogêneo, entretanto, ocorrem pacotes isolados muito homogêneos.

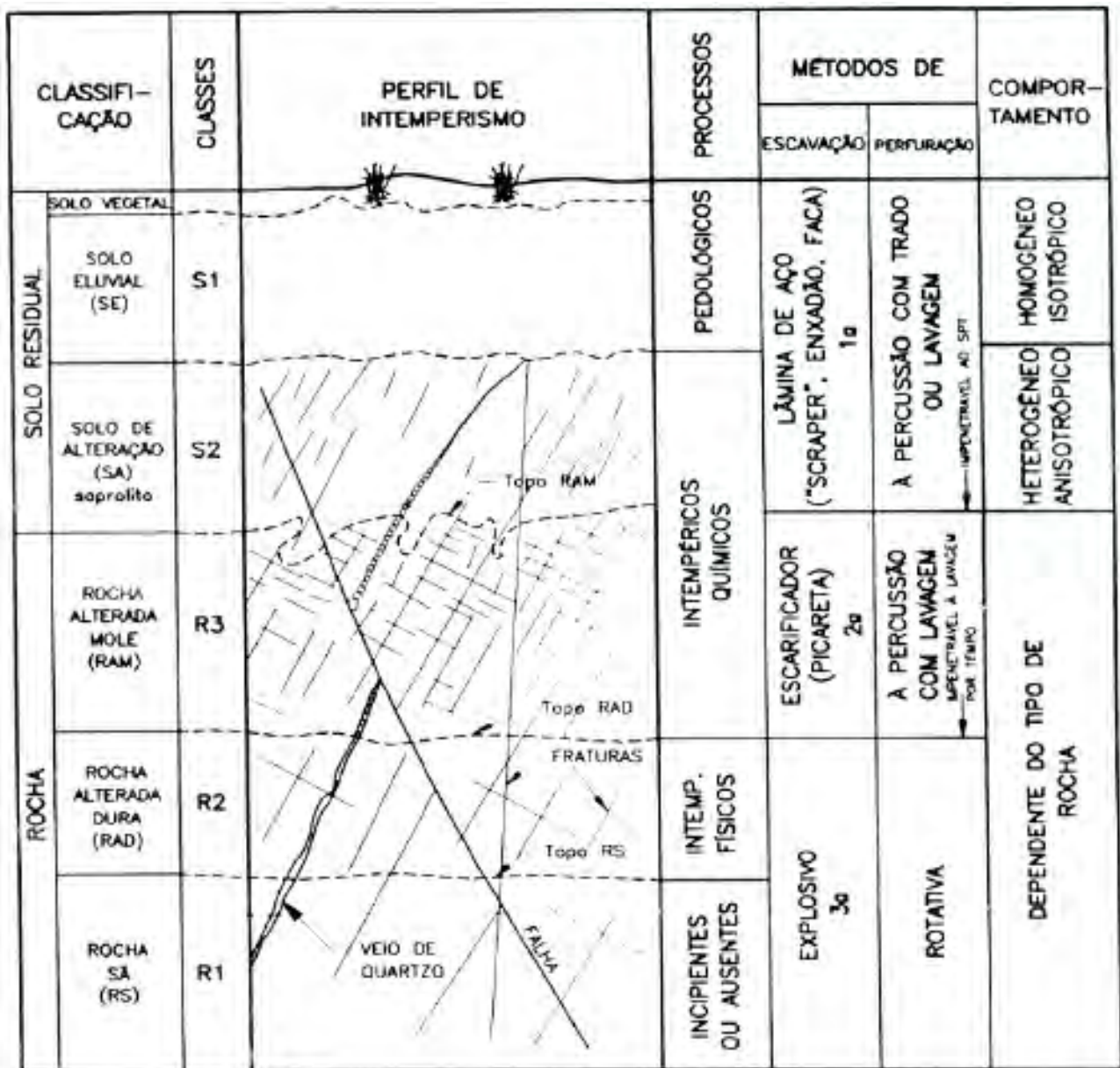
- Terraços fluviais (TR): são aluviões antigos que foram depositados quando o nível de base do curso d'água estava em uma posição superior à atual. Ao contrário dos aluviões; os terraços não são saturados e são constituídos, quase sempre, por areia grossa ou cascalho.

- Coluviões (CO): são depósitos de materiais soltos, formados por transporte gravitacional (AGI, 1976), ou simplesmente, material decomposto submetido a transporte por gravidade (WHITTEN e BROOKS, 1976); são constituídos por solos sem bloco de rochas.

- Tálus (TT): são formados por processos, de gravidade, semelhantes aos coluviões, mas com presença de blocos de rochas e fragmentos rochosos.

Vaz (1996) apresenta um perfil de intemperismo padrão (figura 8), em que os horizontes principais são definidos em função dos processos de escavação e perfuração. Estes horizontes são subdivididos, em solos, por critérios de evolução pedogênica e em rochas pelo grau de alteração mineralógica.

Figura 8 - Perfil de alteração padrão.



Fonte: Vaz (1996).

Segundo Vaz (1996), a figura 8 apresenta duas classes para o solo e três para a rocha que são apresentados, detalhadamente, abaixo:

Classe S1 (Solo Eluvial) – Também pode ser chamado de solo residual maduro e de solo laterítico, caracteriza a camada superficial do solo residual. Esse horizonte é isotrópico e sempre homogêneo em relação à cor, granulometria e composição mineralógica; com ausência total da textura e das estruturas da rocha matriz.

Classe S2 (Solo de Alteração) – Também é denominado como solo de alteração jovem ou solo saprolítico, caracteriza a camada que ainda encontra-se em processo de alteração intempérica.

Esse horizonte é anisotrópico, sempre heterogêneo em relação à cor, textura e composição mineralógica; ocorre a manutenção do arranjo dos minerais segundo a disposição original da rocha e preservação das estruturas (xistosidade, estratificação, fraturas, etc) presentes na rocha.

Classe R3 (Rocha Alterada Mole) – Os minerais apresentam-se fortemente alterados e descoloridos, sendo incipiente a transformação para minerais de solo. Pode ser escavado manualmente com picareta ou bico de martelo geológico.

Classe R2 (Rocha Alterada Dura) – Os minerais são levemente descoloridos, mais notáveis ao longo de fraturas com passagem de água. O topo do RAD é identificado, com segurança, através do impenetrável à lavagem por tempo das sondagens à percussão; e somente pode ser escavado com explosivos.

Classe R1 (Rocha Sã) – Apresentam minerais sãos ou praticamente sãos, com suas cores e resistências originais ou pouco afetadas. A distinção entre o RAD e RS é feita através da alteração mineralógica.

A partir da identificação dos horizontes padrões gerados num perfil de intemperismo, é necessário identificar os critérios adotados para a definição dos graus de escavabilidade das rochas, como visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Grau de escavabilidade para diferentes materiais.

1 – <i>Material friável e fluente</i>	Composto por areias, solos orgânicos e turfas. É um material sem coesão e com baixa capacidade de suporte.
2 – <i>Material brando</i>	Composto por solos argilosos e arenosos. É um material coesivo, facilmente penetrável por ferramentas e sem resistência à separação, podendo ocorrer blocos rochosos. Em obras, é escavável com facilidade.
3 – <i>Rocha branda</i>	Pode ser mais ou menos rígida e com diferentes graus de alteração. A rocha é razoavelmente dura, seus fragmentos separam-se ao longo de diversas fissuras. Em obras, é escavável com alguma dificuldade e o material se desagrega em blocos.
4 – <i>Rocha dura</i>	É a rocha sã ou pouco alterada. Apresenta alta resistência à escavação e à perfuração. Em obras, é escavável apenas com o uso de explosivos e apresenta baixa perfurabilidade para equipamentos de furo direcional.
5 – <i>Rocha muito dura</i>	É a rocha sã a pouco alterada. Apresenta resistência muito alta à escavação e à perfuração. Em obras, é escavável apenas com o uso de explosivos e apresenta perfurabilidade muito baixa para equipamentos de furo direcional.

Fonte: Grabler (2010).

4.4. Processos do Meio Físico

Estes processos consistem em uma relação de fenômenos interrelacionados, de causa e efeito que buscam o equilíbrio, decorrentes de agentes físicos, químicos, da ação biológica e dos humanos. Entre alguns processos citam-se os escorregamentos de solos, inundações, processos pedogenéticos, queda de blocos, entre outros. Alguns destes processos podem gerar problemas, como os encontrados em taludes de rodovias (Quadro 2).

Quadro 2 - Principais problemas em taludes de rodovias do Estado de São Paulo.

Tipo de Problema	Forma de Ocorrência	Principais Causas
Erosão	Em talude de corte e aterro (em sulcos e diferenciada) Longitudinal ao longo da plataforma Localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas) Internas em aterros (piping)	Deficiência de drenagem Deficiência de proteção superficial Concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático Concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático Deficiência ou Inexistência de drenagem interna
Desagregação Superficial	Empastilhamento superficial em taludes de corte Superficial Profundo	Secagem ou umedecimento do material Presença de argilo mineral expansivo ou desconfinamento do material Inclinação acentuada do talude Relevo energético
Escorregamento em corte	Formas e dimensões variadas Superficial em corte ou encostas naturais Profundo em cortes Formas e dimensões variadas Movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpos de tálus Atingindo a borda do aterro	Descontinuidades do solo e rocha Saturação do solo Evolução por erosão Corte de corpo de tálus Alteração por drenagem Compactação inadequada da borda
Escorregamento em aterro	Atingindo o corpo do aterro	Deficiência de fundação Deficiência de drenagem Deficiência de proteção superficial Má qualidade do material Compactação inadequada Inclinação inadequada de talude
Recalque em Aterro	Deformação vertical da plataforma	Deficiência de fundação Deficiência de drenagem Rompimento do bueiro Compactação inadequada
Queda de blocos	Geralmente em queda livre	Ação da água e de raízes na descontinuidade do maciço rochoso
Rolamento de blocos	Movimento de bloco por rolamento no corte	Descalçamento da base por erosão

Fonte: Manual de Geotecnia (CARVALHO, 1991).

4.4.1. Processos Erosivos

Segundo Carvalho (1991) os processos erosivos são formados pela destruição da estrutura do solo e sua remoção, sobretudo pela ação das águas de escoamento superficial, depositando-o em área mais baixas do relevo. Este processo pode ser intensificado pela ação do homem. Os processos de erosão apresentam uma velocidade lenta, porém progressiva e contínua ao longo do tempo.

A execução de cortes e aterros em solos pode originar superfícies frágeis devido a exposição de solos saprolíticos, comumente em decorrência da utilização de material de má qualidade na compactação das superfícies dos taludes (em aterros). Este fator determinante, associado à falta de proteção superficial e inexistência ou ineficácia de sistemas de drenagens, provoca o surgimento de erosão diferenciada em sulcos. A erosão, tanto em encostas naturais como em taludes de corte e aterro, pode se iniciar por escoamento laminar que tende a incidir na superfície do terreno como um todo, sem formar necessariamente canais individuais. Outra forma de início do processo erosivo é através do escoamento concentrado e formação de ravinas que podem evoluir para boçorocas (CARVALHO, 1991).

Abaixo está a descrição detalhada das principais feições erosivas:

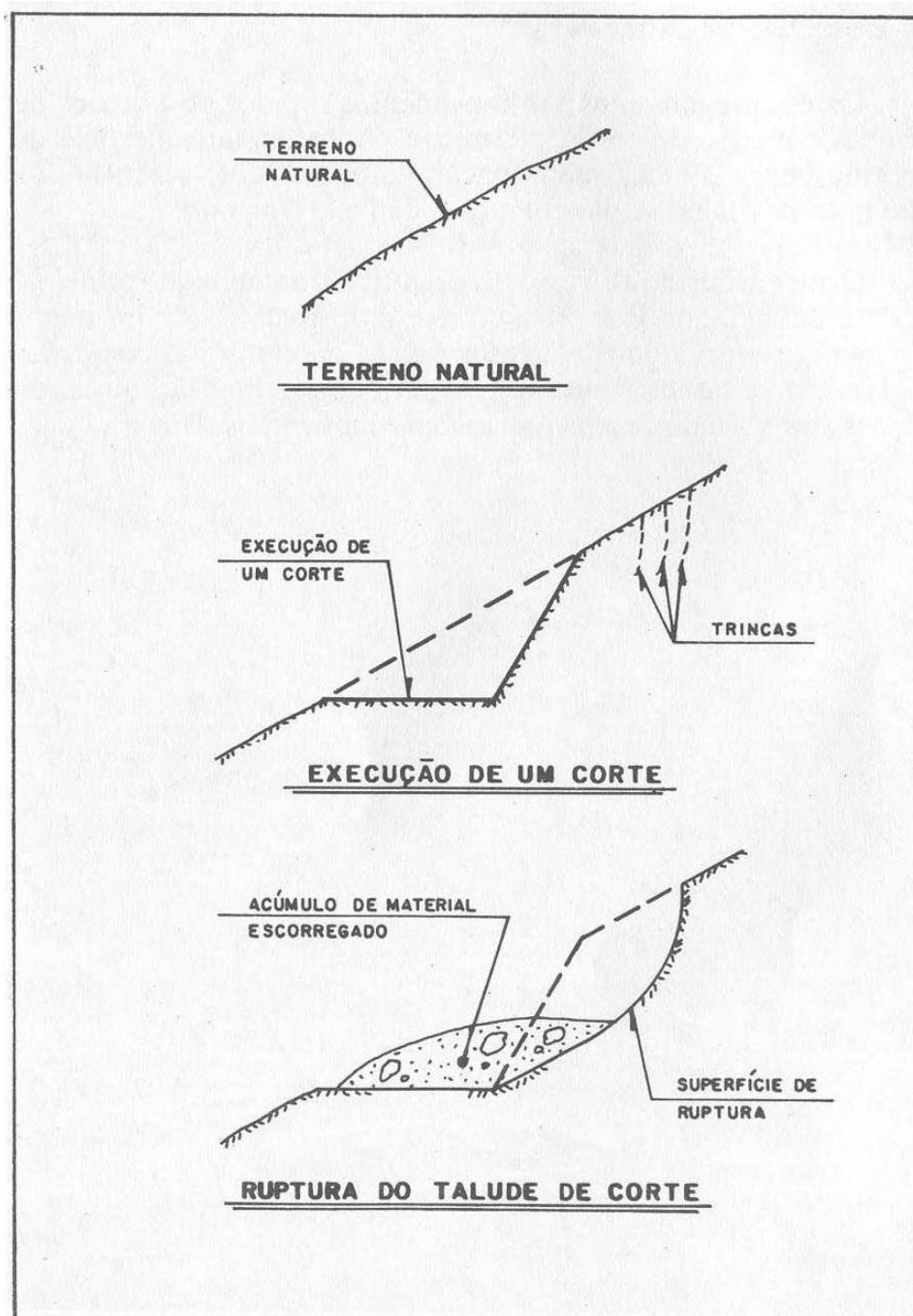
- Erosão Laminar: Feições erosivas oriundas pelo escoamento difuso das águas, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais de solo.
- Erosão Linear: Conjunto de feições erosivas causadas pela concentração de linhas de fluxo das águas de escoamento superficial podendo contemplar três tipos: sulcos - pequenos canais resultantes da concentração de escoamento superficiais; ravinas - feições erosivas resultantes do aprofundamento dos sulcos oriundos da concentração superficial com predominância de entalhe vertical; boçorocas - constituem feições de erosão mais complexas e destrutivas, são originadas por dois tipos de escoamento que podem atuar em conjunto ou separadamente: o superficial e o subsuperficial. Tendência dos processos de entalhe lateral, devido a interceptação do topo rochoso ou nível d'água, ser superior ao entalhe vertical.

4.4.2. Escorregamentos

Segundo Carvalho (1991) os escorregamentos são movimentos rápidos de solos e rochas que acontecem devido a diversos fatores, tendo a água como principal agente. Por esse motivo são observados em maior quantidade nos períodos chuvosos, sendo que as condições mais críticas ocorrem por alguns dias de chuvas, seguido de uma precipitação mais intensa.

A execução de cortes em uma encosta provoca alterações no estado de tensões atuantes no maciço, instabilizando-o, e com isso provoca o surgimento de trincas (Figura 9). Essas podem ser preenchidas por águas, em um período de chuvas, o que facilitam os escorregamentos. Além disso, as modificações na geometria dos taludes alteram as condições de drenagem e vegetação superficial o que facilita a saturação do maciço, reduzindo a resistência dos materiais envolvidos, assim como a ocorrência de diversos processos erosivos (CARVALHO, 1991).

Figura 9 – Ruptura de talude de corte motivada por inclinação acentuada.



Fonte: Manual de Geotecnia (CARVALHO, 1991).

4.4.3. Queda de Blocos

Caracteriza-se por movimentos rápidos geralmente em queda livre, com blocos de rochas que se desprendem do maciço. Este processo está associado a taludes de corte em rocha sã ou pouco alterada (CARVALHO, 1991).

4.4.4. Rolamento de Blocos

Este processo é comum em áreas de rochas graníticas que originam blocos de rocha sã (matacões) isolados e expostos em superfície. Ocorrem quando processos erosivos ou escorregamentos de solo removem o apoio de sua base, condicionando o movimento de rolamento dos blocos (CARVALHO, 1991).

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Localização e Aspectos Fisiográficos

A área de estudo localiza-se na porção nordeste do Estado de São Paulo pertencendo e ligando as cidades de Morungaba e Amparo através da SP-360 (Rodovia Engenheiro Constâncio Cintra). A região situa-se próxima as cidades de Pedreira, Monte Alegre do Sul e Tuiuti (Figura 1), e está entre as bacias hidrográficas do Rio Camanducaia e do Rio Jaguari.

Segundo Carvalho (1975) a região possui clima tropical de altitude, com invernos secos e verões chuvosos e as máximas temperaturas anuais são da ordem de 37, 6° C e as mínimas atingem, aproximadamente, 5° C. A precipitação média anual, segundo Nimer (1989) situa-se entre as isoietas de 1250 a 1500 mm.

5.2. Contexto Geológico Regional

A área estudada situa-se na Província Geotectônica da Mantiqueira - Setor Central (HASUI & OLIVEIRA, 1984), ocorrendo sob a forma de uma faixa NE-SW, desde o sul da Bahia até o Uruguai, estendendo-se por 3000 Km, com uma área total de cerca de 700.000Km². Fazendo parte de uma das províncias estruturais do Escudo Atlântico, possuindo idades que vão desde o Arqueano (3.8- 2.5 Ga) até o recente, predominando rochas pré-cambrianas (BUENO, 2007) a Província

Mantiqueira é limitada a oeste pelas províncias Tocantins, bacias do São Francisco e Paraná e a leste pelas bacias costeiras Espírito Santo, Santos, Campos e Pelotas.

O segmento norte da Província Mantiqueira é composto pelo Orógeno Araçuai enquanto que o segmento central, onde localiza-se a área de estudo, é composto pelo Orógeno Ribeira, a zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira e os terrenos Apiaí, São Roque e Embu. Já o segmento sul inclui o orógeno Dom Feliciano. Segundo Heilbron (2004), no Sistema Orogênico Mantiqueira as etapas de subducção e colisão continental foram de maneira diacrônica, incluindo processos estritamente acrescionários.

Segundo Vlach (1993) a área do referente trabalho encontra-se no Domínio Geológico Amparo, com presença dos granitóides de Morungaba e o embasamento cristalino (Figura 10), regionalmente, limitados pela Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé.

No Domínio Amparo, os Terrenos da Faixa Alto Rio Grande (FARG), como definidos por Hasui & Oliveira (1984), Vasconcellos (1988), Campos Neto (1991) *apud* Vlach (1993); apresentam associações ortognáissicas do embasamento antigo e sequências supracrustais de cobertura. As associações ortognáissicas são Arqueanas – Paleoproterozóicas e foram retrabalhadas em graus variáveis em eventos subseqüentes, e as sequências supracrustais de cobertura, possuem médio a alto grau metamórfico, são referíveis ao Grupo Itapira, e também aos Grupos Andrelândia, São João Del Rey e Carrancas, em graus metamórficos mais baixos; as idades são Mesoproterozóicas (VLACH, 1993).

De acordo com Vlach (1993), na presente área do trabalho são definidas três unidades nos granitóides, os Plútons (corpos ígneos de grande porte que se formam em profundidade na crosta terrestre) Areia Branca, Jaguari e o Complexo Ouro Verde (figura 11) que serão detalhados abaixo.

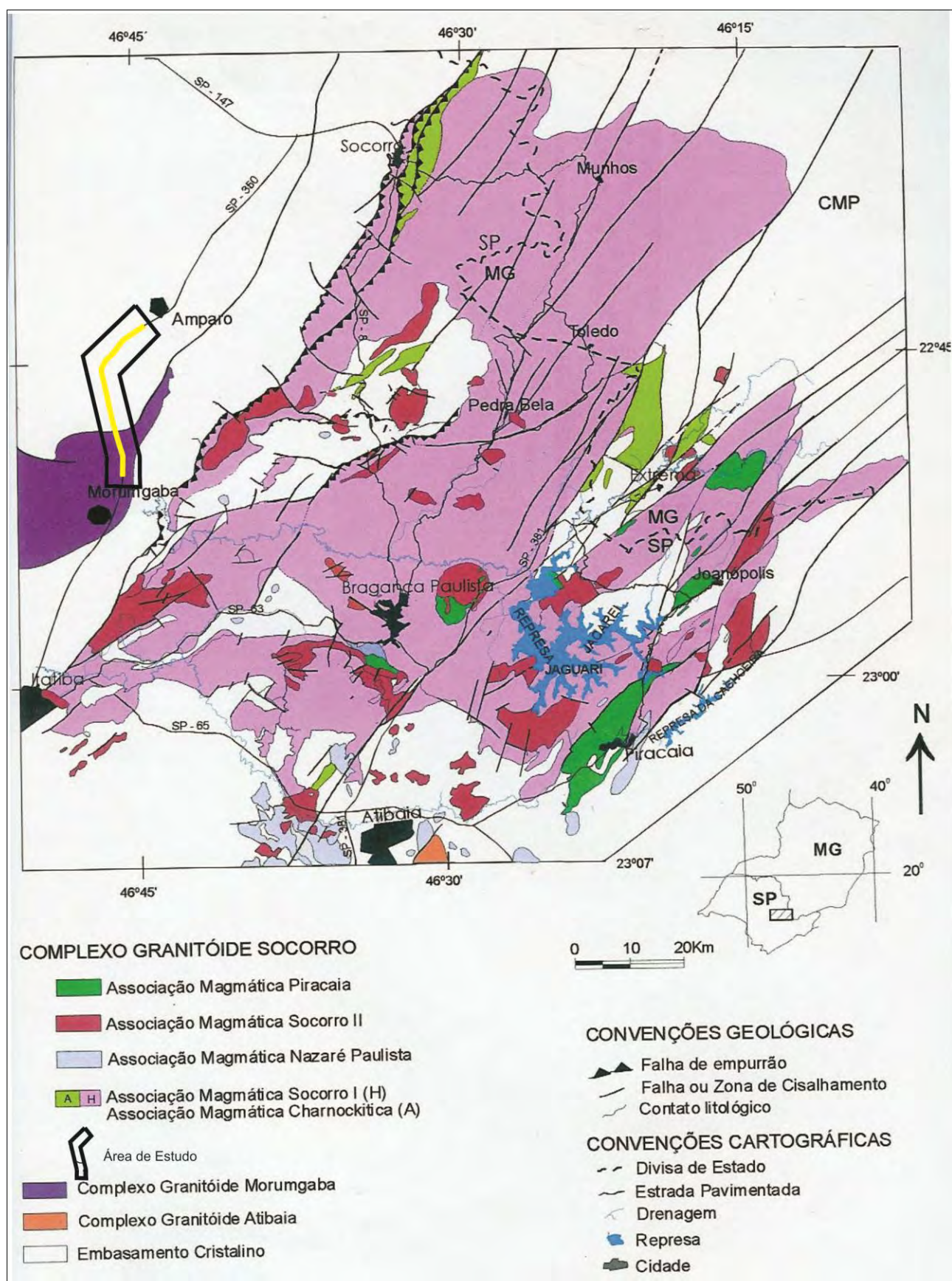
O Plúton Areia Branca é a unidade mais homogênea dos granitóides de Morungaba, possui forma losangular a irregular, formado por biotita monzogranitos equigranulares de coloração cinza claro a rosado, em matriz fina e com presença de muscovita e ocasionalmente pode ter granada. Os limites do Plúton Areia Branca são tectônicos e intrusivos, e ocorrem respectivamente, para leste com fácies do Complexo Ouro Verde e a sul com o Plúton Jaguari. O contato com a Faixa Alto Rio Grande também é ora tectônica, ora intrusiva.

O Complexo Ouro Verde é constituído por uma diversa associação entre rochas encaixantes e granitóides intrusivos, apresentam estruturas grosseiramente estratificadas, as encaixantes metamórficas são orto e paraderivadas, de médio a altos graus, e em parte migmatíticas. Possuem granitóides porfiríticos e microporfiríticos (biotita quartzo-monzonitos, monzogranitos e sienogranitos) com megacristais de feldspato potássico perítico, de coloração acinzantada e tipos mais inequigranulares com granulações médias e feldspato potássico maior.

O Plúton Jaguari é a maior das unidades do magmatismo Morungaba, o mais complexo e que apresenta maior variabilidade petrográfica. Possui forma de um paralelogramo irregular, limitado por contatos tectônicos e intrusivos e as fácies graníticas distribuem-se de forma zonada assimétrica, com alongamento na direção NNE. Em sua grande maioria são biotita granitóides com texturas porfíricas e estruturas planares muito bem definidas de pré-cristalização total, de coloração cinza a rosado e textura grossa.

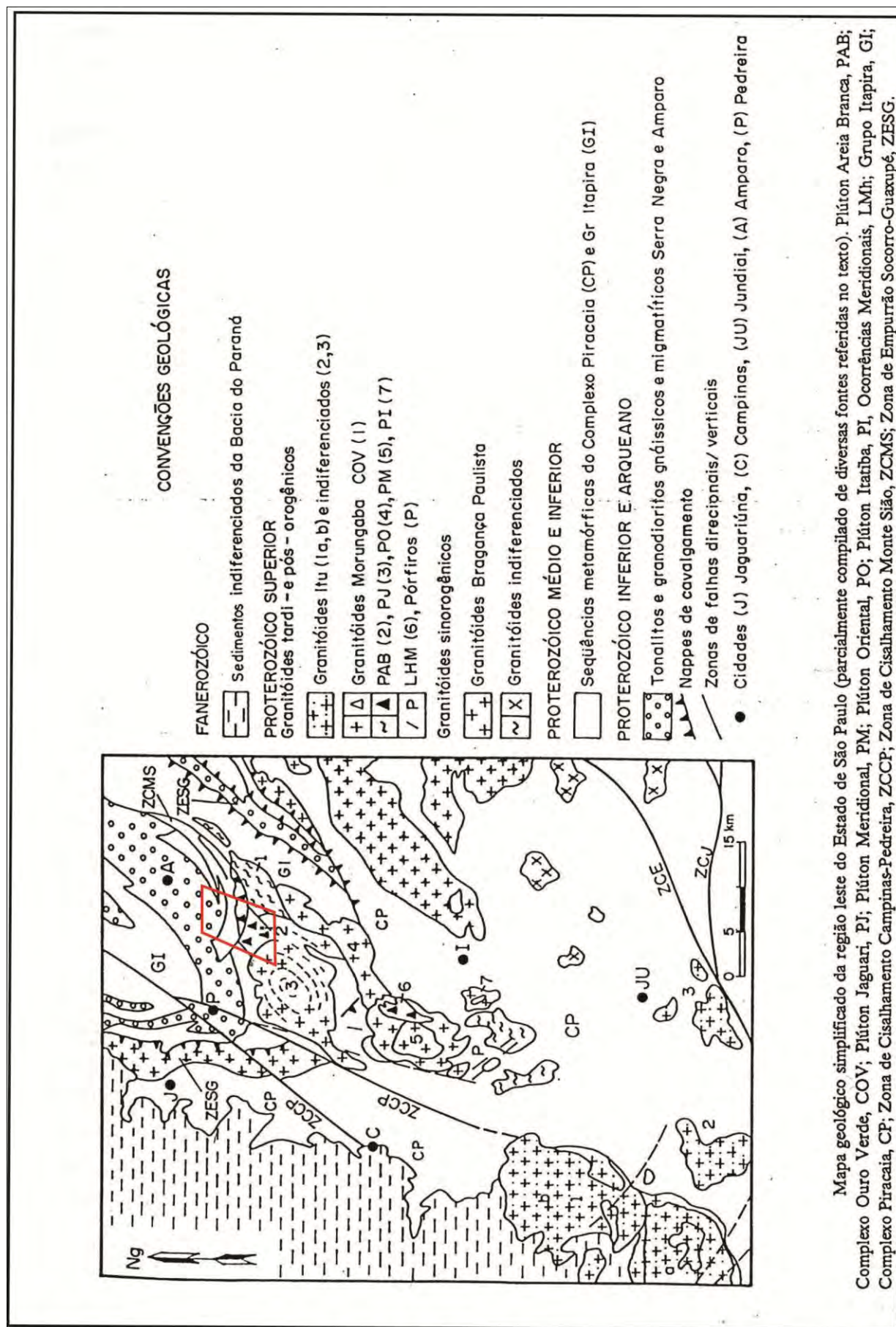
Apresentam zonas de cisalhamento e falhas, com rejeitos direcionais verificados ou inferidos, e fraturas associadas constituem dois sistemas com orientação NNE e N-S (predomina no Plúton Jaguari). As lineações minerais e de atrito são, em geral, subhorizontais, mas em vários afloramentos notam-se estrias com mergulhos médios a altos que indicam movimentos verticais (VLACH, 1993).

Figura 10 – Mapa geológico regional, com a localização da área estudada na Rodovia SP-360 traçado em amarelo.



Fonte: Artur (2003).

Figura 11 – Mapa geológico simplificado; com área de estudo traçada em vermelho.



Fonte: modificado de Vlach (1993)

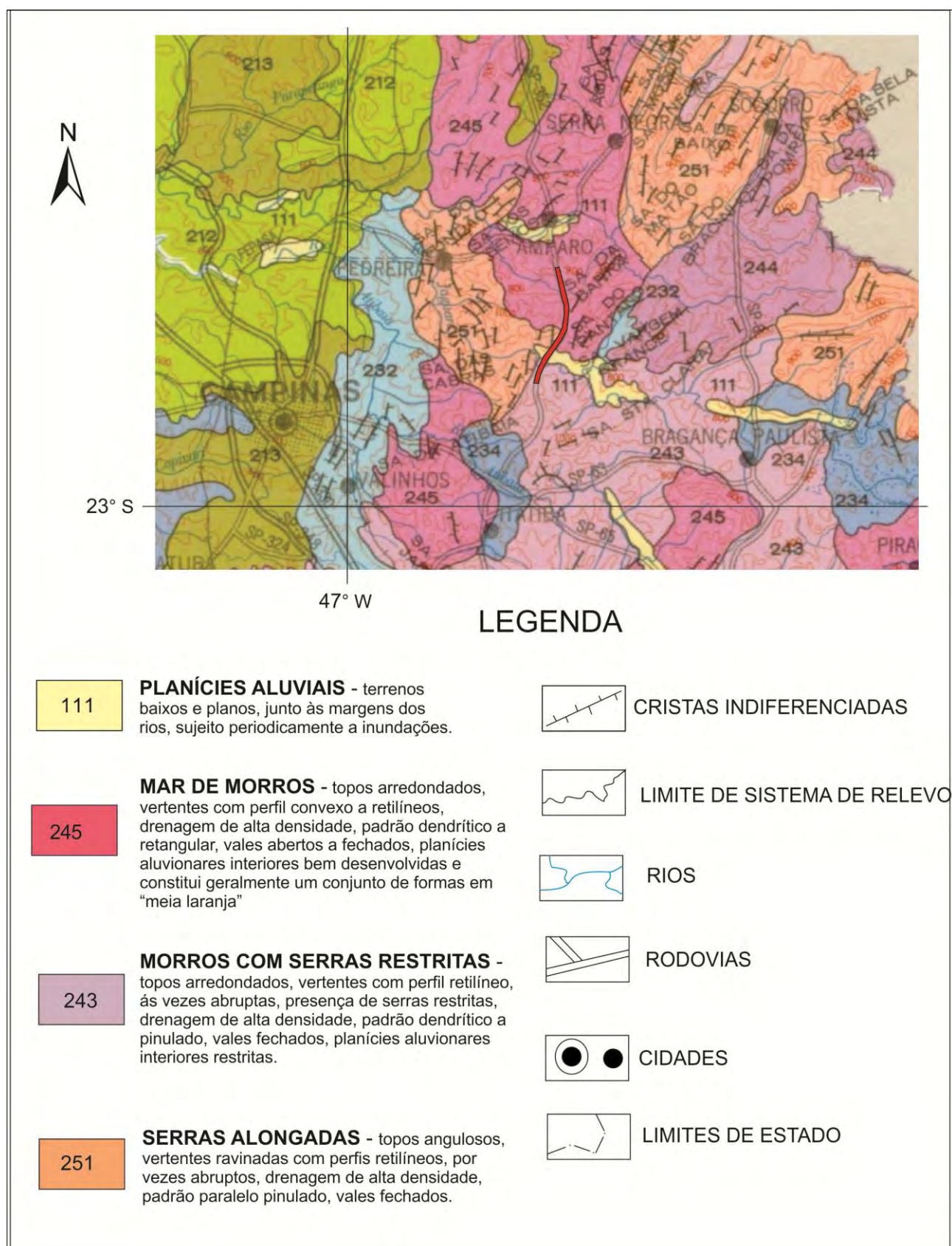
5.3. Contexto Geomorfológico Regional

Segundo Almeida (1964), a área de estudo deste trabalho encontra-se presente no Planalto Atlântico, possuindo um relevo bastante acidentado com morros e montanhas constituídos por rochas metamórficas e ígneas de idades que variam do Arqueano ao Neoproterozóico. As formas de relevo encontradas (figura 12) são as planícies aluviaias, os morros (declividades médias a altas, acima de 15%, e amplitudes locais de 100 a 300 metros) e montanhas (declividades médias a altas, acima de 15%, e amplitudes locais maiores que 300 metros) baseadas em IPT (1981).

Nas planícies aluviais estão presentes terrenos baixos e planos, junto às margens dos rios, sujeito periodicamente a inundações. No relevo de morros encontram-se os mares de morros e os morros com serras restritas. Segundo o IPT (1981), os mares de morros possuem topos arredondados, vertentes com perfil convexo a retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a retangular, vales abertos a fechados, planícies aluvionares interiores bem desenvolvidas e constitui geralmente um conjunto de formas em “meia laranja”. De acordo com o IPT (1981), os morros com serras restritas possuem topos arredondados, vertentes com perfil retilíneo, às vezes abruptas, presença de serras restritas, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a pinulado, vales fechados, planícies aluvionares interiores restritas.

No relevo montanhoso, segundo o IPT (1981), estão situadas as serras alongadas com topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos, por vezes abruptos, drenagem de alta densidade, padrão paralelo pinulado, vales fechados.

Figura 12 – Mapa geomorfológico da região, escala original 1: 1.000.000, com área de estudo traçada em vermelho identificando a Rodovia SP-360.



Fonte: modificado de IPT (1981).

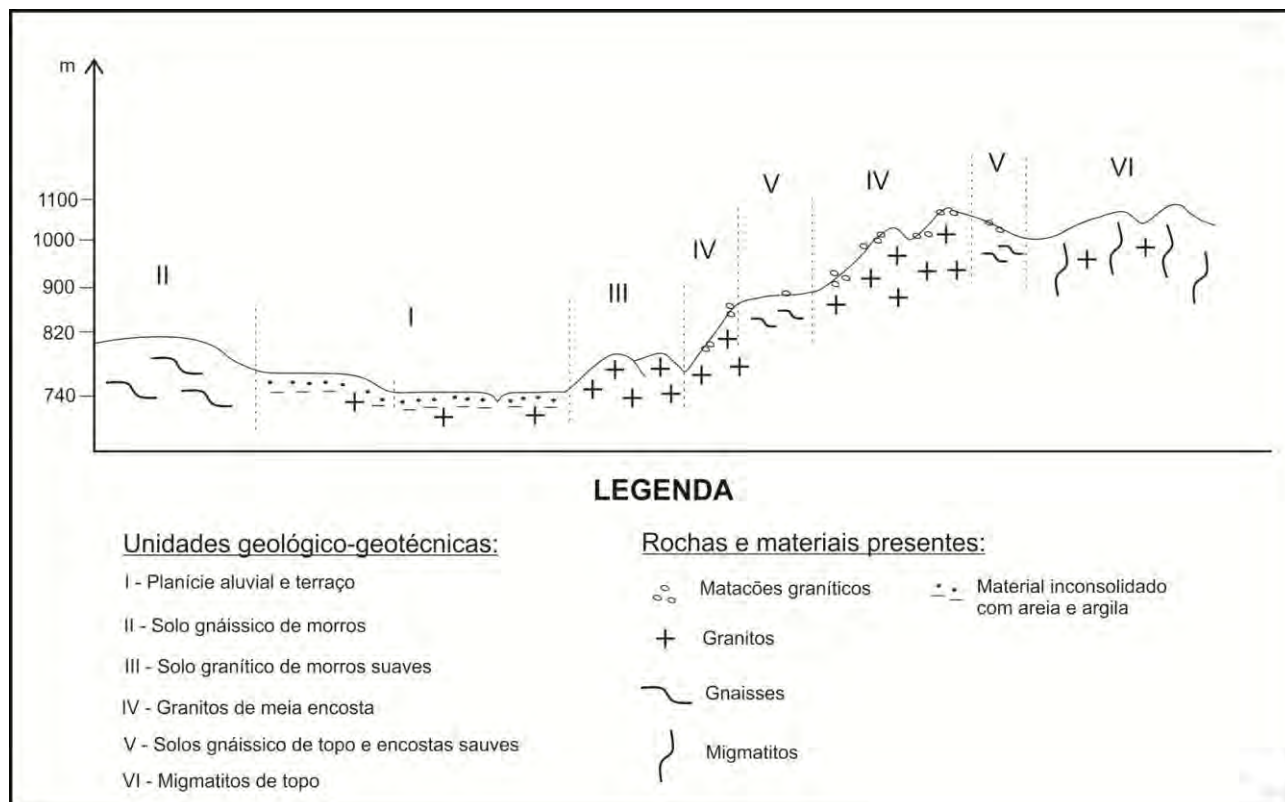
6. RESULTADOS

Neste capítulo são abordadas as descrições das unidades geológico-geotécnicas que foram compartimentadas na área estudada. Foram compartimentadas de acordo com suas características geológicas, geomorfológicas e pela fotointerpretação, além do seu perfil de alteração. Além da descrição, também é apresentada uma avaliação geotécnica dos processos geológicos presentes e elaboradas propostas de medidas corretivas necessárias para o tráfego rodoviário seguro.

6.1. Unidades geológico-geotécnicas

As unidades geológico-geotécnicas que foram encontradas neste trabalho são as seguintes: Unidade I – Planície aluvial e terraço; Unidade II – Solo gnáissico de morros; Unidade III – Solo granítico de morros suaves; Unidade IV – Granitos de meia encosta; Unidade V – Solo gnáissico de topo e encostas suaves; Unidade VI – Migmatitos de topo. Essas unidades também estão representadas em um perfil esquemático (Figura 13) que busca retratar as feições de relevo, altitudes médias e apresenta materiais e rochas em subsuperfície com a finalidade de compará-las entre as unidades e caracterização geral da área.

Figura13 – Perfil esquemático representativo das unidades geológico-geotécnicas no relevo e em subsuperfície.



6.1.1. Unidade I: Planície Aluvial e Terraço

O solo aluvial encontra-se depositado ao longo das principais drenagens da área em estudo, em planícies aluviais e terraços (depósitos aluvionares antigos). São caracterizados por um relevo bem plano e suave, chegam a 1,5 km de largura, como no caso do aluvião do Rio Jaguari. Estão situados nos pontos mais baixos da morfologia do terreno, em cotas que variam de 740 a 760 m no aluvião do Rio Jaguari e nos demais de 860 a 880 m.

Os aluviões presentes são formados por sedimentos inconsolidados, altamente heterogêneos, que foram erodidos, retrabalhados e transportados pelo curso d'água e depositados em seus leitos e margens, constituindo as planícies de rios (Foto 1). Sua composição é arenosa, siltica e argilosa, com espessuras que atingem até 4,0 m, dependendo do trecho, e presença de material orgânico.

Os depósitos aluvionares antigos são os terraços (Foto 2), que foram formados quando o nível de base do curso d'água estava em uma posição superior à atual, conforme observado no ponto 2 (Apêndice 1), formados por sedimentos inconsolidados, constituídos de cascalhos, areia, silte e argila, com granulometria grossa a média e possuem espessuras que chegam a 2,5 m (Figura 14).

Os processos que podem ser identificados nesta unidade são enchentes ou inundações no terreno, o que pode ocasionar paralisações e dificuldades no tráfego seguro pela rodovia.

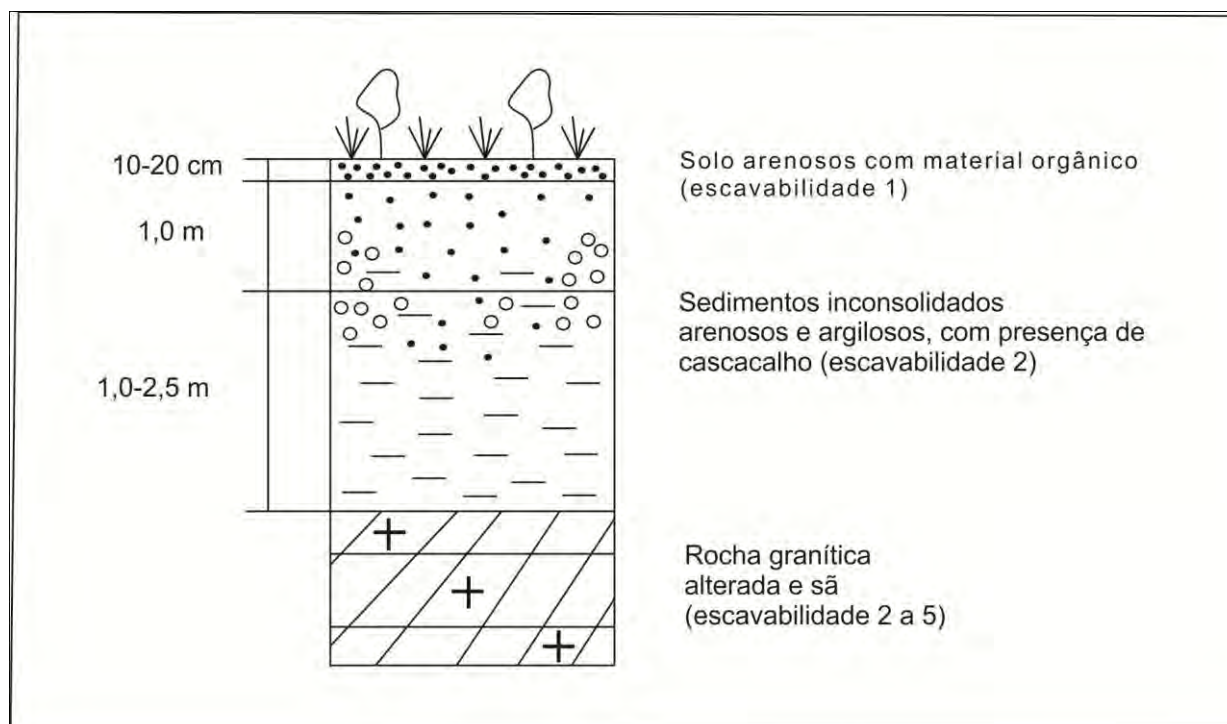
Foto 1 – Planície aluvial do Rio Jaguari (ponto 3).



Foto 2 – Solo aluvionar de terraço com sedimentos inconsolidados, constituídos por níveis de areia e argila, com presença de cascalhos (ponto 2).



Figura 14 – Perfil de alteração da unidade I (planície aluvial e terraço).



6.1.2. Unidade II : Solo Gnáissico de Morros

A unidade geológico-geotécnica II representa os solos gnáissicos de morros que se encontram na porção sul da área estudada, faz contato com a unidade I e ocorre a presença de solos coluvionares e residuais de alteração da rocha matriz. Esta unidade possui declividade média (15 a 25%), uma amplitude, também média, com suas altitudes variando de 740 a 820 m e possuem forma de encosta convexa (Apêndice 1).

Os solos coluvionares encontrados são argilo-arenosos, com espessura de 1 m e presença de “stone line”, que é uma camada de seixos decimétricos a centimétricos, presentes no horizonte B. O solo residual de alteração da rocha matriz (gnaisse) aparece logo abaixo (horizonte C), com composição quartzo-feldspática, de coloração avermelhada e granulometria média (Foto 3). Também estão presentes blocos rochosos nestes horizontes com espessuras que variam de 20,0 cm a 40,0 cm.

O material rochoso encontrado é um gnaisse que está alterado, possuindo uma granulometria média e composição quartzo-feldspática, com veios de quartzo e, coloração vermelho-alaranjada e amarelada, sendo que esta última demonstra maior processo de alteração (Foto 4).

Ao longo desta unidade é possível observar alguns processos de dinâmica superficial como escorregamentos de solo (Foto 5) e rolamento de blocos causados pela saturação do talude e possível ocorrência de processos erosivos, e presença de um solo bem alterado com pouca coesão.

Foto 3 – Solo residual de alteração de gnaisse (C) com coloração avermelhada, acima encontra-se o solo coluvionar (B). Afloramento com escorregamento de solo (ponto 1) em corte de estrada (SP-360).

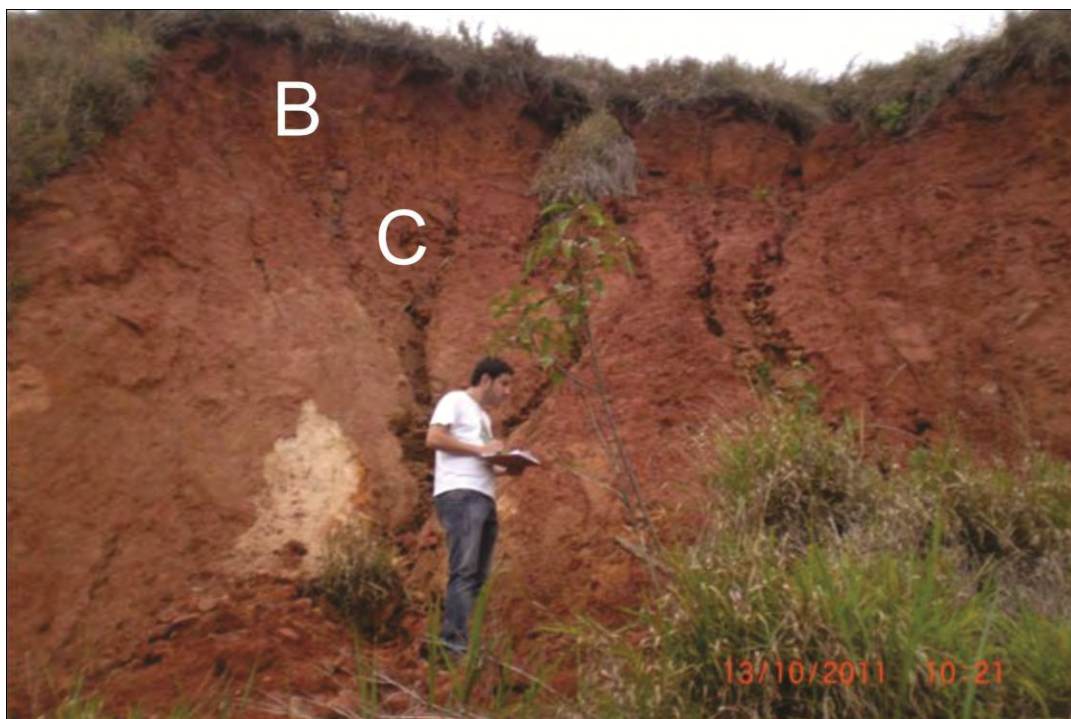


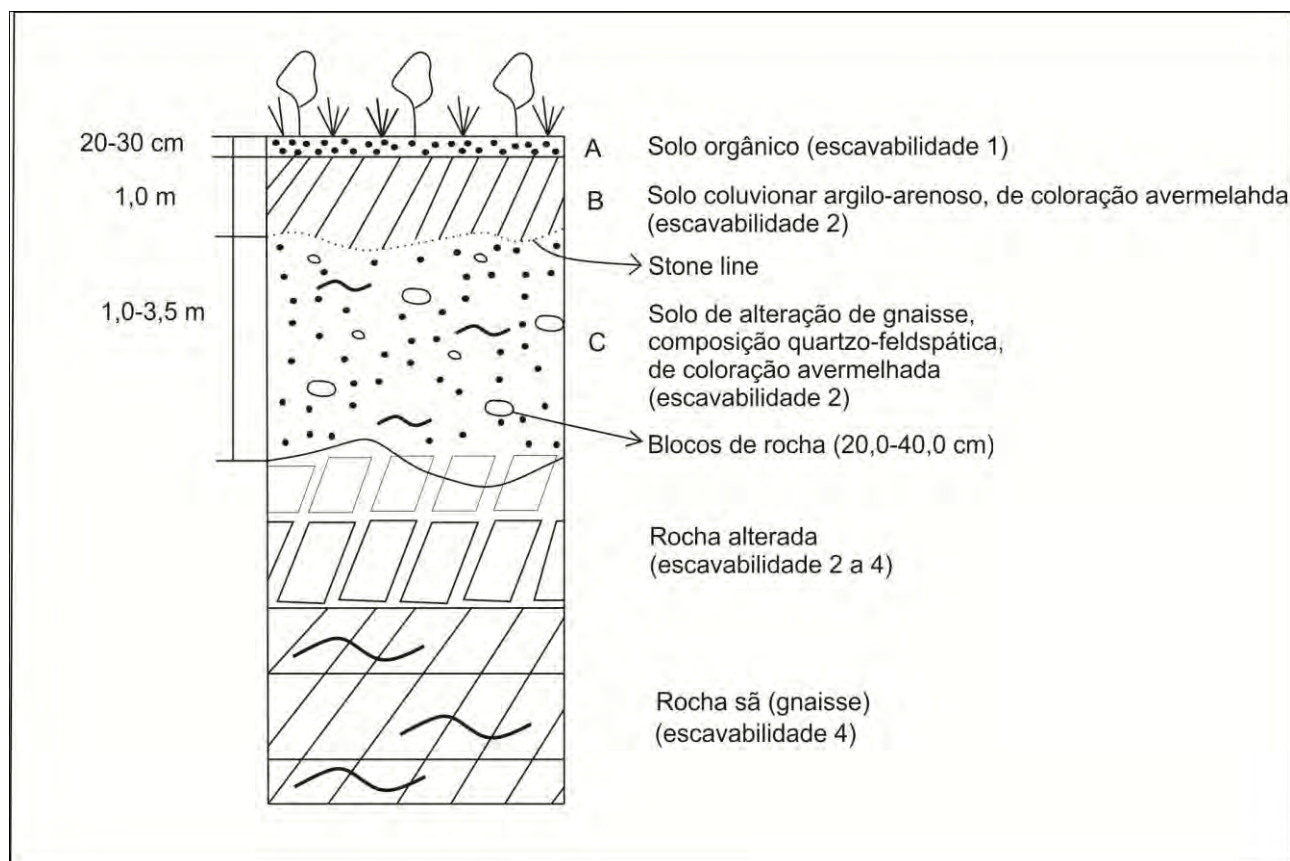
Foto 4 – Gnaiss alterado com veios de quartzo e coloração vermelho-alaranjada e amarelada (ponto 1).



Foto 5 – Escorregamento planar de solo (ponto 1) em corte de estrada (SP-360).



Figura 15 – Perfil de alteração da unidade II (solos gnáissicos de morros)



6.1.3. Unidade III : Solo Granítico de Morros Suaves

A unidade III retrata o Solo Granítico de Morros Suaves, com a presença de matacões graníticos em seu perfil de alteração (Figura 16) e pequenas porções gnáissicas, sua altitude varia de 750 m a 808 m. A declividade desta unidade é média, possuindo formas de encostas convexas e faz contato com as unidades I e a IV (Foto 6).

A rocha matriz é um granito equigranular, de granulação grossa a média, que encontra-se alterado e são, com coloração cinza claro e alaranjado (Foto 7), essa última caracteriza os processos de alterações intempéricas.

Apresentam solos coluvionares argilo-arenosos com presença de stone lines (horizonte B), em algumas regiões desta unidade o horizonte B não aparece, ou seja, a transição vai do A para o C direto. Os solos residuais de alteração graníticos apresentam espessuras de 1,0 m a 4,0 m, com granulometria média e coloração variando do alaranjado para o vermelho.

Associado a unidade, estão alguns eventos de dinâmica superficial como erosões e outros que foram encontrados no ponto 4, como escorregamento de solo, queda de blocos e rolamento (Foto 8). Estes são favorecidos pela presença de um solo pouco coeso, característico desta unidade.

Foto 6 – Contato entre as unidades geológico-geotécnicas III e IV.

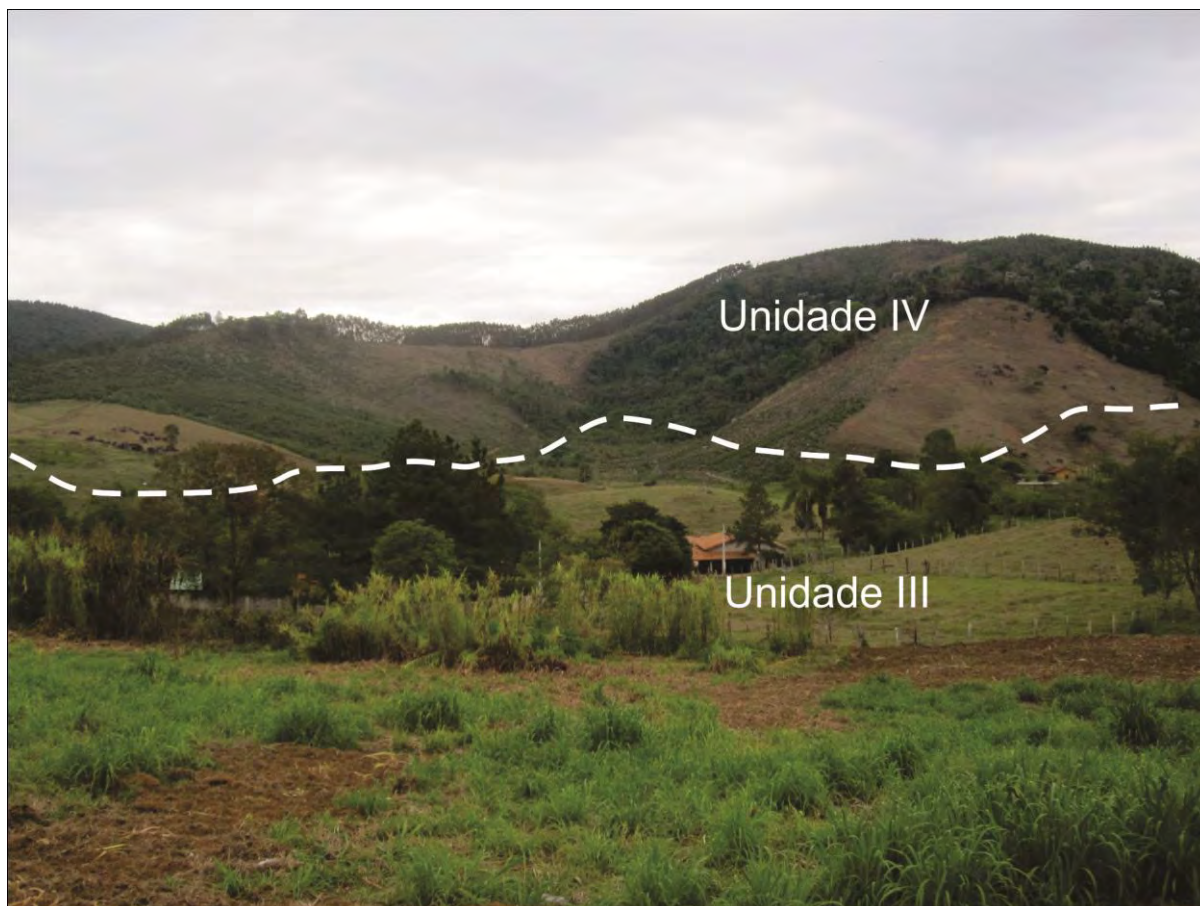


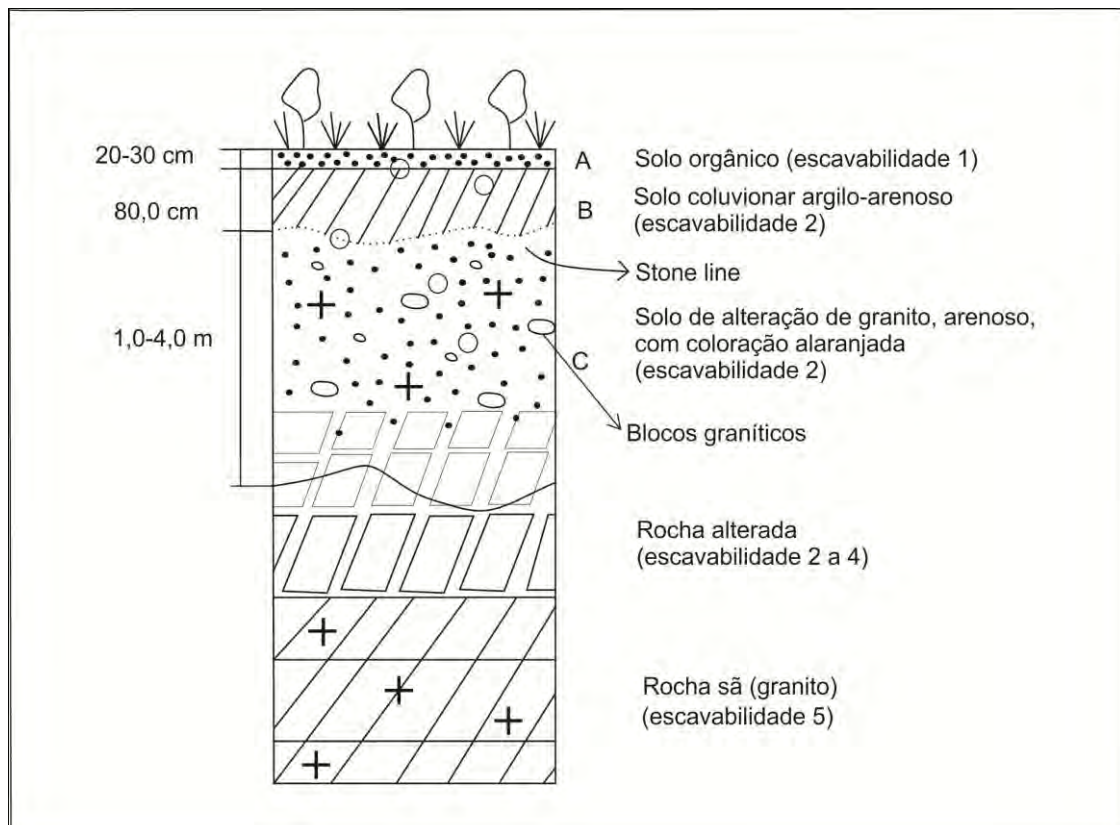
Foto 7 – Granito equigranular, alterado, de coloração cinza-alaranjado (ponto 4).



Foto 8 – Detalhe de escorregamento de solo e rochas (ponto 4).



Figura 16 – Perfil de alteração da unidade III (solo granítico de morros suaves).



6.1.4. Unidade IV: Granitos de Meia Encosta

Esta unidade possui a maior extensão em relação as outras unidades que foram mapeadas, está situada na porção central da região estudada. Ela é caracterizada pela grande presença de matacões graníticos ao longo de toda unidade, e em vários trechos ocorre presença da rocha sã aflorante (Foto 9 e 10) .

O material rochoso encontrado são granitos equigranulares, de granulometria média a grossa, com coloração cinza claro a escura e composição quartzo-feldspática. Este granito apresenta-se de maneira aflorante (Fotos 9 e 10), em muitas partes do terreno, estando sã e pouco alterado. Já em outras, encontra-se sub-aflorante pela ocorrência de matacões (material mais resistente), devido ao maior grau de alteração (Foto 11).

O perfil de alteração (Figura 17) da unidade IV é constituído pelo horizonte A com solo orgânico, o B é um depósito de tálus composto por blocos e fragmentos graníticos em matriz argilo-arenosa, com espessura de 80,0 cm. O horizonte C é um solo de alteração granítico de coloração laranja-avermelhado, granulometria média a grossa, composição quartzo-feldspática e espessura que vai de 1,0 m a 3,0 m. Abaixo dele encontra-se o granito sã.

A unidade possui um relevo montanhoso com base em IPT (1981), com formas de encosta predominantemente retilíneas, sua amplitude local é alta variando de 800 m a 1100 m, assim como sua declividade ($>30\%$). Essa característica íngreme, com solo pouco coeso, sua litologia granítica, junto com os processos de intemperismo físico e químico provocam processos de escorregamento de solos e rochas, e também, rolamento e queda de blocos nos taludes da rodovia.

Foto 9 – Granito são aflorante com presença de matacões e topo rochoso (ponto 6).



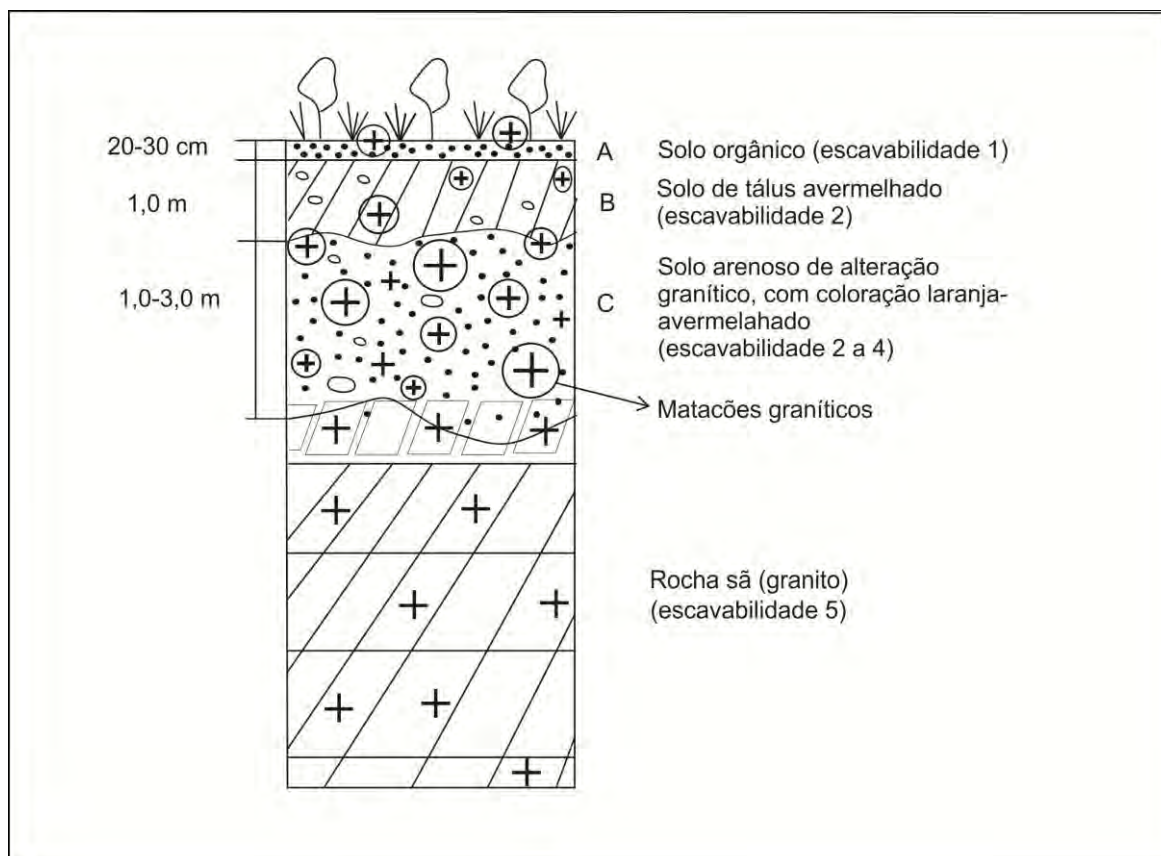
Foto 10 – Detalhe de escorregamento de solo e rocha, junto com rolamento e queda de blocos na Rodovia SP-360. Ao fundo, percebe-se paralisação no trânsito dos veículos devido este problema.



Foto 11 – Solo de alteração granítico (horizonte C) com presença de matacões sub-aflorantes e feições de escorregamento de solo e rocha, junto com queda e rolamento de blocos. Depositado acima, encontra-se o solo coluvionar (B). Afloramento em barranco de corte de estrada (ponto 9).



Figura 17 – Perfil de alteração da unidade IV (granitos de meia encosta).



6.1.5. Unidade V: Solo Gnáissico de Topo e Encostas Suaves

Os solos gnáissicos de topo e encostas suaves localizam-se na porção central e mais a norte da área mapeada, e eles fazem contato com as unidades I e III. São encontrados em um relevo suave, com formas de encostas convexas, amplitude local média variando de 860 m a 1000 m e declividade baixa a média.

O solo coluvionar correspondente ao horizonte B é argilo-arenoso, de coloração marrom-alaranjado e presença de um nível de seixos (Foto 12), decimétricos a centimétricos, denominados de stone line. Abaixo dele, está presente o solo de alteração do gnaiss, argilo-arenoso com coloração laranja-avermelhado, granulometria média e espessura que varia de 1,5 m a 4,0 m. Este solo caracteriza o horizonte C, e nele estão presentes matacões graníticos mais resistentes aos processos intempéricos (Foto 13).

Esta unidade apresenta pequenos escorregamentos de solo circulares e algumas erosões, como sulcos, em determinados trechos da rodovia.

Foto 12 – Detalhe do nível de seixos dentro do horizonte B (ponto 8).



Foto 13 – Afloramento referente ao ponto 10, de solo de alteração gnáissico (C) com matacões graníticos sub-aflorantes e acima encontra-se o solo coluvionar (B).

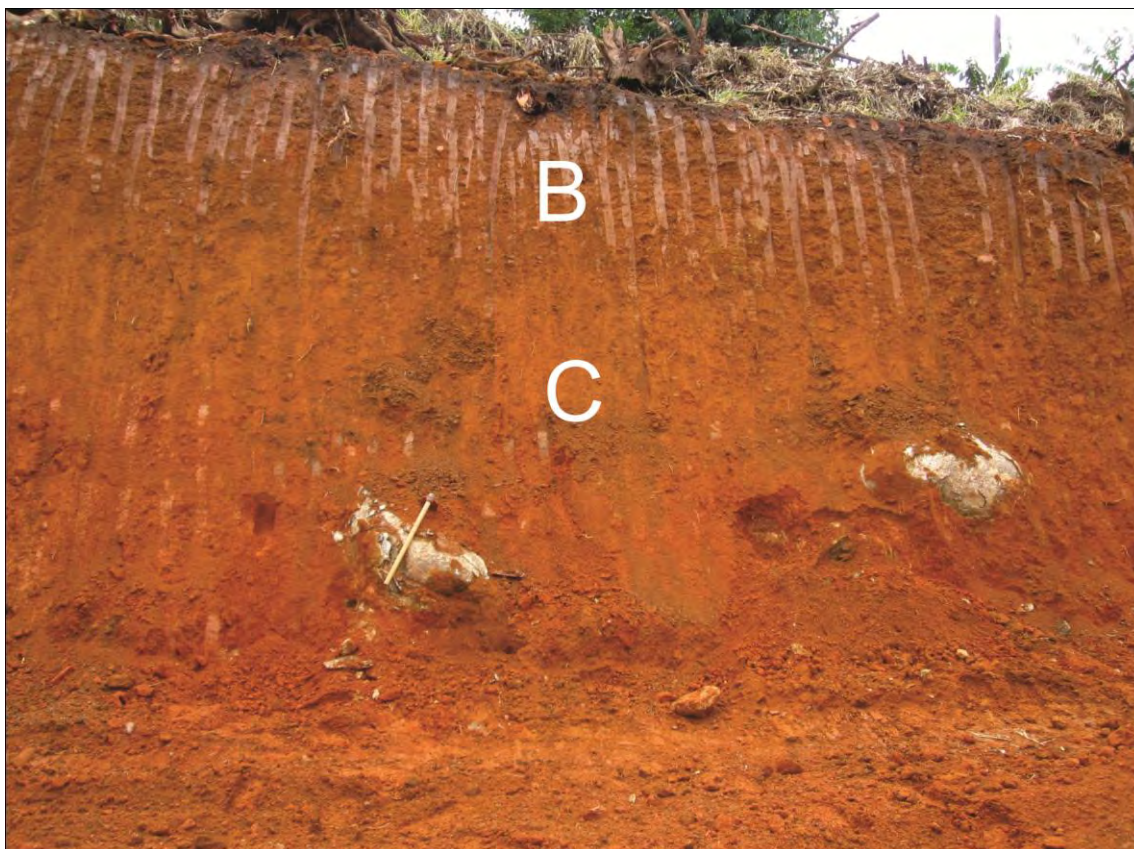
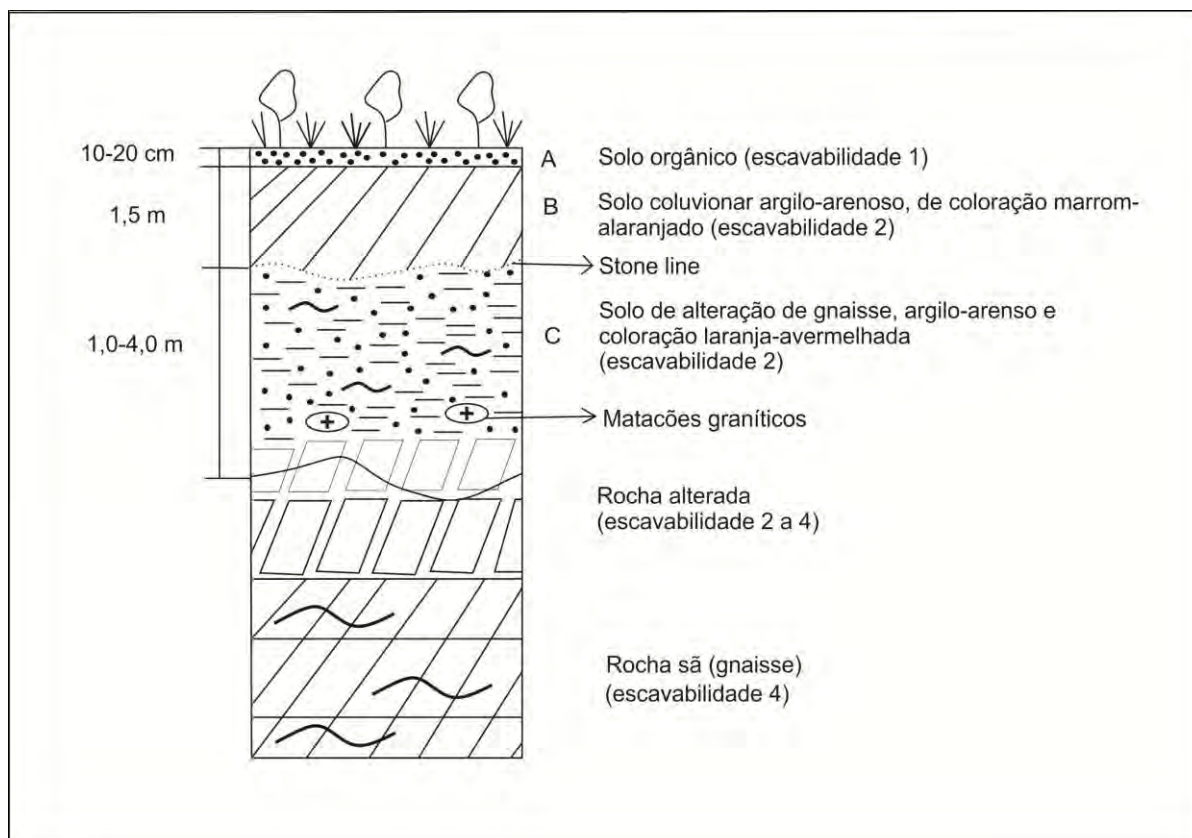


Figura 18 – Perfil de alteração da unidade V (solo gnáissico de topo e encostas suaves).



6.1.6. Unidade VI: Migmatitos de Topo

A unidade VI ocorre na porção norte da região mapeada, é formada por migmatitos com orientação preferencial N300W/65SE e é marcada pela presença de erosões como ravinamentos e sulcos. Apresenta forma das encostas convexas e algumas côncavas, com uma amplitude e declividade médias e altitudes que variam de 880 m a 1000 m.

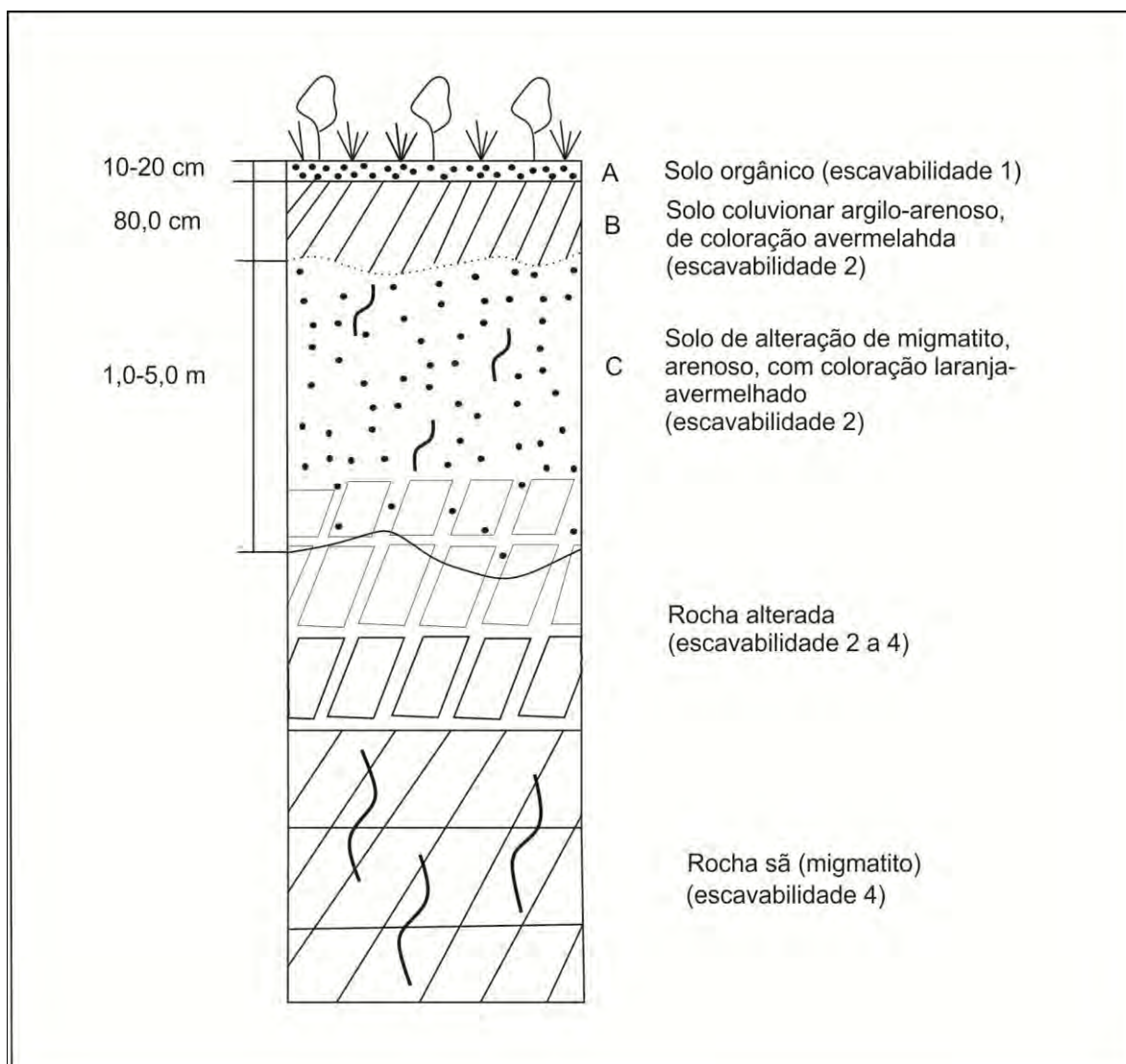
O perfil de alteração é caracterizado pela presença, bem definida, do solo de alteração e a rocha migmatítica alterada (Foto 14). Este solo de alteração é definido pelo horizonte C; ele é bem coeso, arenoso, de composição quartzo-feldspática, com espessuras que chegam a 4,0 m. Abaixo dele encontra-se a rocha alterada, com espessura que variam de 5,0 m a 10,0 m e escavabilidade de 2 a 4. Acima, o solo coluvionar argilo-arenoso, referente ao horizonte B, possui uma coloração avermelhada e é representado por uma fina espessura de 80 cm (Figura 17).

Foto 14 - Detalhe da transição do horizonte C, solo residual, para a rocha alterada (ponto 11).



Fonte: Google Earth.

Figura 19 – Perfil de alteração da unidade VI (Migmatitos de topo).



6.2. Avaliação geotécnica dos processos geológicos presentes e elaboração de propostas de medidas corretivas

Os materiais e rochas presentes ao longo da Rodovia SP-360, associado com os processos geológicos, pedológicos e hidrogeológicos são condicionantes que podem afetar diretamente a qualidade da estrada, assim como podem comprometer o fluxo seguro de veículos, de pedestres e causar acidentes.

Nos trechos em que a rodovia situa-se próxima a planície aluvial (unidade I) podem ocorrer enchentes ou inundações no terreno, o que pode ocasionar paralisações e dificuldades no tráfego seguro pela rodovia.

A unidade II (solos gnáissicos de morros) apresenta alguns processos de dinâmica superficial nos taludes da rodovia, como escorregamentos de solo (Foto 5) e pequenos rolamentos

de blocos que são causados pela saturação do talude, possível ocorrência de processos erosivos e presença de um solo bem alterado com pouca coesão. As medidas corretivas para estes processos são a remoção destes blocos, proteção superficial com impermeabilização através de imprimação asfáltica, de argamassa e concreto projetado ou gunita. Também é viável fazer obras de contenção por meio de telas para proteção.

Os solos graníticos de morros suaves (unidade III) apresentam processos erosivos de ravinamento e escorregamento de solo, queda de blocos e rolamento (Foto 8). Suas causas estão associadas a deficiência de proteção superficial, solo pouco coeso, inexistência de sistemas de drenagens e saturação do talude, principalmente em épocas de chuvas. As medidas corretivas possíveis podem ser a execução de proteção superficial através de impermeabilização como citado anteriormente, uso de vegetação, desmonte e remoção de blocos e contenção por meio de telas para proteção.

A unidade IV referente aos granitos de meia encosta é a mais crítica quanto aos problemas geotécnicos decorrentes dos processos geológicos de dinâmica superficial, apresentando núcleos e blocos rochosos e processos erosivos bem marcados. Com isso, também são atuantes os escorregamentos de solo e rochas, queda e rolamento de blocos. Suas causas são as mesmas da unidade III, mas também são agravadas pela sua característica íngreme com alta declividade.

As medidas corretivas são iguais as apresentadas anteriormente, mas quanto a queda de blocos é necessário primeiramente a remoção manual e individual de blocos instáveis, fixação destes com chumbadores ou tirantes e proteção com tela metálica, com ou sem gunita. Depois é necessário o impedimento da ocorrência de ciclicidade (umedecimento/secagem), através de proteção superficial com tela e gunita ou confinamento do talude, com camada de solo compactado.

Os solos gnáissicos de topo e encostas suaves (unidade V) são mais estáveis e homogêneos, com maior influência da pedogênese, os solos são bem coesos o que proporciona menor risco a rodovia. Ocorrem poucos problemas de escorregamento de solos e algumas erosões localizadas, as causas e medidas necessárias assemelham-se as usadas na unidade II, mas em menor escala.

A unidade VI, referente aos migmatitos de topo também é estável, com a presença de ravinações como processo de dinâmica superficial encontrado. Provavelmente formados por remoção da vegetação natural e ineficiência de sistemas de drenagem, suas medidas corretivas são implantações de drenagens superficiais e proteção superficial.

O quadro 3 sintetiza a comparação entre as características fotogeológicas, descrições das unidades geológico-geotécnicas e as avaliações geotécnicas quanto as fragilidades do terreno e medidas corretivas que são necessárias para conter os processos de dinâmica superficial e possibilitar maior segurança aos que trafegam na rodovia.

Quadro 3 - Comparação entre as características fotogeológicas, descrições das unidades geológico-geotécnicas e avaliações geotécnicas quanto às fragilidades do terreno e medidas corretivas

Unidades	Características fotogeológicas	Síntese das unidades geológico-geotécnicas	Avaliações geotécnicas
I – Planície Aluvial	Declividade baixa Amplitude baixa Encostas convexas para os terraços	Os aluviões constituem as planícies de rios e os terraços são depósitos aluvionares antigos. Ambos são formados por sedimentos inconsolidados, compostos de cascalhos, areia, silte e argila. Possuem espessuras que atingem até 4,0 m.	Áreas sujeitas a leitos de cheias e inundações. Os sedimentos inconsolidados possuem escavabilidade 2, sendo facilmente penetrável a ferramentas. Drenos laterais podem ser instalados.
II – Solo gnáissico de morros	Declividade média Amplitude média Encosta convexa Topo arredondado	Solo de alteração de gnaíse (1 m – 3,5 m), avermelhado com granulometria média, presença de blocos dispersos de rochas (20 cm – 40 cm). Acima dele, está o solo coluvionar com stone line.	Ocorrência de escorregamento de solo e alguns rolamentos de blocos. Os solos apresentam pouca resistência à penetração de ferramentas, possuem escavabilidade 2 e a rocha são 4. Necessita remoção de blocos, proteção superficial com impermeabilização através de imprimação asfáltica, de argamassa e concreto projetado ou gunita.
III – Solo granítico de morros suaves	Declividade média Amplitude média Encosta convexa Topo arredondado	Composta de solos coluvionares com stone line, e solos residuais de alteração granítica de coloração alaranjada (1,0 m – 4,0 m).	Apresentam processos erosivos de ravinamento, escorregamento de solos, queda de blocos e rolamentos. Além das medidas citadas na unidade acima, deve-se usar vegetações como proteção e obras de contenção por meio de telas.
IV – Granitos de meia encosta	Declividade alta Amplitude alta Encosta retilínea Topo anguloso/arredondado	Representada por granitos são aflorantes, equigranulares, cinza-claro a escuro. Presença de diversos matacões graníticos na superfície do terreno e sub-aflorantes no solo de alteração (1 m – 3 m). Presença de depósito de tálus.	Os granitos são e os matacões possuem escavabilidade 4, sendo resistentes à penetração. São suscetíveis a escorregamentos de solos e rochas, e queda e rolamento de blocos. Os processos e as medidas corretivas são os mesmos descritos nas unidades II e III, mas para queda de blocos é necessária a remoção de blocos instáveis, fixação destes com chumbadores ou tirantes e proteção com tela metálica. A seguir, é preciso impedir a ocorrência de ciclicidade (umedecimento/secagem).
V – Solo gnáissico de topo e encostas suaves	Declividade baixa a média Amplitude média Encosta convexa Topo aplainado	Solos de alteração de gnaíse (1,5 m – 4 m), argilo-arenosos, semelhantes à unidade II, e presença de matacões graníticos. Acima deles, presença de solo coluvionar com stone line.	Os solos possuem escavabilidade 2, ocorrem problemas de escorregamentos de solos e pequenas erosões. Medidas corretivas são as mesmas apresentadas na unidade II.
VI – Migmatitos de topo	Declividade média Amplitude média Encosta convexa/côncava Topo arredondado	Solo de alteração de migmatito (1 m – 4 m), bem coeso, arenoso de composição quartzo-feldspática. Acima dele, solo coluvionar.	Ocorrência de processos de ravinamento nos solos que possuem escavabilidade 2. Deve-se implantar drenagens superficiais e proteção superficial.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho desenvolvido obteve êxito na produção do mapa geológico-geotécnico (Apêndice 1) na escala de 1:25.000, ao longo e em faixa marginal, para cada lado da Rodovia Amparo-Morungaba (SP-360). Ele apresenta as seis unidades presentes no terreno, com suas descrições geológico-geotécnicas e os processos geológicos atuantes em cada uma delas. O mapa também pode ser usado para futuras obras de engenharias nas proximidades ou ampliação da rodovia, e para manutenção e remediação de trechos que apresentam riscos ao tráfego seguro na estrada.

As descrições e classificações das seis unidades geológico-geotécnicas presentes (Quadro 3), juntamente com a avaliação de seus processos geológicos e elaboração de propostas de medidas corretivas necessárias, com base no Manual de Geotecnica (CARVALHO, 1991), para o tráfego rodoviário seguro e conservação da qualidade da estrada, foram concluídas com sucesso.

A metodologia para caracterização geológico-geotécnica com análise integrada dos componentes do meio físico, associada a realização da fotointerpretação pelas imagens aéreas do Google Earth (um dos objetivos do trabalho) ao longo da rodovia, mostrou-se eficaz pela obtenção da estereoscopia e por apresentar diversas vantagens. Isso confirma e consolida este método para futuros trabalhos, possuindo mais vantagens do que desvantagens. As vantagens são:

- Imagens são coloridas;
- A estereoscopia foi atingida;
- A resolução das imagens é compatível com a escala de 1:25.000 proposta no trabalho;
- Opção de escolha do plano de vôo que melhor se encaixa ao objetivo do trabalho proposto;
- Fácil acesso e utilização dos mecanismos do Google Earth;
- Custo operacional baixíssimo, necessitando apenas da internet e impressora;
- Velocidade rápida na aquisição de dados;
- Pode-se trabalhar em diversas escalas.

As desvantagens são:

- Perda e distorção da sensação de profundidade, causadas pela resolução dos pixels;
- Perda e distorção da sensação de profundidade, causadas pela pobreza espectral das imagens (composição colorida).

Uma alternativa para melhorar a qualidade espectral das imagens é o aperfeiçoamento delas através de ajustes no contraste e brilho que podem ser realizados com auxílio do software Corel Draw, usando efeitos do mecanismo “bitmaps”, deixando mais nítida e melhorando as imagens.

8. Referências Bibliográficas

AGI. **Dictionary of Geological Terms**. Anchor Books, New York, 1976.

ALMEIDA, F. F. M. de, **Fundamentos geológicos do relevo paulista**, In: Geologia do Estado de São Paulo, Bol. IGG (41): 167-263, São Paulo, 1964.

ARTUR, A. C. **Complexo granitóide plurisserial Socorro: geologia, petrologia e recursos minerais**. 2003. 139 f. Tese (Livre-Docência) – Departamento de Mineralogia e Petrologia / Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, 2003.

AUGUSTO FILHO, O.; CERI, L. E. S.; MACEDO, E. S. **Carta Geotécnica da Serra do Mar**. In: CBGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia / IX COBRASEF, 6, *Anais*, p. 297-306, 1990.

BUENO, R. C. S.; SAAD, A. R.; OLIVEIRA, P. E. **Relação entre atributos geoambientais da paisagem e o desenvolvimento socioeconômico de Bragança Paulista, Estado de São Paulo, Brasil**. Revista UnG – Geociências V.6, N.1, 2007, 134-162.

CARVALHO P. A. S. de; **Manual de Geotecnia: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**, São Paulo. IPT, 1991.

CARVALHO, A.; LEPSH, I.F.; OLIVEIRA, J.B.; VALADARES, J.; ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado do município de Atibaia, SP**. Campinas, Bragantia, 1975, 34 (1): 1-58.

CAMPOS, M.C, NETO. **A Porção Ocidental da Faixa Alto Rio Grande — Ensaio de Evolução Tectônica**. São Paulo. 210 p. (Tese de Doutorado,IG/USP); 1991

GRABLER, G. G. **Mapeamento Geológico-Geotécnico na Rodovia Bragança Paulista – Itatiba (SP-063)**. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP. Rio Claro, 2010. 47p.

GRABLER, G. G.; ZAINE, J. E. MARTINS, S. C. **Ensaio de utilização de imagens do —gogle earth” em mapeamento geológico-geotécnico da rodovia sp-063 (bragança paulista a itatiba - sp).** In: Anais... 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, ABGE, São Paulo, 2 a 6 de novembro de 2011. CD Rom. 2011.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** Editora Edgard Blucher LTDA. São Paulo, 1993

HASUI, Y; OLIVEIRA, M. A. F. Província Mantiqueira: Setor Central. In: Almeida, F. F. M.; Hasui, Y .(Org). **O Pré-Cambriano do Brasil.** São Paulo: Edgard Blucher, 1984. p.308-339.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito-Neves, B. B. (Org). **Geologia do Continente Sul-Americano:** Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p.203-234.

IAEG; UNESCO. **Guide pour La Préparation dès Cartas Géotechniques.** Paris: Les Press de l’Unesco, 1976.

INFANTI JR. N, FILHO. N. F. **Processos de Dinâmica Superficial.** In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE. cap. 9, p.131-152, 1998

INSTITUTO de PESQUISAS TECNOLÓGICAS do ESTADO de SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** IPT, v.1, São Paulo, 1981. Escala 1:1000000.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro, IBGE – Secr. Plan. e Coord. Pres. Da República – Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 421 p.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. **Geologia de Engenharia.** 1.ed. São Paulo: ABGE, 1998.

REDAELLI, L.L.; CORELLO, L. Escavações. In: OLIVEIRA, A.M. dos S.; BRITO, S.N.A. de. **Geologia de Engenharia.** 1.ed. São Paulo: ABGE, 1998. Cap. 19, p. 311-330.

RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1965. 225p (il.).

RODRIGUES, R. & LOPES, J.A.U. **Rodovias**. In: Oliveira, A. M. S. & Brito, S. N. A. (eds.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. Cap. 25. p. 419-430.

SALOMÃO, F. X. de T. & ANTUNES F. dos S. In: OLIVEIRA, A.M. dos S.; BRITO, S.N.A. de. **Geologia de Engenharia**. 1.ed. São Paulo: ABGE, 1998. Cap. 6, p. 87-99.

SANTOS, A. R. dos; **Geologia de Engenharia: conceitos, métodos e práticas**. São Paulo, ABGE, IPT, 2002, 222p.

VASCONCELLOS, A.C.B.C. **O Grupo Andrelândia na Região a Norte de Ouro Fino, MG**. São Paulo. 199 p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP); 1988.

VAZ, L. F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. **Solos e Rochas**, São Paulo, 19, (2): 117-136, Ago, 1996.

VEDOVELLO, R. **Zoneamento Geotécnico, por Sensoriamento Remoto, Para Estudos de Planejamento do Meio-Físico – Aplicação em Expansão Urbana**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1993.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação - UBCs**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

VLACH S. R. F., **Geologia e Petrologia dos Granitóides de Morungaba, SP**. Tese de Doutorado, USP, São Paulo 1993, 414 p.

WERNICK E.; **A geologia da região de Amparo, leste do estado de São Paulo**. Tese, Rio Claro, 1967. 276p.

WHITTEN, D.G.A.; BROOKS, J.R.V. **A dictionary of geology**. [s.l.]. Penguin Books, 1976.

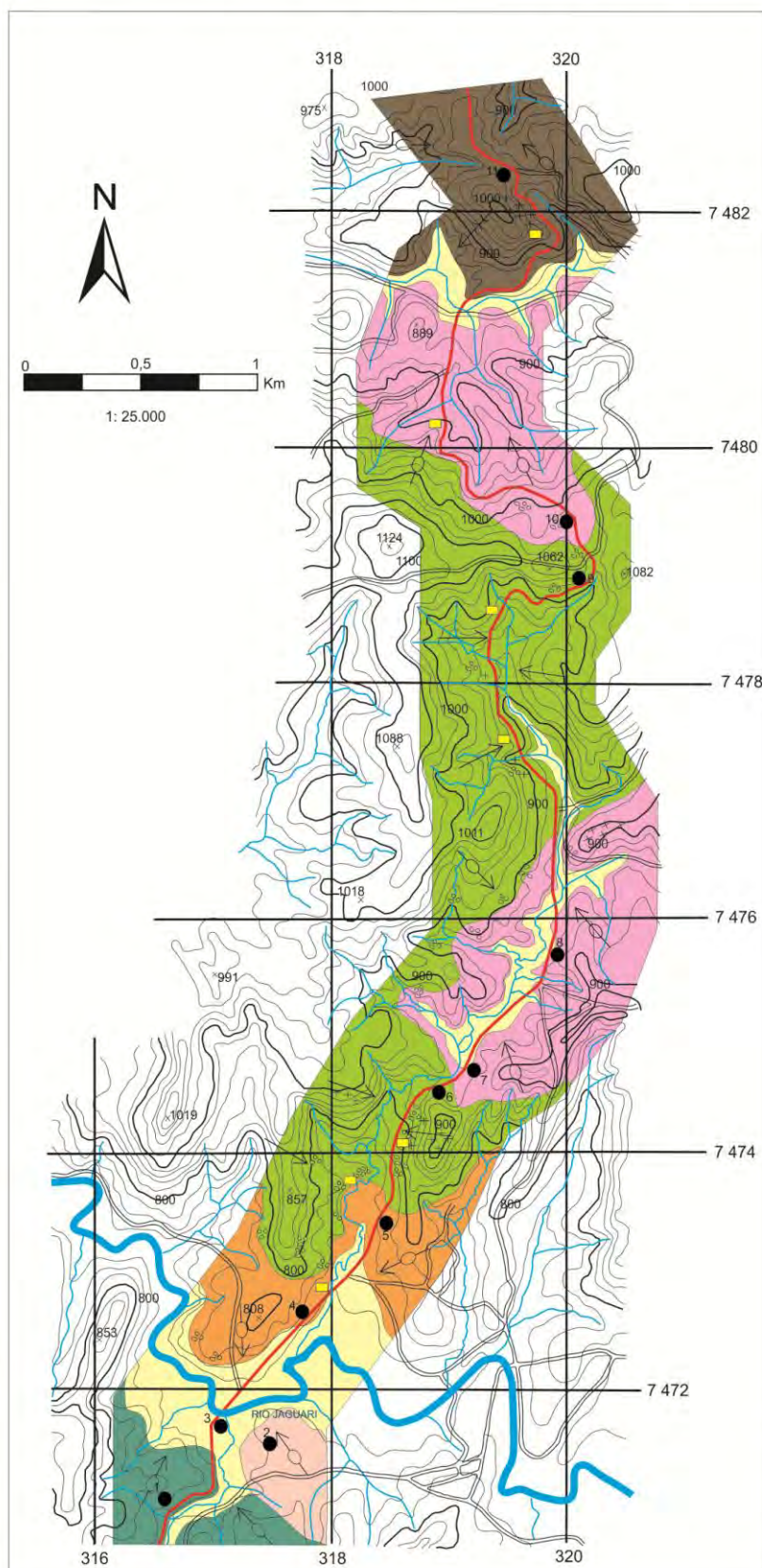
ZAINE, J. E. **Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG.** Tese (Livre – docência) - Instituto de Geociencias e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2011.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** Oficina de Textos. 190p. São Paulo 2004

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Mapeamento Geotécnico da Folha de Campinas – Escala 1:50.000.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, 1990 Salvador, BA. Anais. São Paulo, SP: ABGE/ABMS, 1990. v. 1, 231-241.

Apêndice 1

MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO



LEGENDA

Unidades Geológico-Geotécnicas

- Ia** Unidade I - Planície Aluvial e Terraço
Os aluviões constituem as planícies de rios e os terraços são depósitos aluvionares antigos. Ambos são formados por sedimentos inconsolidados, compostos de cascalhos, areia, silte e argila. Possuem espessuras que atingem até 4,0 m. Sujeitos a leitos de cheias e inundações.
- Ib** Unidade II - Solo Gnáissico de Morros
Possui declividade e amplitude média. Solo de alteração de gnáisse (1,0 m – 3,5 m), avermelhado com granulometria média. Também possui solo coluvionar. Ocorrem escorregamentos de solo e pequenos rolamentos de blocos.
- III** Unidade III - Solo Granítico de Morros Suaves
Apresenta declividade e amplitude média. Composta de solos coluvionares e solos residuais de alteração granítica de coloração alaranjada (1,0 m – 4,0 m). Ocorrem ravinamento e escorregamento de solo, queda de blocos e rolamento.
- IV** Unidade IV - Granitos de Meia Encosta
Granitos são aflorantes, equigranulares, cinza-claro a escuro. Presença de diversos matacões graníticos na superfície do terreno e sub-aflorantes no solo de alteração (1 m – 3 m). Presença de depósito de talus. Amplitude e declividade alta. Ocorrem escorregamentos de solo e rochas, queda e rolamento de blocos.
- V** Unidade V - Solo Gnáissico de Topo e Encostas Suaves
Possui declividade baixa a média e amplitude média. Solos de alteração de gnáisse (1,5 m – 4 m), argilo-arenosos e solos coluvionares. Apresentam escorregamento de solos.
- VI** Unidade VI - Migmatitos de Topo
Apresenta declividade e amplitude média. Solo de alteração de migmatito (1 m – 4 m), bem coeso, arenoso de composição quartzo-feldspática. Também possui solo coluvionar. Presença de ravinamentos.

Convenções Cartográficas

- RODOVIA SP-360
- ESTRADA
- CURVA DE NÍVEL
- DRENAGEM
- Ponto estudado
- Ponto de controle

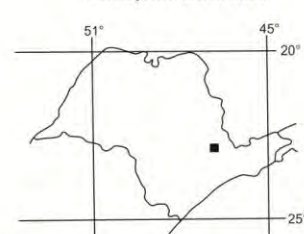
Convenções Geológico-Geotécnicas

- Forma de encosta convexa
- Forma de encosta retilínea
- Forma de encosta côncava
- Matacões graníticos
- Rocha sã aflorante

Articulação da Folha

Cosmópolis	Amparo	Socorro
Campinas	Valinhos	Bragança Paulista
Indaiatuba	Jundiaí	Atibaia

Localização da Folha no Estado



unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA Instituto de Geociências e Ciências Exatas	
Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia - 2011: Mapeamento Geológico - Geotécnico na Rodovia Amparo-Morungaba (SP-360)	
Apêndice 1 - Mapa Geológico-Geotécnico	
Bruno Masetti Ruivo	Escala: 1:25.000
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine	