



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Trabalho de Conclusão de Curso

Graduação em Geologia

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE TRECHO DA ESTRADA VICINAL
NA SERRA DE ITAQUERI, CHARQUEADA - SP**

Matheus Henrique Roldan

Prof Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

MATHEUS HENRIQUE ROLDAN

MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
DE TRECHO DA ESTRADA VICINAL NA SERRA DE
ITAQUERI, CHARQUEADA (SP)

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.

Rio Claro - SP

2011

624.151 Roldan, Matheus Henrique
R745m Mapeamento geológico-geotécnico de trecho da estrada na
Serra de Itaqueri, Charqueada-SP / Matheus Henrique Roldan.
- Rio Claro : [s.n.], 2011
72 f. : il., figs., quadros, fots., mapas + 2 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. Estabilidade de encostas e
taludes. 3. Cuestas. I. Título.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Nadir, meu pai Luiz e irmão Emanuel que acreditaram, apoiaram e contribuíram para minha conquista.

Ao meu irmão geólogo Luiz Fernando, pela inspiração, apoio e ensinamentos, durante a graduação.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Zaine, orientador e amigo, pela confiança, estímulo e ensinamentos, durante esta pesquisa.

Aos geólogos Dr. Lucas Warren e Letícia Vicente pela amizade, apoio, discussões e sugestões durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas e pessoas que conviveram comigo ao longo dos anos de universidade e que, de alguma forma, contribuíram com a minha formação em especial os amigos de graduação: Bruno Ruivo (Morangão), Caio Gonçalves (Pato), Conrado, Felipe Righetto, Flavio de Paula (Filé), José Roberto (Zela, Babur), Marcelo Gutierrez (Pança), Matheus Augusto (Tupã), Rafael Borges (Resgate), Rafael Sargentini (Xana), Sergio Toledo (Modelo).

Por fim, a minha namorada, Bruna, pela ajuda, infinita paciência, compreensão e incentivo.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Considerações Iniciais	11
1.2 Objetivos.....	12
2. MÉTODOS E ETAPAS	12
2.1 Levantamento e Análise de Documentação Bibliográfica.....	13
2.2 Compilação de Dados e Aquisição do Material Cartográfico	14
2.3 Preparação das Bases de Dados (SIG).....	14
2.4 Fotointerpretação	17
2.5 Trabalho de Campo	17
2.6 Caracterização Geotécnica	18
2.7 Elaboração do Relatório Final e Confecção do Mapa Geológico-Geotécnico	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 Riscos Geológicos	18
3.2 Processos do meio físico	24
3.3 Mapeamento Geotécnico	29
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	31
4.1 Localização e Vias de Acesso	31
4.2 Aspectos Geológicos Regionais	32
4.3 Aspectos Geomorfológicos.....	37
4.4 Pedologia	39
4.5 Clima	41
5. RESULTADOS	42
5.1 Mapa preliminar	42
5.2 Análise Morfométrica.....	44
5.3 Unidades geológico-geotécnicas	50
5.3.1 Unidade 1: Arenitos em colinas no reverso da <i>cuesta</i>	51
5.3.2 Unidade 2: Basalto em relevo de <i>front</i> de <i>cuesta</i>	54
5.3.3 Unidade 3: Arenitos em relevo de <i>front</i> de <i>cuesta</i>	57
5.3.4 Unidade 4: Depósito de Tálus e colúvio no sopé de <i>cuesta</i>	59

5.3.5 Unidade 5: Arenitos da Formação Pirambóia em relevo de meia encosta	61
5.3.6 Unidade 6: Solos coluvionares em relevo de topo de colina	66
6. CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de intemperismo padrão.....	23
Figura 2. Diferentes estágios do processo de rastejo de solo em encostas.....	27
Figura 3. Principais tipos de escorregamento.....	28
Figura 4. Processos de queda, tombamento e rolamento de blocos de blocos.....	28
Figura 5. Localização e principais vias de acesso a área de estudo.....	32
Figura 6. Carta estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro, Limeira e Piracicaba.....	33
Figura 7. Mapa geológico regional.....	36
Figura 8. Seção geológica com divisões geomorfológicas do Estado de São Paulo.....	37
Figura 9. Formas de relevo.....	39
Figura 10. Mapa pedológico regional.....	41
Figura 11. Mapa fotolitológico preliminar, com as unidade geotécnicas delimitadas sobre foto aérea na escala 1:25.000.....	43
Figura 12. Mapa Hipsométrico.....	46
Figura 13. Mapa de declividades.....	47
Figura 14. Mapa de Curvaturas em planta.....	48
Figura 15. Mapa de curvaturas em perfil (curvatura da encosta).....	48
Figura 16. Perfil esquemático de alteração de solo da Unidade 1.....	51
Figura 17 . Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 2.....	54
Figura 18. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 3.....	57
Figura 19. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 4.....	59
Figura 20. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 5.....	62
Figura 21. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 6.....	66

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Relevo de colinas no reverso da <i>cuesta</i> (Unidade 1).....	51
Foto 2. Talude de estrada bastante íngreme, exibindo perfil de alteração dos arenitos da Formação Itaqueri (unidade 1)(Ponto 16).....	51
Foto 3. Bloco de arenito da Formação Itaqueri, bastante cimentado, com clastos de até 2cm (Ponto 16).....	52
Foto 4. Solo eluvial areno-argiloso de coloração marrom avermelhada, laterizado e com abundantes nódulos formados pela concentração de óxidos e hidróxidos de ferro, (Ponto 14).....	52
Foto 5. Ravina com extensão de 40m com até 1,5m de espessura e 1,5m de profundidade, próxima ao ponto 16.....	52
Foto 6. Talude de 2,5m exibindo instabilização de massa (escorregamento) devido à alta inclinação. (Ponto 16).....	52
Foto 7. Relevo de <i>front</i> de <i>cuesta</i> demonstrando o contato entre as unidades 2 (basalto em relevo de <i>front</i> de <i>cuesta</i>) e 3 (arenito em relevo de <i>front</i> de <i>cuesta</i>).....	55
Foto 8. Basalto muito alterado e fraturado em talude da estrada CHQ-040 (Ponto 10).	55
Foto 9. Basalto amigdaloidal em contato com arenitos <i>intertrap</i> em afloramento de talude da estrada (Ponto 11).....	55
Foto 10. Talude de corte na estrada (CHQ-040), demonstrando basalto bastante fragmentado e micro-fraturado, com muitos blocos susceptíveis a queda e espalhados pela estrada. (ponto 18).....	56
Foto 11. Arenitos da Formação Botucatu expostos no <i>front</i> de <i>cuesta</i> da Serra de Itaqueri (Unidade 3).....	58
Foto 12. Arenito da Formação Botucatu bastante alterado sobreposto por solo coluvionar. (Ponto 7).....	58
Foto 13. Talude de estrada exibindo arenitos da Formação Botucatu (Unidade 3), bastante cimentados e fraturados. Blocos sujeitos a queda. (Ponto 22).....	58
Foto 14. Talude da estrada expondo <i>talus</i> contendo fragmentos centimétricos a decimétricos de rocha sobreposto a arenitos rosados da Formação Pirambóia (Ponto 5)	60
Foto 15. <i>Talus</i> composto por blocos angulosos de tamanhos variados (até métricos). Os blocos são predominantemente de arenito bastante cimentado típicos da Formação Botucatu. (Ponto 4).....	60
Foto 16. Blocos de diferentes tamanhos (métricos) rolados e erosão na canaleta de drenagem da estrada (CHQ-040). (unidade 4, ponto 5).....	60
Foto 17. Talude expondo depósito tálus, com blocos soltos e rolados na margem da estrada (CHQ-040). (unidade 4, ponto 5).....	60
Foto 18. <i>Talus</i> em drenagem de alta energia com blocos métricos, chegando a estrada. (Ponto 6).....	61
Foto 19. Sistema de canalização de água danificado. (unidade 4, ponto 5).....	61

Foto 20. Vista para Norte do relevo das unidades 5 (arenitos da Formação Pirambóia em relevo de meia encosta) e 6 (solos coluvionares em relevo de topo de colina). Em primeiro plano estrada CHQ-040 e ao fundo a Serra de Itaqueri.....	62
Foto 21. Talude da estrada expondo arenito da Formação Pirambóia com estratificação cruzada. (Ponto 19).....	63
Foto 22. Cascalheira marcando contado entre colúvio e Formação Pirambóia, (Ponto 3).....	63
Foto 23. Sulcos em arenitos da Formação Pirambóia exposto em talude. (Ponto3) ...	64
Foto 24. Erosão interna (<i>piping</i>) em arenitos da Formação Pirambóia. (ponto 5).....	64
Foto 25. Voçoroca em encosta esquerda da estrada. (Ponto 21).....	64
Foto 26. Voçoroca na margem direita da estrada. (Ponto 21).....	65
Foto 27. Voçoroca na margem direita da estrada. (Ponto 21).....	65
Foto 28. Movimentações de massa causada pelo pisoteamento de animais.....	65
Foto 29. Colúvio exposto em talude de aproximadamente 2,5m, na estrada (CHQ-040). (Ponto 2).....	67
Foto 30. Detalhe do material heterogêneo que compõe o colúvio. (Ponto 3).....	67

ÍNDICE DE DE QUADROS

Quadro 1. Principais problemas em taludes de rodovias do estado de São Paulo.....	20
Quadro 2. Características dos principais grupos de processos de movimentação de massa.....	27
Quadro 3. Caracterização preliminar das unidades geológico-geotécnicas.....	42
Quadro 4. Caracterização geotécnica das unidades.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Sequência de procedimentos para fotogeologia.

ÍNDICE DE DE APÊNDICES

APÊNDICE 1. Carta Geológico-Geotécnica (1:10.000)

APÊNDICE 2. Mapa de Pontos levantados em campo

APÊNDICE 3. Descrição dos pontos levantados em campo

RESUMO

Problemas geológico-geotécnicos que afetam encostas e taludes de cortes e aterro de estradas e rodovias geram diferentes tipos de instabilizações, essencialmente, por falta do necessário conhecimento do meio físico, resultando em projetos inadequados e construções deficientes, agravados pela má conservação da obra. Para a prevenção destes problemas a caracterização geológico-geotécnica de encostas e taludes é fundamental. Este trabalho trata-se do mapeamento geológico-geotécnico, na escala de 1:10.000, em trecho da estrada vicinal (CHQ-040) na Serra de Itaqueri, Charqueada-SP. Trecho conhecido por apresentar um histórico de problemas causados pelos mais diversos processos do meio físico, assim como erosões e movimentações de massa. A metodologia empregada baseou-se na análise integrada dos elementos do meio físico a partir do uso de fotografias aéreas para a compartimentação fisiográfica de unidades do terreno e trabalho de campo para avaliação das unidades a partir de registro de processos. Para este fim, foram aplicadas técnicas que buscaram a identificação e classificação dos diferentes tipos de problemas existentes, tais como erosões, escorregamentos em cortes e aterros, quedas, rolamentos de blocos, entre outros. Além da análise de perfis de alteração de solo, assim como suas espessuras e materiais presentes. O mapa geológico-geotécnico demonstrou como resultado 6 unidades, a saber: 1-arenitos em colinas no reverso da *cuesta*, 2-basaltos em relevo de *front* de *cuesta*, 3- arenitos em relevo de *front* de *cuesta*, 4- depósito de tálus e colúvio, no sopé da *cuesta*, 5- arenitos da Formação Pirambóia em meia encosta, 6- solo coluvionar em relevo de topo de colina. Associado ao material cartográfico é apresentada uma caracterização das unidades geológico-geotécnicas. Outros produtos cartográficos elaborados para este estudo são os mapas hipsométrico, de declividades e de curvaturas, todos na escala 1:10.000.

Palavras-chave: mapeamento geológico-geotécnico; estabilidade de encostas e taludes; Serra de Itaqueri; *cuesta*.

ABSTRACT

Geological-geotechnical problems affecting escarps as well as embankment and fill slopes of roads and motorways may generate different types of unsteadiness, which are mainly arisen from the deficient knowledge about the physical environment. This results in unsuitable engineering projects and inadequate executions, which can be worsened by an occasional inappropriate maintenance of the construction. A geologically-geotechnically characterization of escarps and slopes is crucial in order to prevent these problems. This work deals with a geological-geotechnical study of 1:10.000 scale mapping in a stretch of a local road (CHQ-40) at the Serra de Itaqueri, Charqueada town, State of São Paulo. The stretch is known by several physical problems as erosion and mass movement. The methods of study were based on an integrative analysis of the diverse elements of the physical environment by using aerial photographs - to obtain the physiographic compartmentalization of terrain units - as well as field work - to accomplish the evaluation of the units by employing sketch lists. To achieve this, we selected several techniques in order to identify and classify different types of existing problems as erosion, landslide in embankments and fill slopes, rockfall, block rolling, among others. We also included the analysis of soil horizon, thickness and composition. The geological-geotechnical mapping resulted in six units: 1- Sandstones in cuesta's backhill; 2 – Basalts in cuesta's front; 3- Sandstones in cuesta's front; 4 – Talus and colluvial deposits at cuesta's foothill; 5- Sandstones of the Piramboia Formation in hillside; and 6 – Colluvial soil in the hill top. A characterization of the geological-geotechnical units is detailed, coupled to the cartographic material. Other cartographic products elaborated for this study included 1:10.000 maps of hypsometry, slope and curvature.

Keywords: geological-geotechnical mapping; slope and escarp stability; Serra de Itaqueri; cuesta.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Trabalhos direcionados à estabilidade de encostas naturais e taludes reúnem um extenso desenvolvimento técnico-científico, envolvendo diversas áreas de estudo, tais como, geologia, geologia de engenharia, engenharia civil e de minas, geomorfologia, mecânica dos solos e das rochas (AUGUSTO FILHO & VIRGILI, 1998).

Taludes de corte em solo e em rocha freqüentemente estão sujeitos a problemas geotécnicos causados por processos de instabilização, tais como, incidência de focos erosivos e escorregamentos. Nas últimas duas décadas problemas geotécnicos têm causado acidentes relevantes em diferentes regiões brasileiras, muitas vezes envolvendo elevados custos materiais e, ocasionalmente vítimas fatais. Tratando-se de taludes em cortes, encostas e aterros de estradas e rodovias, a incidência de danos é freqüente e usualmente ocasiona risco a populações circunvizinhas, problemas de ordem estrutural e interrupções no tráfego, prejudicando assim a circulação destas vias.

Segundo Cunha (1991), as encostas naturais ou taludes são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo ou não, apresentar modificações antrópicas, tais como reafeiçoamentos, cortes, desmatamentos, introdução de cargas, etc.

Processos que envolvem a instabilidade de taludes e encostas naturais, em geral, evoluem ao longo do tempo em diferentes graus de intensidade e, quando observados em seus estágios iniciais podem ser identificados e/ou mitigados, evitando assim maiores custos às etapas de implantação e operação da obra (CARVALHO, 1991).

Segundo Augusto Filho & Virgili (1998), a realização de caracterização geológico-geotécnica na análise de estabilidade de encostas e taludes é fundamental na elaboração de projetos de contenção, bem como no indicativo de medidas emergenciais a fim de evitar a instalação e ampliação de focos de escorregamentos.

Tendo em vista a problemática apresentada, o presente estudo pretende realizar a caracterização de aspectos geotécnicos de encostas e taludes em um trecho da estrada municipal CHQ-040 (Charqueada, São Paulo). Para este fim, foram empregadas técnicas consagradas de mapeamento geológico-geotécnico, que buscaram a identificação e classificação dos diferentes

tipos de problemas do meio físico existentes, tais como erosões, escorregamentos em cortes e aterros, recalques, quedas, rolamentos de blocos, entre outros.

A estrada CHQ-040 é uma rota municipal não pavimentada que faz a ligação entre o município de Charqueada e Itirapina através da Serra de Itaqueri, localiza-se na elevação topográfica das *cuestas* basálticas que segundo Troppmair (2000), caracterizam-se por representar um degrau na geomorfologia da paisagem, que corta o estado no sentido norte-sul. Regionalmente, este relevo apresenta-se fortemente escarpado no limite leste com a Depressão Periférica Paulista, o que confere um aclave acentuado para o trecho analisado. A porção da estrada eleita para a presente análise, foi selecionada por possuir um amplo histórico de problemas geotécnicos associados à alta susceptibilidade a processos de fluxos gravitacionais e erosivos.

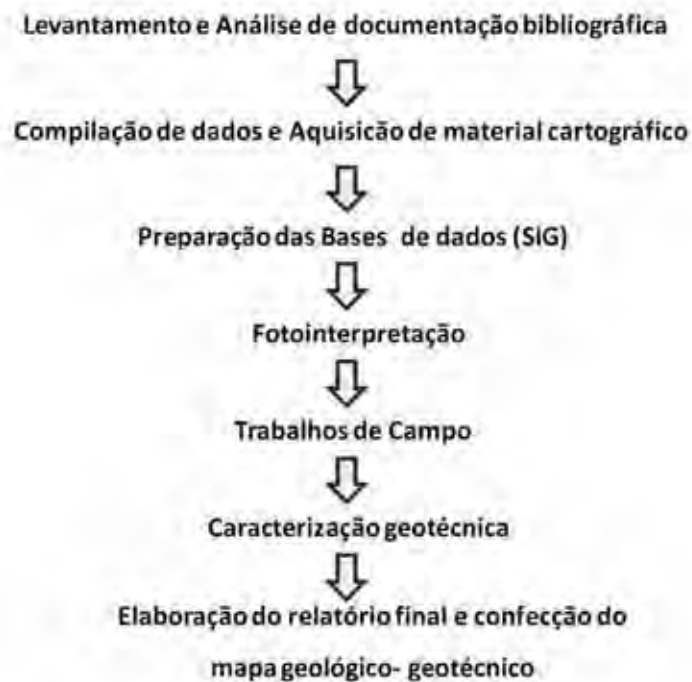
1.2 Objetivos

O principal objetivo deste estudo é a elaboração de um mapa geológico-geotécnico através análise integrada dos elementos do meio físico a partir do uso de fotografias aéreas para a compartimentação fisiográfica de unidades do terreno e trabalho de campo para avaliação das unidades a partir de registro de processos geológicos ocorrentes nas encostas e taludes de trecho da estrada CHQ-040.

O presente trabalho analisa uma faixa de 1 quilômetro de largura, contemplando 500 metros para cada lado do traçado da estrada. O mapeamento geológico-geotécnico foi executado na escala de detalhe (1:10.000).

2. MÉTODOS E ETAPAS

Para a execução deste trabalho procurou-se a utilização de um método de análise que permitisse identificar, diagnosticar e compreender a natureza e a dinâmica de desenvolvimento dos fenômenos geológico-geotécnico. A elaboração deste trabalho pautou-se em etapas concatenadas de aquisição e interpretação de dados, adotando fluxograma metodológico, exibido a seguir:



2.1 Levantamento e Análise de Documentação Bibliográfica

O levantamento bibliográfico consistiu na aquisição de dados e informações referentes ao tema proposto junto à bibliografia especializada. Essas informações serviram de base para todas as demais etapas do trabalho de pesquisa.

Neste sentido, priorizou-se a leitura crítica de referências concernentes aos seguintes temas: encostas naturais; taludes; taludes de corte; taludes de estradas e rodovias; estabilidade de encostas; estabilidade de taludes; investigação geológica e geotécnica; caracterização geológica e geotécnica; processos de instabilização; processos do meio físico; movimentos de massa (escorregamento, queda, corrida); mapeamento geológico-geotécnico.

Nesta etapa foram compilados os principais processos relativos à dinâmica superficial e sua contribuição na instabilização de encostas e taludes, tais como movimentações de massa e erosões, suas causas e conseqüências e os fatores naturais e antrópicos que os desencadeiam, etc. Nesta fase também foram estudadas metodologias de mapeamento geológico- geotécnico.

2.2 Compilação de Dados e Aquisição do Material Cartográfico

No intuito de sistematizar as informações compiladas foi criado um banco de dados composto pelo material obtido através do levantamento e análise de documentação bibliográfica (2.1) e do material cartográfico adquirido assim como, mapas geológicos, topográficos, geomorfológicos, pedológicos, geotécnicos, rodoviários, entre outros. Além desses documentos, foram utilizadas fotografias aéreas oriundas do IBC (1972), na escala 1:25.000. Também foram obtidos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) em formato GEOTIFF com resolução espacial de 90m, no *datum* WGS84. Estes produtos foram obtidos no sítio da EMBRAPA em Relevo (2011) e abarcam a área correspondente a folha SF-23-Y-A. A seguir tem-se a relação de bases cartográficas empregadas neste trabalho:

	Tipo	Nome	Fonte	Escala
Contexto regional	Mapa Geológico	Folha São Carlos do Pinhal (SF-23-Y-A-I)	Programa Geologia do Brasil - CPRM-2008	1:100.000
	Mapa pedológico do Estado de São Paulo	-	Embrapa 1999	1:500.000
	Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo	-	IPT- 1981	1:1.000.000
Bases Topográficas	Folha Topográfica	(65/87) Serra de Itaqueri (SF-23-Y-A-I-3-SE-D)	Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) - 1979	1:10.000
	Folha Topográfica	(66/87) Ribeirão da Serra (SF-23-Y-A-I-3-SE-F)	Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) - 1979	1:10.000

2.3 Preparação das Bases de Dados (SIG)

Na etapa de tratamento, análise, sistematização e confecção de bases cartográficas utilizou-se os programas ArcMap/ArcGis 9.3 – ERSRI, Corel Photo-Paint 14 e Corel 14 (Corel Corporation).

Vetorização de cartas, mapas e dados de trabalhos anteriores

Com o objetivo de caracterizar regional e localmente a área de estudo, os mapas (topográficos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos) selecionados na etapa anterior (2.2) foram digitalizados e armazenados em um banco de dados específico. Posteriormente, com o auxílio de um *software* de edição e processamento geoespacial, essas cartas foram georreferenciadas de acordo com suas respectivas coordenadas e datums geodésicos.

Modelos digitais de superfície e análise morfométrica

A metodologia aplicada nesta etapa foi fundamentada na integração, sistematização e interpretação de dados disponibilizados, a partir da utilização de técnicas consagradas de geoprocessamento. Para a análise morfométrica regional e de detalhe, foram elaborados dois modelos digitais em escalas distintas. Os modelos digitais de superfície consistem de uma malha de pontos georreferenciada contendo a elevação do terreno em cada ponto. Esta malha pode ser representada na forma de mapas, geralmente associados a uma escala gradual de cores que demonstram as elevações.

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) utilizados para análises regionais foram elaborados a partir da base de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), com resolução espacial de 3arcsec (~90m), foram posteriormente reamostradas para resolução aproximada de 50m o pixel, como alternativa para aumentar a definição do modelo, grohmann & steiner (2006) propuseram o método de reamostragem SDLN (*Short Distance-Low Nugget Kriging*). Esta metodologia, apesar de não aumentar o nível de detalhe do modelo original, proporciona maior coerência angular entre pontos vizinhos de uma superfície e elimina os ruídos inerentes aos dados brutos, reduzindo possíveis distorções nos pixels que tendenciam as interpretações.

Para a análise em detalhe da área de estudo foi elaborado um Modelo Digital de Terreno (MDT) que difere do MDE por representar de fato as cotas do terreno, eliminando as influências da vegetação (dossel das árvores) e edificações. O MDT foi obtido através de técnicas de geoprocessamento a partir de dados oriundos das cartas topográficas 1:10.000. A análise morfométrica regional e de detalhe representa uma ferramenta ágil para caracterização da área estudo e foi elaborada anteriormente aos levantamentos de campo. Para a análise morfométrica foram elaborados os seguintes subprodutos: mapa hipsométrico, mapa de declividades, mapa de relevo sombreado, mapa de curvaturas de terreno em planta e perfil.

Mapa Hipsométrico

A confecção do mapa hipsométrico consistiu na classificação altimétrica do relevo obtido diretamente dos modelos digitais de superfície. As classes foram definidas com base na variação topográfica apresentada pela área. Foi gerado um mapa regional com base no MDE (Modelo digital de elevação) e outro na escala de detalhe a partir de MDT (Modelo digital do terreno).

Mapa de declividade

O mapa de declividades determina as inclinações do terreno em cada ponto através do ângulo formado entre o vetor que representa o mergulho máximo da célula real e um vetor horizontal de mesma direção. Este produto cartográfico foi obtido por meio dos modelos digitais de superfície. As inclinações do terreno foram apresentadas na forma de graus, podendo atingir valores maiores que 45°, principalmente na base das encostas da Serra do Itaqueri. As classes de declividade foram delimitadas da seguinte forma: muito baixas (< 8°), baixas (8° - 16°), médias (16° - 24°), altas (24° - 32°) e muito altas (>32°)

Mapa de Relevo Sombreado

Os mapas de relevo sombreado compreendem imagens geradas a partir de modelos digitais de superfície, que simulam a iluminação artificial do terreno a partir de um ponto escolhido no espaço (azimute e inclinação). O resultado é uma imagem nas quais as porções de relevo voltadas diretamente para o iluminante aparecem em tonalidades mais claras e as porções escondidas pelos altos do relevo, em tonalidades mais escuras. Esta forma de apresentação tende a destacar as feições geomorfológicas mais marcantes como vales, cristas e escarpas orientadas em diferentes direções, constituindo uma ferramenta poderosa na extração de lineamentos estruturais do terreno.

Mapas de curvaturas

Com ajuda dos modelos digitais de superfície foram criados dois mapas de curvatura em planta e perfil. Estes mapas foram confeccionados considerando as superfícies do terreno de acordo com as formas côncavas ou convexas em relação a uma superfície basal, seja em planta ou perfil.

Quando observadas em planta, as superfícies côncavas configuram superfícies de espalhamento potenciais à dispersão de massa em eventuais instabilizações de encostas, ao passo que, quando convexas, constituem superfícies de concentração direcionais e potenciais à acumulação de materiais de fluxo. Quando observadas em perfil, as superfícies convexas

apresentam estabilidade inicial maior, porém configuram superfícies nas quais ocorre aumento progressivo de velocidade no caso da incidência de movimentação de massa. Por outro lado, superfícies com geometria côncava tendem a apresentar estabilidade inicial menor, nas quais o fluxo tende a desacelerar e se acumular no sopé dos taludes.

2.4 Fotointerpretação

Para a execução desta etapa utilizou-se de uma sequência de procedimentos para análise das características geológico-geotécnicas através da compartimentação fisiográfica de unidades do terreno. A análise fotointerpretativa foi realizada com o auxílio de um jogo de fotos aéreas, na escala 1:25.000 e as unidades foram individualizadas utilizando-se dos procedimentos indicados na tabela sugerida por Zaine (2011) no Anexo I.

Associada a base cartográfica, necessária para as atividades de geoprocessamento, foi realizada a elaboração do mapa geológico-geotécnico preliminar, com as feições extraídas das fotos aéreas e dos mapas temáticos, utilizando o *software Arcgis 9.3*.

2.5 Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo compreenderam a realização de perfis e caminhamentos para a identificação das principais características geológicas e geotécnicas das encostas e taludes do trecho da estrada selecionado. Nos trabalhos de campo foi priorizada a identificação de unidades geológico-geotécnicas existentes ao longo da estrada e efetuada a descrição e registro fotográfico das principais feições negativas do meio físico identificadas.

Foram observadas e cadastradas os seguintes parâmetros:

- Processos geotécnico
- Tipos litológicos e unidades lito-estratigráficas agrupadas em unidades geológico-geotécnicas;
- Tipos de materiais de coberturas inconsolidadas agrupados em unidade geológico-geotécnicas;
- Aspectos geomorfológicos, como sistema de relevo, formas, declividades;
- Tipos pedológicos, analisados e classificados a partir de nomenclatura da geologia de engenharia / geotecnia;
- Estimativa das espessuras aproximadas dos perfis de solos transportados (colúvios, aluviões) e dos solos residuais;
- Descrição das características geotécnicas dos solos e rochas (textura, granulometria, mineralogia, plasticidade, anisotropia, orientação da foliação, etc);

- Grau de fraturamento das rochas e atitude das discontinuidades;
- Descrição do grau de alteração dos maciços rochosos;
- Identificação de ocorrências de solos colapsíveis e compressíveis sujeitos a recalques; Identificação de solos ou camadas sedimentares expansíveis devido à presença de argilo-minerais;
- Ocorrência de subsidências, cavidades e outras feições cársticas desenvolvidas em rocha arenítica das formações Botucatu e Pirambóia;

2.6 Caracterização Geotécnica

Nesta fase do trabalho foram analisados e integrados os dados referentes a todas as etapas anteriores com intuito de individualizar e caracterizar as principais unidades geológico-geotécnicas presentes na área de estudo a fim de subsidiar a confecção do mapa geológico-geotécnico e elaboração do relatório final.

2.7 Elaboração do Relatório Final e Confecção do Mapa Geológico-Geotécnico

A última etapa foi dedicada à análise dos resultados e conclusões obtidas durante o desenvolvimento desta pesquisa. Nesta etapa serão elaborados o relatório final e o mapa geológico-geotécnico, finalidade principal do presente projeto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são expostos vários conceitos extraídos da literatura disponível, tais como as principais definições básicas relativas a risco geológico, processos do meio físico e mapeamento geológico-geotécnico aplicados ao estudo de encostas e taludes de corte em estradas e rodovias.

3.1 Riscos Geológicos

A evolução do planeta é o resultado da atuação de diferentes forças da natureza que se manifestam na dinâmica interna (vulcões, terremotos, etc) e na dinâmica externa, envolvendo principalmente processos construtivos e destrutivos atuantes na porção superficial da crosta (ALMEIDA & RIBEIRO, 1998). As dinâmicas internas e externas abarcam diferentes processos, sendo que a primeira é responsável pela origem dos relevos e depressões e a segunda pelos fenômenos de erosão e sedimentação, mantendo a superfície da terra em constante transformação.

Segundo Cerri & Amaral (1998), um fenômeno geológico pode ou não gerar perdas e danos a estruturas ou espaços antrópicos/ambientais, quando é encarado como um fenômeno acidental e não um evento. CERRI & AMARAL (1998) conceituam estas situações da seguinte forma:

Acidente: Fato já ocorrido, no qual foram registradas conseqüências sociais e econômicas (perdas ou danos);

Evento: Fato já ocorrido, no qual não foram registradas conseqüências sociais e econômicas relacionadas diretamente a este;

Risco: Possibilidade de ocorrência de um acidente.

O risco geológico é definido como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos antropicamente induzidos, ou não. Os estudos geológicos e geotécnicos para rodovias e estradas exigem o emprego de vários tipos de investigações, levando em consideração a diversidade de materiais ocorrentes ao longo do traçado e os objetivos propostos pelo projeto.

Segundo Rodrigues & Lopes (1998), os problemas de caráter geológico-geotécnico que podem afetar taludes rodoviários de corte o aterro e encostas naturais tanto em solo como em rocha, ocorrem basicamente devido à falta de conhecimento básico de aspectos do meio físico. Dentre os inúmeros processos que podem ocorrer em países de clima tropical, destacam-se a erosão e os movimentos gravitacionais de massa.

As principais causas destes problemas estão associadas à dinâmica superficial, geomorfologia desfavorável e aspectos geológicos e geotécnicos determinantes. O quadro 1 apresenta os problemas mais frequentes 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)	Deficiência de drenagem Deficiência de proteção superficial
	Longitudinal ao longo da plataforma	Concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	Localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	Concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	Internas em aterros (piping)	Deficiência ou inexistência de drenagem interna
Desagregação Superficial	Empastilhamento superficial em taludes de corte	Secagem ou umedecimento do material Presença de argilo mineral expansivo ou desconfinamento do material
	Superficial	Inclinação acentuada do talude
	Profundo	Relevo energético
Escorregamento em corte	Formas e dimensões variadas	Descontinuidades do solo e rocha
	Superficial em corte ou encostas naturais	Saturação do solo
	Profundo em cortes	Evolução por erosão
	Formas e dimensões variadas	Corte de corpo de talus
	Movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpos de talus	Alteração por drenagem
	Atingindo a borda do aterro	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

Quadro 1. Principais problemas em taludes de rodovias do estado de São Paulo (extraída de CARVALHO, 1991)

Dentro da geologia de engenharia, as características mais importantes, que traduzem a qualidade de um maciço rochoso, contemplam variações litológicas, grau de alteração da rocha e coerência do maciço. A classificação litológica ou petrográfica para aplicação em engenharia deve-se apoiar em conceitos objetivos, evitando nomenclaturas complexas e adotando apenas critérios tais como grupo genético, estruturas principais, textura, granulação e mineralogia (JUNIOR & OJIMA, 1998). Os tipos mais comuns de alteração que atuam nas rochas são classificados como primários ou intempéricos (meteóricos). Para a análise geotécnica, o segundo tipo de alteração é o de maior relevância, já que as ações intempéricas favorecem a diminuição da resistência mecânica, ao passo que possibilitam o aumento da deformabilidade e a modificação das propriedades de

permo-porosidade das rochas. Segundo Junior & Ojima (1998) a coerência de um maciço é definida com base em propriedades como tenacidade, dureza e friabilidade das rochas.

Estudos voltados à caracterização de descontinuidades e geologia estrutural de maciços se atém à análise de atitudes, persistência ou continuidade, espaçamento (entre as descontinuidades), rugosidade, abertura (distância entre as paredes) e preenchimento de falhas, fraturas e juntas. A presença de estruturas externas (fraturas, falhas, contatos, etc) e as condições hidrogeológicas são os fatores que determinam as características dos maciços rochosos, ao passo que a composição mineralógica, a textura (tamanho dos grãos), as estruturas internas (estratificação e xistosidade), a porosidade, a expansividade e as microestruturas dos minerais, definem o comportamento da rocha frente à alteração.

As classificações genéticas de solo mais utilizadas na geologia de engenharia são as classificações geológicas e pedológicas. Pedologicamente, os solos podem ser divididos em grandes grupos, identificados por características intrínsecas e por atributos tais como: granulometria, textura, estrutura, porosidade, etc. A aplicação da classificação pedológica em estudos de geologia de engenharia se foca principalmente na compreensão dos processos de dinâmica superficial, tais como a erosão.

Pastore & Fontes (1998) destacam que a classificação geológica corresponde à interpretação da gênese do solo, com base na análise tátil-visual realizada a partir de observações de campo, contempla principalmente a forma de ocorrência (morfologia) e as relações estratigráficas com outros tipos de solos e rochas. O material produzido pelo intemperismo pode sofrer a ação de processos pedológicos, erosivos e de transporte, originando novos tipos de solo. Os solos produzidos pelos intemperismo e pela diferenciação pedológica são denominados de residuais (“*in situ*”), por ocorrerem no mesmo local de formação. Ao passo que, os solos decorrentes da ação da erosão e transporte são chamados de solos transportados. Segundo Vaz (1996), estes solos apresentam as seguintes características:

Solos residuais ou “in situ”

Os processos de intemperismo que levam à formação dos solos estão condicionados à temperatura, chuva, umidade do ar, evaporação e ventos, dos agentes biológicos (vegetais e animais), da rocha matriz, do relevo e do tempo. O clima é responsável pela definição da espessura

e número de horizontes do solo residual, enquanto que a rocha matriz define a composição mineralógica do solo.

Solos Transportados

Os grãos minerais que constituem os solos residuais são o principal material que dá origem aos solos transportados, incluindo blocos de rocha ou fragmentos de minerais resistentes (quartzo, minerais pesados...). Durante o transporte, esses materiais ficam sujeitos à abrasão e desagregação. Como os processos envolvidos na gênese de solos transportados são essencialmente superficiais, estes podem englobar outros materiais, como restos orgânicos. Abaixo são descritos alguns dos principais tipos de solos transportados:

Aluviões: são constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d' água (incluindo lagoas e lagos) e depositados em seus leitos e margens.. Os principais fatores que afetam a formação dos aluviões são o material da área fonte e a energia ou capacidade de transporte do curso d' água. O pacote aluvionar comumente é heterogêneo e anisotrópico, no entanto, camadas isoladas podem apresentar composição aparentemente homogênea.

Coluviões: constituem depósitos de materiais inconsolidados e soltos, usualmente encontrados no sopé de encostas, São produzidos por movimentos de massa lentos, do tipo rastejo, ou rápidos, como os escorregamentos, compondo depósitos de materiais transportados pela gravidade. Além de serem predominantemente heterogêneo, os coluviões são sempre muito porosos e originam solos bem drenados, facilmente colapsíveis quando saturados e susceptíveis ao carregamento.

Tálus: são essencialmente formados por processos de transporte por gravidade em encostas semelhantes àqueles que produzem os coluviões. No entanto, os depósitos de tálus se diferenciam destes pela presença ou predominância de blocos e matações de rocha. A presença desses fragmentos indica a existência de solos pouco espessos na fonte, os quais restringem a ocorrência de tálus no sopé de encostas de forte declividade ou na base de escarpas rochosas.

Perfil de Intemperismo de regiões tropicais

Em ambientes essencialmente tropicais, a decomposição da rocha tende a decrescer com a profundidade (Figura 1).

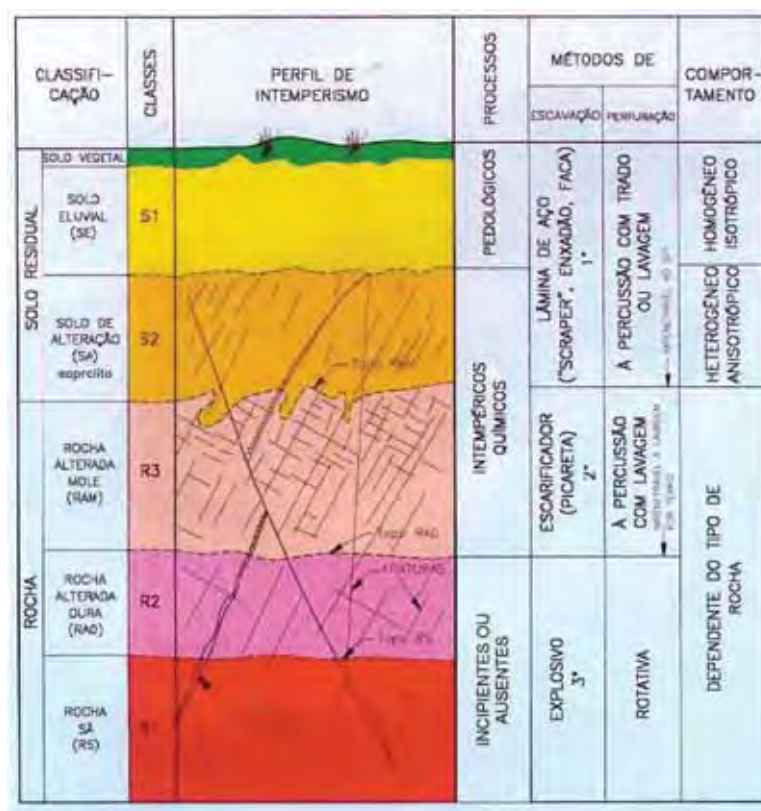


Figura1. Perfil de intemperismo padrão (VAZ, 1996)

O perfil representado na Figura 1 evidencia a presença de dois horizontes superficiais, compreendendo o solo eluvial e solo de alteração (solos residuais) separados da rocha original pelo critério de escavação. Este determina que apenas o material escavável por lâmina de aço, ou seja, escavável pela lâmina do trator ou do "scraper" ou por enxadão, faca e canivete deve ser considerado solo.

A transição entre os dois horizontes de solo superficiais e as camadas de rocha, geralmente é gradual, apresentando matacões e fragmentos de minerais e rocha em meio ao perfil de solo residual.

O horizonte S1, denominado de solo eluvial ou eluvionar (SE), é também chamado de solo residual maduro ou em determinadas regiões de solo laterítico. Este é sempre homogêneo em relação à cor, granulometria e composição mineralógica e, em geral, não exibe estruturas originais da rocha matriz, tais como estruturas requilias. O horizonte S2, denominado de solo de alteração, é também chamado de saprólito ou de solo residual jovem e é sempre heterogêneo em relação à cor, textura e composição mineralógica, apresentando eventuais estruturas preservadas da rocha matriz (xistosidade, estratificação, fraturas, falhas, dobras e contatos).

O horizonte R3 é denominado de rocha alterada mole (RAM) uma vez que pode ser escavado manualmente, com picareta, face pontiaguda do martelo de geólogo ou mecanicamente com escarificador. No horizonte RAM os minerais da rocha encontram-se fortemente alterados e descoloridos, sendo incipiente a alteração destes para argilo-minerais do solo.

O limite máximo para a escavação com picareta ou escarificador marca a separação entre RAM e RAD (Rocha de Alteração Dura), a partir do qual é necessária a utilização de explosivo para o desmonte. No horizonte RAD os minerais apresentam-se levemente descoloridos de maneira mais expressiva ao longo de fraturas nas quais ocorre infiltração de água. A distinção entre RAD e RS (Rocha Sã) é feita através da alteração mineralógica. O horizonte de RS apresenta minerais sãos ou praticamente sãos, com suas cores e resistência originais pouco modificadas.

3.2 Processos do meio físico

Os processos do meio físico consistem em uma série de fenômenos sucessivos com relação de causa e efeito, que resultam da interação de componentes materiais e tipos de energia, podendo ser deflagrado, acelerado ou retardado por agentes físicos, químicos e biológicos (fauna e flora) ou humanos, em determinado ambiente. São vários os processos do meio físico, os quais, no conjunto, expressam a própria dinâmica do meio. Dentre eles pode-se citar: movimentos de massa (erosão, escorregamento, rastejo, subsidência, etc.), processos pedogenéticos, inundação, movimento da água em superfície, entre outros.

Processos Erosivos

A erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas de solo e rocha, através da ação da gravidade em meios como a água, vento, gelo ou organismos (plantas ou animais). Os processos erosivos podem ser classificados como de fundo natural ou geológico, que se desenvolvem em equilíbrio com a formação do solo, e erosivos acelerados ou antrópicos, nos quais a intensidade é superior a da formação do solo, não permitindo a recuperação natural deste (INFANTI JR & FORNASARI FILHO, 1998).

A execução de cortes e aterros em solos pode originar superfícies frágeis devido à exposição de solos saprolíticos altamente erodíveis ou em decorrência da utilização de material de má qualidade na compactação das superfícies dos taludes (em aterros). Estes fatores associados 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 são descritas detalhadamente as 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 à interceptação do topo rochoso ou nível d'água, ser superior ao entalhe vertical.

Os fatores condicionantes de erosão subdividem-se em fatores antrópicos, como desmatamento, obras civis, urbanização, forma e ocupação do solo, e fatores naturais destacando-se a incidência de chuvas, ausência de cobertura vegetal, relevo (declividade, comprimento de rampa), tipo de solo (espessura, permeabilidade, porosidade e erodibilidade) e substrato rochoso (grau de alteração e fraturamento).

Nas obras de estradas e rodovias, a presença de dispositivos de drenagem mal executados, tais como bueiros, canaletas, valetas e sangras podem iniciar ou mesmo, incrementar os processos erosivos. Comumente, a existência deste problema tende a interferir na integridade da rodovia, principalmente devido à instalação de processos erosivos nos taludes de corte e aterro localizados a montante e jusante, ou mesmo no próprio leito da pista.

Movimentação de Massa

Escorregamentos e processos de movimentação de massa, geralmente incidem em perfis de solo, rocha ou ambos e ocorrem basicamente quando as forças de tração, condicionadas pela ação da gravidade atuando na declividade do terreno, superam as forças de resistências, como o atrito interno do material. No entanto, diferentes feições geológicas e geomorfológicas, antigas ou atuais, podem atuar como fatores condicionantes de escorregamentos, determinando a localização espacial e temporal dos movimentos de massa.

Em encostas, os processos de movimentação de massa são definidos como: rastejos (Figura 2), escorregamentos, quedas e corridas. As principais características destes movimentos de encosta estão representadas na quadro 2.

Os escorregamentos (Figura 3) podem ser classificados como translacionais ou planares (superfície de ruptura planar), circulares ou rotacionais (superfície de deslizamento curva) e escorregamentos em cunha (delimitada por duas estruturas planares).

Os movimentos de blocos, ou quedas (Figura 4), podem ocorrer a partir da atuação de quatro processos, a saber: queda de blocos, tombamento de blocos, rolamento de blocos e deslocamentos.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo (Creep)	Vários planos de deslocamento (internos). Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade. Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes. Solo, depósito, rocha alterada/fraturada. Geometria indefinida.
Escorregamentos (Slides)	Poucos planos de deslocamentos (externos) Velocidade média (m/h) a altas (m/s). Pequeno a grandes volumes de material. Geometria e materiais variáveis Planares: Solos pouco espessos, solos e rochas com plano de fraqueza. Circulares: Solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas. Em cunha: Solos e rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas (falls)	Sem planos de deslocamento. Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado. Velocidades muito altas (varios m/s). Material Rochoso. Pequenos a médios volumes. Geometria variável: lascas, placas, blocos etc. Rolamento de matacão Tombamento
Corridas (flows)	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação). Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha detritos e água. Grandes volumes de material. Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Quadro 2. Características dos principais grupos de processos de movimentação de massa (AUGUSTO FILHO, 1992)

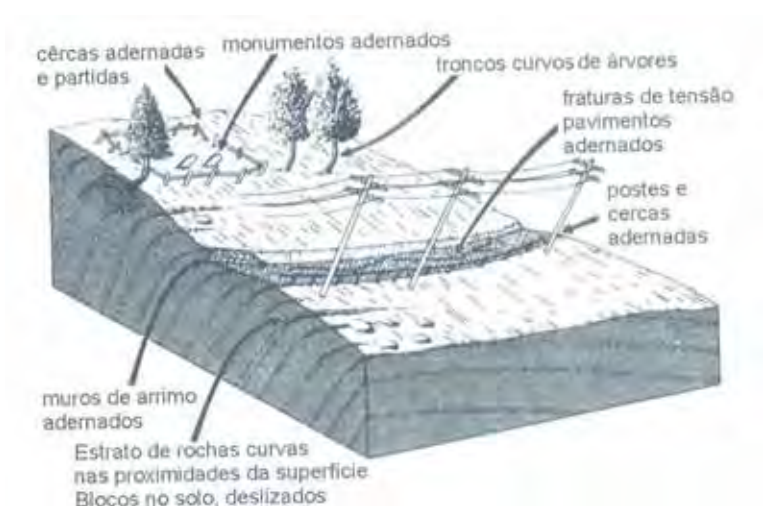


Figura 2. Diferentes estágios do processo de rastejo de solo em encostas (BLOOM, 1988 *apud* INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998).

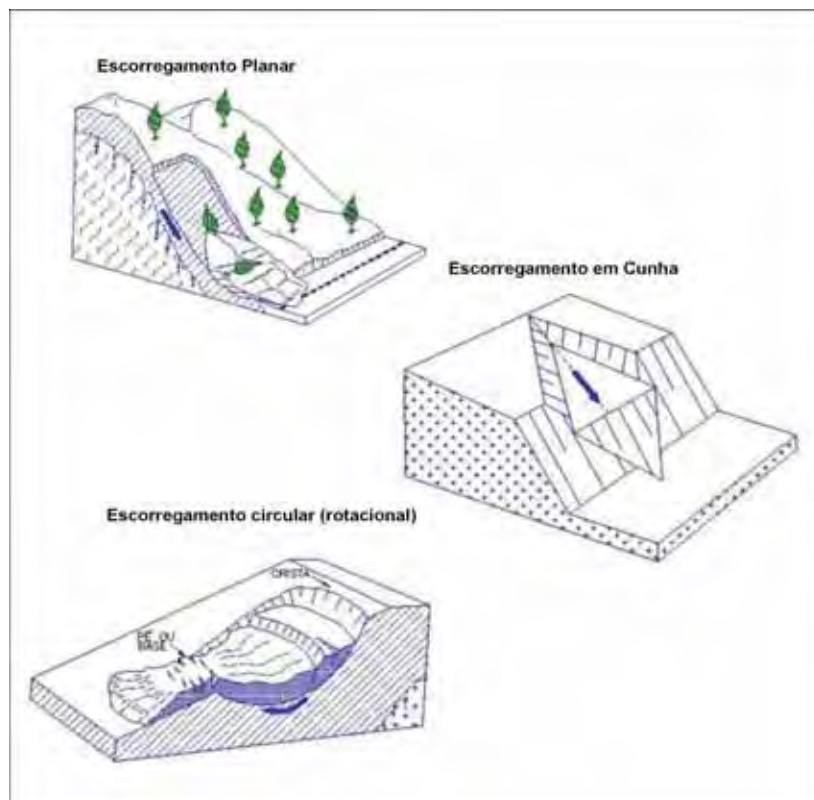


Figura 3. Principais tipos de escorregamento (INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998).

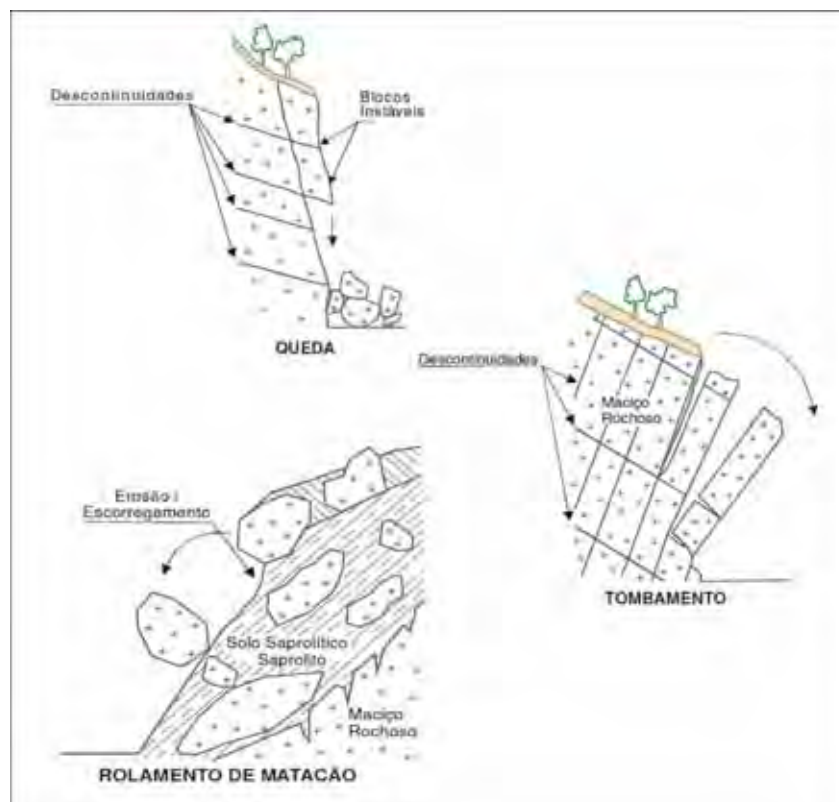


Figura 4. Processos de queda, tombamento e rolamento de blocos de blocos (INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998)

3.3 Mapeamento Geotécnico

As cartas e/ ou mapas geológico-geotécnicos consistem em um instrumento técnico de grande importância para a conciliação entre as atividades humanas e o meio físico. As cartas geotécnicas expressam, na prática, o conhecimento geológico aplicado ao enfrentamento dos problemas causados pelo uso e ocupação da terra, orientando medidas preventivas e corretivas para minimizar os danos ambientais e os riscos aos próprios empreendimentos.

O mapeamento geotécnico caracteriza-se como um procedimento destinado à investigação e avaliação geológico-geotécnica de um dado local. As cartas geotécnicas, mapas geotécnicos e plantas geotécnicas são produtos cartográficos que usualmente integram informações sobre um ou mais aspectos do meio físico. Segundo ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998):

"o termo mapa e carta referem-se aos documentos cartográficos que reúnem as informações, pertinentes a um ou mais aspectos do meio ambiente (meio físico, meio biótico e meio antrópico) e que são utilizados pelos usuários para as mais diversas finalidades".

Apesar das diferentes definições que são apresentadas, para efeito da presente pesquisa, são utilizados os termos cartas e mapas geotécnicos indistintamente, já que a análise detalhada da questão terminológica não corresponde aos seus objetivos.

ZUQUETTE (1987) define o mapeamento geotécnico como *"um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros...."*.

Já CERRI (1996) diz que

"A carta geotécnica envolve, necessariamente, a interpretação na definição dos limites espaciais de determinados atributos ou características do meio físico geológico, de acordo com o objetivo proposto pelo trabalho, independentemente da escala de representação cartográfica escolhida...".

A elaboração de uma carta geotécnica pressupõe um toque pessoal e subjetivo, de acordo com a formação profissional do elaborador (ou equipe técnica) e de sua experiência e competência técnica. Nesse sentido, as cartas geotécnicas elaboradas por diferentes autores, embora com os mesmos objetivos, nas mesmas áreas físicas e escalas, e em idênticas condições de trabalho, podem perfeitamente, resultar em produtos algo diferentes

A execução do mapeamento geológico-geotécnico exige necessariamente, uma interpretação de determinada(s) característica(s) ou atributo(s) do meio físico geológico em face ao objetivo do trabalho, independentemente da escala de representação cartográfica escolhida.

Segundo CERRI (1990), os objetivos das cartas geológico-geotécnicas variam de acordo com o tipo de produto e o grau de detalhe almejado:

Genéricas: são as cartas indicativas e orientativas que subsidiam o planejamento do uso e ocupação do solo.

Específicas: são determinísticas e restritivas, impondo condições de projeto, associadas a uma determinada forma de uso e ocupação do solo.

Os diferentes tipos de cartas geotécnicas tem a finalidade de:

- Servir como subsídios à elaboração de projetos voltados ao planejamento e gerenciamento do uso e ocupação do solo;
- Oferecer subsídios a estudos de impacto ambiental;
- Impor ou sugerir restrições à ocupação de áreas de riscos geológicos;
- Contribuir na definição de locais mais adequados, nos cuidados e estudos específicos para implantação de obras de engenharia;
- Ajudar na estimativa ou mesmo na redução dos custos de implantação dos empreendimentos;
- Colaborar no estabelecimento de critérios técnicos para eficientes sistemas de manutenção das obras de engenharia.

ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998) destacam que as cartas geológico-geotécnicas apresentam aplicação em dois grupos distintos, referentes a obras civis e ao planejamento urbano, territorial, ambiental, e desenvolvimento e conservação do meio ambiente. ZUQUETTE & GANDOLFI (1990) relacionaram os elementos a serem considerados na elaboração de mapas geotécnicos, são eles:

- 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. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 Localização e Vias de Acesso

A CHQ-040 é uma estrada municipal não pavimentada, pertencente ao município de Charqueada, São Paulo. Este município possui uma área de 175,998 km² e uma população de 15.085 mil habitantes, desses 13.686, ou seja, 90,7% residem na área urbana (IBGE, 2010).

A estrada municipal dista 187 quilômetros da capital paulista situando-se a latitude 22°47'06" Sul e a longitude 47°47'43" Oeste e é responsável pela ligação entre os municípios de Charqueada e Itirapina, cruzando a Serra de Itaqueri e atravessando os limites municipais de São Pedro e Ipeúna. O trecho de estudo esta presente nas folhas topográficas Serra de Itaqueri (SF-23-Y-A-I-3-SE-D) e Ribeirão da Serra(SF-23-Y-A-I-3-SE-F).

O principal acesso a área se dá através da Rodovia Washington Luiz (SP-310), até a rodovia Irineu Penteado (SP-191), chegando o município de Charqueada de onde parte a estrada em estudo. A localização e as principais vias de acesso estão representadas na Figura 5.



Figura 5. Localização e principais vias de acesso a CHQ-040.

4.2 Aspectos Geológicos Regionais

A Bacia do Paraná é interpretada como uma unidade geotectônica sedimentar do tipo sinéclise, a qual se caracteriza pela ampla extensão em área e pequena espessura total. Esta bacia consiste de uma extensa depressão deposicional com eixo principal de direção NE-SW e está localizada na porção centro-leste e sudeste do continente sul-americano estando presente na Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil, abrangendo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Em área os depósitos abrangem aproximadamente 1.100.000 Km² no território brasileiro.

Com relação às espessuras, os depósitos sedimentares e as exposições de rochas vulcânicas podem atingir mais de 5.500 metros (ALMEIDA *et al.* 1980). As rochas sedimentares e ígneas que compõem a Bacia do Paraná indicam idades desde sua implantação, no Período Ordoviciano (488 Ma atrás), até o final de sua história evolutiva, no Período Paleógeno (65 Ma atrás).

Estratigraficamente é composta pela Grupo Itararé e unidades atribuídas aos grupos Guatá, Passa Dois, São Bento e Bauru, sendo a estas associadas às rochas intrusivas da Formação Serra Geral. Já em relação ao arcabouço estrutural, a Bacia do Paraná comumente apresenta camadas com mergulhos abaixo de 1° para W, e padrão de deformação pouco significativo, frequentemente associado à tectônica rúptil intraplaca. Localmente, a bacia é afetada por falhamentos normais e transcorrentes que podem gerar estruturas dômicas, as quais imprimem maior complexidade ao padrão estrutural, o qual se apresenta com camadas podendo alcançar até 10° de mergulho (RICCOMINI, 1995).

No Estado de São de Paulo, a estratigrafia da bacia do Paraná é composta pelas seguintes unidades geológicas: Grupo Itararé, Formação Tatuí, Formação Irati, Formação Corumbataí, Formação Piramboia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral, Formação Itaqueri e Formação Rio Claro. A Figura 6 apresenta a carta estratigráfica da bacia do Paraná na região de Charqueada, com destaque para as formações encontradas na área de estudo.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO DE RIO CLARO/LIMEIRA/PIRACICABA (SP)							
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espess. (m)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENÓZOICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS COM LENTES DE ARGILAS E NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS NA BASE <i>(Arenitos) = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro</i>	CONTINENTAL: PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRE; COLÚMBES
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E ARENITOS SILICIFICADOS / FERROCRETES	CONTINENTAL: LEQUES ALUVIAIS, FLUVIAL E LACUSTRE
	CRETÁCEO	SÃO BENTO	SERRA GERAL		100	DIAPIRAMAS DE BASALTOS COM LENTES DE ARENITO NA BASE. DIQUES E SOLEIRAS DE DIABÁSIO (basalto e diabásio = múltiplas granos para basalto)	MAGMATISMO FISSURAL
	JURÁSSICO		BOTUCATU		100	ARENITOS SEM VELOCIDADES COM GRAUS SEM ARRENDONHOS E SEM SUPERFÍCIE, POUCO ARGILA	CONTINENTAL: DESÉRTICO
	TRÁSSICO		PIRAMBOIA		150	ARENITOS COM GRAUS ARRENDONHOS E SUPERFÍCIE, GRAUS EFÍGOS DE LANTOS <i>(Argilitos) (Lantos)</i>	CONTINENTAL: FLUVIAL E DESÉRTICO
PALEOZOICA	PERMIANO	PASSA DOIS	CORUMBATAÍ		100	SILTITOS CONTENDO LENTES DE ARENITOS FINOS ARGILITOS, SILTITOS, ARENITOS FINOS, NÍVEIS DE CALCÁRIOS DOLOMÉTICOS E COQUINAS <i>(Argilitos) = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro</i>	CONTINENTAL: LACUSTRE TRANSICIONAL: PLANÍCIE DE MARÉ
			IRATI	Mt. Irati (Irati) Mt. Tatuí (Irati)	40	POLIELHOES, SILTITOS, POLIELHOES PRODETUMOSOS, CALCÁRIOS DOLOMÉTICOS <i>(Industria de cimento na região de Charqueada, Irati e Ponta Grossa)</i>	TRANSICIONAL: LAGUNA MARINHO RASO; PLATAFORMA
			TATUÍ		30	SILTITOS E SILTITOS ARENOSOS	TRANSICIONAL: PLANÍCIE COSTEIRA MARINHO RASO; PLATAFORMA
		ITARARÉ	Grupo ITARARÉ		800	ARENITOS, SILTITOS, VARVITOS E DIAMCTITOS (ALGUNS VERDADEIROS TILITOS) <i>(Arenitos) = reservatório de água subterrânea em poços profundos da região</i>	CONTINENTAL (GLACIAL) ALUVIAL - LEQUES E FLUVIAL; LACUSTRE TRANSICIONAL: DELTAS MARINHO (GLACIO-MARINHO); PLATAFORMAL
	PRÉ-CAMBRIANO					GRANITOS, MIGMATITOS, GNAISSES, XISTOS, QUARTZITOS	

Figura 6. Carta estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro, Limeira e Piracicaba (Perinotto & Zaine, 2008), o retângulo indica as formações ocorrentes na área de estudo.

Segundo mapa geológico (Figura 7) elaborado por ZAINE, J. E. *et al* (2008) afloram na área de estudo as rochas das formações Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Itaqueri. Nas proximidades da área, mais precisamente na porção leste do mapa, afloram também rochas da formação Corumbataí e Rio Claro. A seguir, são apresentadas da base para o topo, as principais características de cada unidade geológica existente na área de estudo.

Formação Pirambóia

Segundo Schneider *et al.* (1974), a Formação Pirambóia é constituída por arenitos cuja coloração varia desde esbranquiçados até amarelados e avermelhados, médios e muito finos, silto-argilosos, com grãos polidos, subangulares e subarredondados. Em meio aos arenitos, há a presença de intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos.

Uma dominância eólica na sedimentação da Formação Pirambóia foi apontada por Brighetti & Caetano-Chang (1995), uma vez que associações de fácies de dunas, interdunas (úmidas e secas) e lençóis de areia, cortadas por fácies de canais fluviais temporários, compõem uma sucessão de subambientes interrelacionados lateral e verticalmente.

Formação Botucatu

Segundo Assine *et al.* (2004), esta unidade é composta por arenitos com estratificação cruzada planar ou acanalada, com variações de médio a grande porte, com *foresets* que apresentam alto ângulo de mergulho (campos de dunas eólicas), embora de forma mais restrita ocorram camadas de arenitos com estratificação plano-paralela (interdunas secas). O ambiente de deposição é considerado como um grande deserto seco, com nível freático constantemente baixo, apresentando raros depósitos interdunas e freqüente cavalgamento de dunas, formando *draas*. No contato inferior com a Formação Piramboia, existe uma discordância regional apresentando mudança expressiva na coloração assim como nas características litológicas e geométricas, especialmente na dimensão dos estratos cruzados. Os derrames da Formação Serra Geral recobrem concordantemente os depósitos da Formação Botucatu, chegando a desenvolver interdigitação entre as camadas superiores desta unidade com os derrames inferiores. A idade da Formação Botucatu é ainda controversa, considerada eo- a mesojurássica por alguns autores, com base no conteúdo de fósseis, e eocretácica por outros, dada pela relação com os derrames basálticos.

Formação Serra Geral

As rochas efusivas de afinidade básica da Formação Serra Geral correspondem a basaltos de tipo toleíticos com textura afanítica, cuja mineralogia está representada por plagioclásio e piroxênio cálcico e, raramente ortoclásio, olivina e minerais opacos que representam as fases acessórias. Já as rochas intrusivas correspondem a diques e *sills* de diabásio, de cor cinza-escuro a negro, com mineralogia similar à dos basaltos, mas em geral de granulação média a fina, no qual se destacam ripas de plagioclásio.

Os derrames da Formação Serra Geral são interpretados como gerados pelo magmatismo fissural associado ao processo de adelgaçamento crustal, o qual se relaciona ao rifteamento produzido na separação entre a placa sul-americana e africana.

Formação Itaqueri

A Formação Itaqueri constitui-se fundamentalmente de camadas de arenito com matriz argilosa de granulometria variada, a qual pode apresentar clara silicificação e cimentação por hidróxidos/óxidos de ferro, folhelhos e conglomerados polimíticos. Consideram-se correlatos a esta formação os arenitos conglomeráticos limonitizados, conglomerados e siltitos que se apresentam em posição estratigráfica e topográfica similar. O ambiente deposicional provável para esta unidade é o de leques aluviais depositados em condições áridas, e sua espessura máxima pode alcançar até 100 metros.

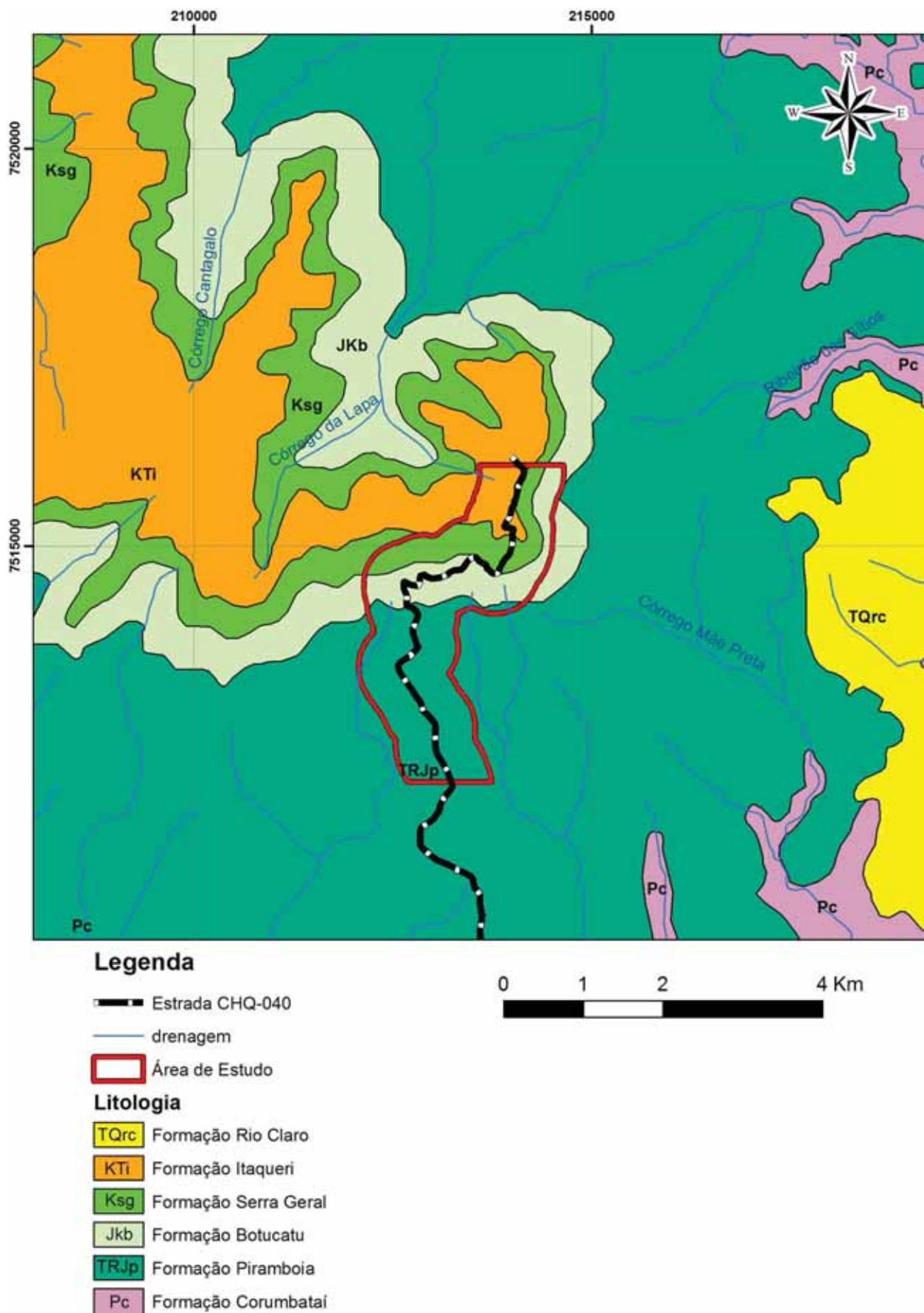


Figura 7. Mapa geológico regional (Modificado de ZAINE, J. E. *et al* 2008)

4.3 Aspectos Geomorfológicos

O Estado de São Paulo pode ser dividido geomorfologicamente em cinco grandes províncias: Província Costeira, Planalto Atlântico, Depressão Periférica, *Cuestas* Basálticas e Planalto Ocidental (IPT, 1981), como representado na seção geológica esquemática com divisões geomorfológicas do estado de São Paulo (Figura 8). A área de estudo está situada entre as províncias de *Cuestas* Basálticas e Depressão Periférica, que serão descritas a seguir.

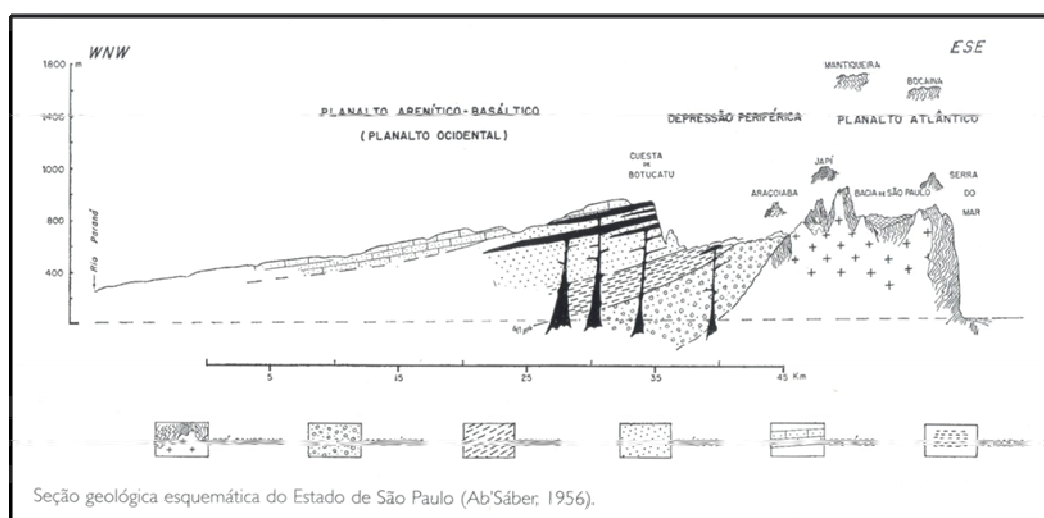


Figura 8. Seção geológica com divisões geomorfológicas do Estado de São Paulo. (Mod. De Ab' Saber.1956)

Cuestas Basálticas

Em meio a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Ocidental, temos a unidade geomorfológica de *Cuestas* Basálticas, onde se situa a área de interesse. Por Troppmair (2000), estas *cuestas* basálticas caracterizam-se por representar um degrau geomorfológico na paisagem, que corta o estado no sentido norte-sul. Regionalmente, este relevo apresenta-se fortemente escarpado no limite leste com a Depressão Periférica Paulista. Tal relevo tem sua origem associada ao esculpimento gerado nas sucessões de camadas de arenitos e basaltos, com diferentes graus de resistência ao intemperismo e erosão. Deste modo, predominam as formas dissecadas com vertentes retilíneas e escarpadas e topos aplanados, que formam mesas, pequenos platôs e morros testemunhos. A rede de drenagem predominante nesta unidade é a do tipo pinulado, subparalelo e dendrítico (IPT 1981), com densidade média a alta, comumente caracterizada por vales bem entalhados e planícies aluviais muito restritas.

Regionalmente a província geomorfológica de cuevas basálticas, no geral exibe um relevo do tipo escarpado e dissimétrico com altitudes que variam entre 800 e 1000 m e declividades que variam entre 15% e 30%.

Depressão Periférica

A Depressão Periférica Paulista, entidade geomorfológica rebaixada pela erosão, está situada entre as terras altas do Planalto Atlântico e as cuevas basálticas, descritas anteriormente. O principal quadro do relevo é marcado por colinas suavemente convexas e patamares de fraca inclinação dispostos entre 550 e 650m, dando aspecto de monotonia de horizontes, que caracteriza toda a Depressão Periférica (Penteado,1976). De modo geral, a topografia da área é pouco acidentada, com desníveis locais que só excepcionalmente ultrapassam 200 m. Por toda parte predominam colinas baixas, de formas suavizadas, separadas por vales jovens. A Depressão Periférica é recoberta por densa rede de drenagem, sendo que os principais rios apresentam seus cursos voltados para NW em direção ao eixo da bacia do rio Paraná.

Segundo IPT (1981) nas proximidades da Serra de Itaqueri, mais precisamente na área de estudo, existem as formas de relevo do tipo colinas médias, morrotes longos e espigões e escarpas festonadas, como demonstra o mapa geomorfológico (Figura 9).

Nas colinas médias predominam interflúvios com área de 1 a 4 Km², topos aplainados, vertentes com perfis convexas e retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Nos morrotes longos predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados.

As escarpas festonadas são desfeitas em anfiteatros separadas em espigões, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão subparalelo e dendrítico e vales fechados.

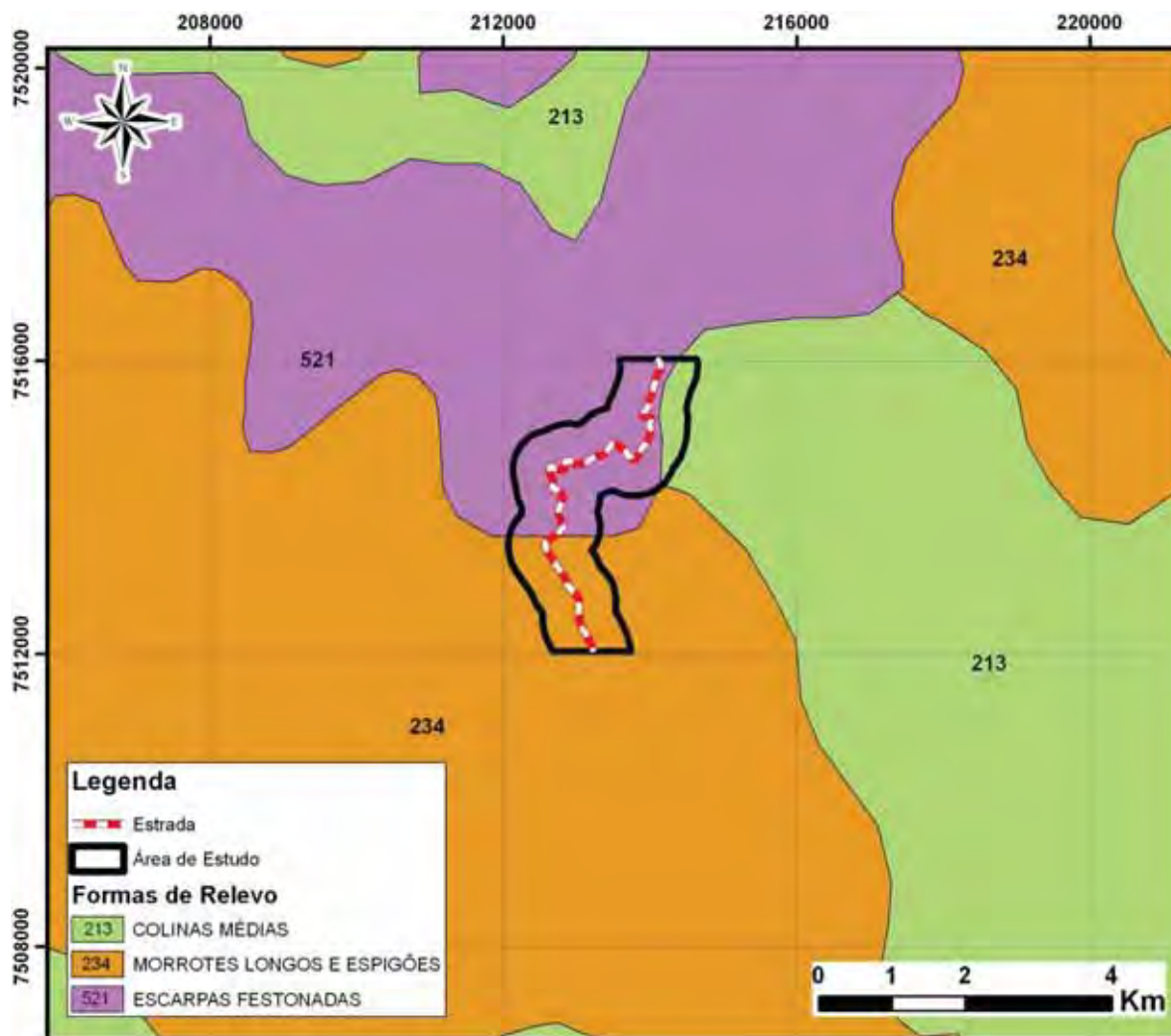


Figura 9. Formas de Relevo (Modificado de IPT, 1981)

4.4 Pedologia

O desenvolvimento de solos é o resultado do processo de interação entre o substrato rochoso, padrões de relevo, clima regional e a evolução da cobertura vegetal. De acordo com Embrapa (1999), constatou-se que a área de estudo está basicamente sob três ordens de solo, a dos Argissolos Vermelhos-Amarelos, Latossolos Vermelhos Amarelos e Neossolos Quartzênicos (Figura 10).

Segue-se a descrição de cada tipo de solo, dando principal enfoque ao modo de ocorrência, associação com unidades geológicas e algumas características:

Argissolo Vermelho-Amarelo: Os Argissolos geralmente ocorrem em perfis profundos nas encostas de média declividade em relevos de espigões e morrotes, no entanto, também encontram grande correlação com as áreas de morros e serras. A ordem dos Argissolos Vermelho Amarelos

englobam solos minerais areno-argilosos, de textura predominantemente arenosa média, com argila de atividade baixa, apresentado perfis com os horizontes A e B bem definidos pela mudança textural abrupta. Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos moderadamente drenados e comumente apresentam teores de alumínio e Fe_2O_3 elevados, o que resulta em matizes avermelhadas mais ou menos intensas. Os Argissolos Vermelhos-Amarelos estão presentes na porção sul do trecho da estrada, onde encontram-se as cotas mais baixas de relevo, estes solos representam 20% da área.

Latossolo Vermelho-Amarelo: Os Latossolos são solos minerais, não-hidromórficos, em geral profundos, com horizontes B muito espessos e horizontes A, B e C pouco diferenciados. São solos muito evoluídos com estágio alto de intemperização e textura variando entre arenosa a francamente argilosa. Sua coloração vermelha se deve à presença de altos teores de Fe_2O_3 , ao passo que matizes mais amareladas estão relacionada à maior ou menor abundância de óxidos de alumínio principalmente. Esta ordem de solo está associada a relevo plano a suavemente ondulado, como colinas amplas, colinas médias e relevo de morros, podendo ocorrer ainda associada a espigões e morrotes alinhados. Na região os Latossolos estão relacionados principalmente à ocorrência de basaltos da Formação Serra Geral e, subordinadamente, arenitos eólicos da Formações Pirambóia. No trecho de estudo, estes solos compõe 20% da área, situado na porção norte, onde tem-se as cotas mais altas referentes ao topo aplainado da Serra de Itaqueri.

Neosolo Quartzênico: Os Neossolos Quartzarênicos são solos pouco evoluídos que não apresentam horizonte B diagnóstico; de modo geral ocorrem em perfis pouco ou medianamente profundos associados a regiões de topo e interflúvios de morros e também a áreas topograficamente movimentadas das porções frontais das cuestas com relevo de encostas, cânions e encostas sulcadas por vales sub-paralelos. Geologicamente, estão diretamente relacionados a substrato constituído por arenitos das formações Pirambóia, Botucatu e coberturas cenozóicas. Apresentam seqüência de horizontes A-C com textura variável de areia a areia franca nos horizontes quartzosos. Esta ordem de solo é a que predomina no trecho em estudo, compondo 60% da área total de estudo.

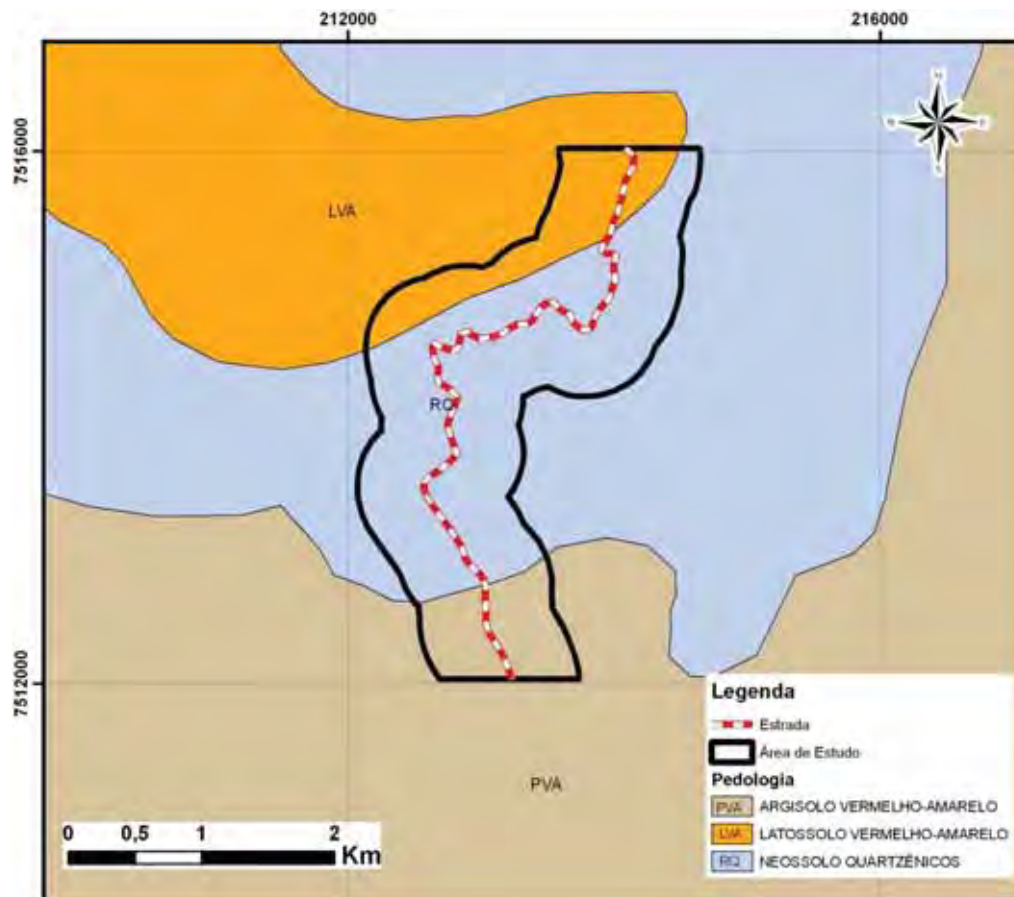


Figura 10. Mapa pedológico regional (Modificado de EMBRAPA, 1999)

4.5 Clima

Devido ao alto desnível nas *cuestas* basálticas há avanço e recuo de massas tropicais e polares, conseqüente redução das temperaturas, abundantes chuvas orográficas e neblina. (Troppmair, 2000)

O clima nesse sistema é Tropical com duas estações bem definidas. No inverno somamos 110 mm de chuva em 60 a 70 dias e 300 mm em 15 e 20 dias no verão. As condições térmicas registram temperaturas médias de 20 a 21° C, a média das máximas acusa 29° e das mínimas 11° C. Devido à altitude, 3 a 4 dias de geada costumam ocorrer no alto da serra nos meses de inverno. (Troppmair, 2000).

5. RESULTADOS

5.1 Mapa preliminar

O mapa preliminar elaborado consistiu na caracterização e individualização de unidades geológico-geotécnicas, utilizando-se da compartimentação do relevo, a partir da ferramenta da fotointerpretação conforme o método apresentado no capítulo 2 (Métodos e Etapas).

De acordo com o mapa geológico-geotécnico preliminar apresentado na Figura 11, a área de estudo pode ser dividida em 5 unidades, caracterizadas de forma sintética no quadro 3.

ELEMENTOS/UNIDADES		I	II	III	IV	V
Densidade dos Elementos de drenagem		Baixa	Média	Média	Alta	Média
Densidade dos elementos de relevo		Média	Média	Média	Média	Baixa
Propriedades a serem consideradas	Permeabilidade	Alta/Média	Média	Alta	Média/Baixa	Alta
Informações interpretadas	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Baixa	Média/Alta	Baixa
	Espessura do manto de alteração	Grande/Média	Grande/Média	Grande/Média	Média/Pequena	Pequena
Amplitude local		Pequena	Média	Média	Pequena	Pequena
Declividade		Baixa	Alta/Média	Alta	Média	Baixa
Forma de Encosta		Côncavas e Convexas	Retilíneas e Côncavas	Convexas	Convexas	Côncavas e Convexas
Forma do Topo		Arredondado	X	X	X	Arredondado
Propriedades a serem consideradas	Resistência a Erosão Natural	Baixa/Média	Média/Alta	Média/Alta	Baixa/Média	Baixa/Média
Informações interpretadas	Profundidade do topo rochoso	Intermediário	Raso	Raso	Intermediário	Intermediário
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso/Intermediário	Intermediário/Delgado a Inexistente	Intermediário/Delgado a Inexistente	Espesso	Espesso/Intermediário
	Grau de escavabilidade	pouco/média resistência	muito resistente	muito resistente	pouco/média resistência	pouco/média resistência
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a baixo	Médio a baixo	Médio a alto	Médio a alto
	Potencial de movimento gravitacional de massa	Baixa/Média	Média/alta	Média/alta	Baixa/Média	Baixa/Média

Quadro 3. Caracterização preliminar das unidades geológico-geotécnicas.

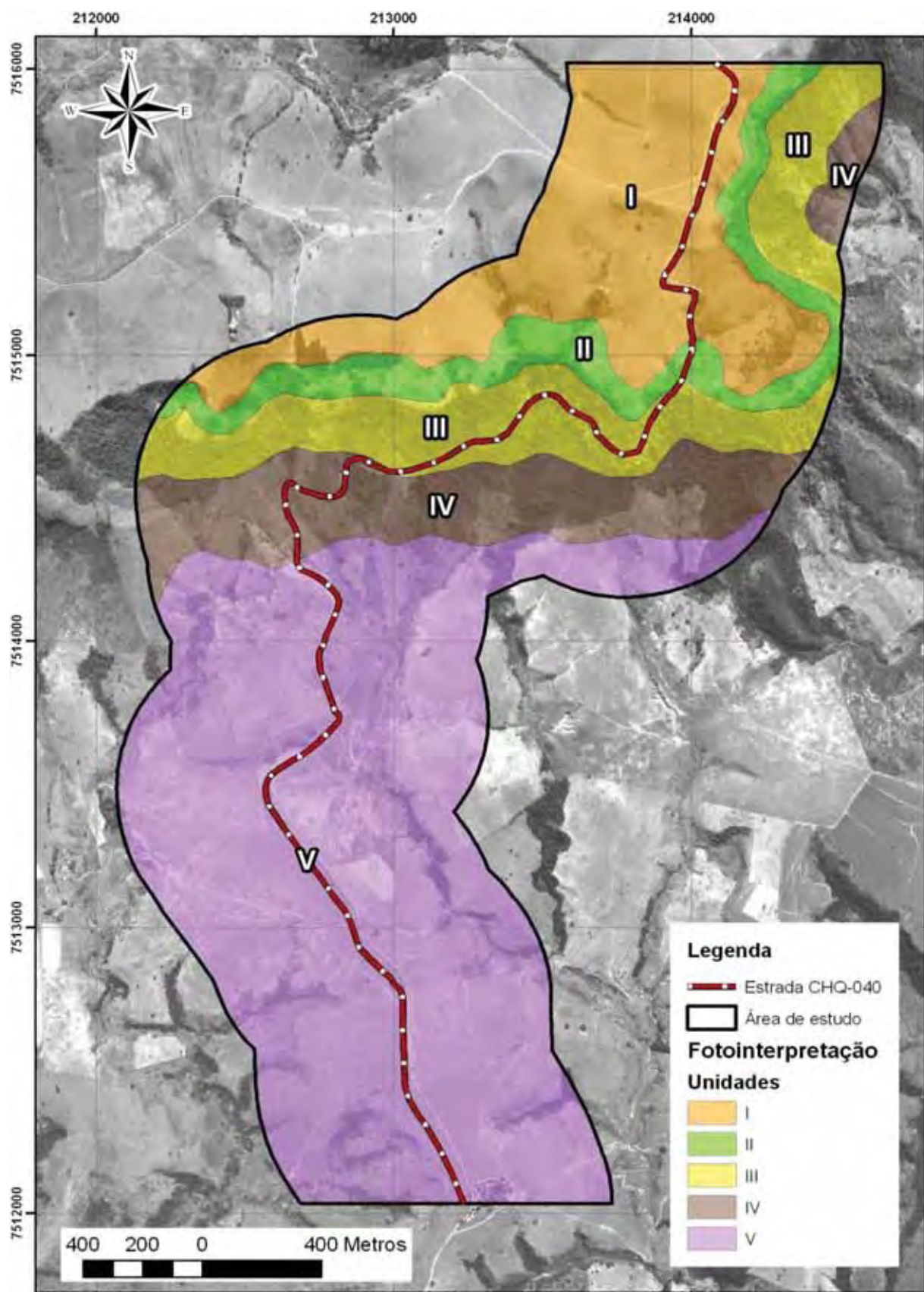


Figura 11. Mapa preliminar, com zonas homólogas delimitadas sobre foto aérea na escala 1:25.000.

5.2 Análise Morfométrica

A análise morfométrica foi elaborada em duas escalas distintas conforme descrito no item 2.3. As análises regionais tiveram com finalidade principal uma contextualização da área e juntamente com os trabalhos de foto interpretação auxiliaram no planejamento das atividades de campo. A análise de detalhe, elaborada a partir de modelos de terreno compatíveis com a escala da cartografia geotécnica, foi utilizada como ferramenta de refinamento a fim de identificar feições, padrões e anomalias no arcabouço geomorfológico da área de estudo, que pudessem auxiliar diretamente na compartimentação das unidades e elaboração da carta geológico-geotécnica.

De acordo com os mapas morfométricos (hipsométrico, declividade e curvaturas) elaborados o trecho da estrada vicinal apresenta uma alta amplitude topográfica, com cotas variando entre 580 e 1020 metros. As cotas são ascendentes de Sul para Norte, em direção ao topo da Serra de Itaqueri, como demonstra o mapa hipsométrico da Figura 12.

De acordo com o mapa de declividades apresentado na Figura 13, o entorno da CHQ-040 exibe suas maiores declividades associadas às escarpas da Serra de Itaqueri. Neste trecho de alta inclinação, as declividades variam de altas a muito altas, com valores entre 24° e 55°, atribuindo a esta porção da estrada maiores susceptibilidades a problemas geotécnicos associados a processos do meio físico. No restante da área de estudo, que compreende as porções mais baixas do relevo e o topo da Serra de Itaqueri, as declividades exibidas são de muito baixas a baixas, com variações entre 0° e 16°, com pontos isolados apresentando declividades de média a alta (entre 16 e 32°), geralmente associados aos talvegues das principais drenagens.

A partir do modelo digital de elevação foram criados dois mapas de curvatura, um em planta e outro em perfil (Figuras 14 e 15) com intuito de complementação e confirmação dos dados obtidos na fotointerpretação. Estes mapas são relacionados às superfícies do terreno e revelam se estas possuem formas côncavas ou convexas em relação a uma superfície.

Na porção centro-sul da área nota-se a predominância de superfícies planas, com isoladas porções convexas e côncavas, estas últimas comumente associadas às drenagens. Na escarpa da Serra, mais a norte da área, nota-se um sutil predomínio de superfícies côncavas em relação às convexas, o que atribui a esta porção uma maior potencialidade a dispersão de massas em eventuais instabilizações de encostas. Já nas cotas mais elevadas das porções extremo norte e noroeste da área, o relevo torna-se mais suave, apresentando um sutil domínio de superfícies planas em relação às côncavas e convexas.

De acordo com o mapa de curvaturas em perfil (Figura 15) pode-se dividir o trecho de estudo em três fragmentos. A porção centro-sul da área exibe uma predominância de encostas retilíneas, sendo que associadas às drenagens têm-se encostas côncavas e convexas. A faixa representada pela escarpa da Serra de Itaqueri demonstra um predomínio de encostas côncavas em relação às retilíneas e convexas, indicando que esta porção possui uma menor estabilidade inicial, porém, o fluxo tende a desacelerar e acumular no sopé do talude. Já no topo da Serra (extremo norte e noroeste da área) há superioridade de encostas convexas e retilíneas em relação às côncavas, o que sugere que este trecho apresenta uma estabilidade inicial maior, porém se existir uma movimentação esta tende a aumentar progressivamente sua velocidade.

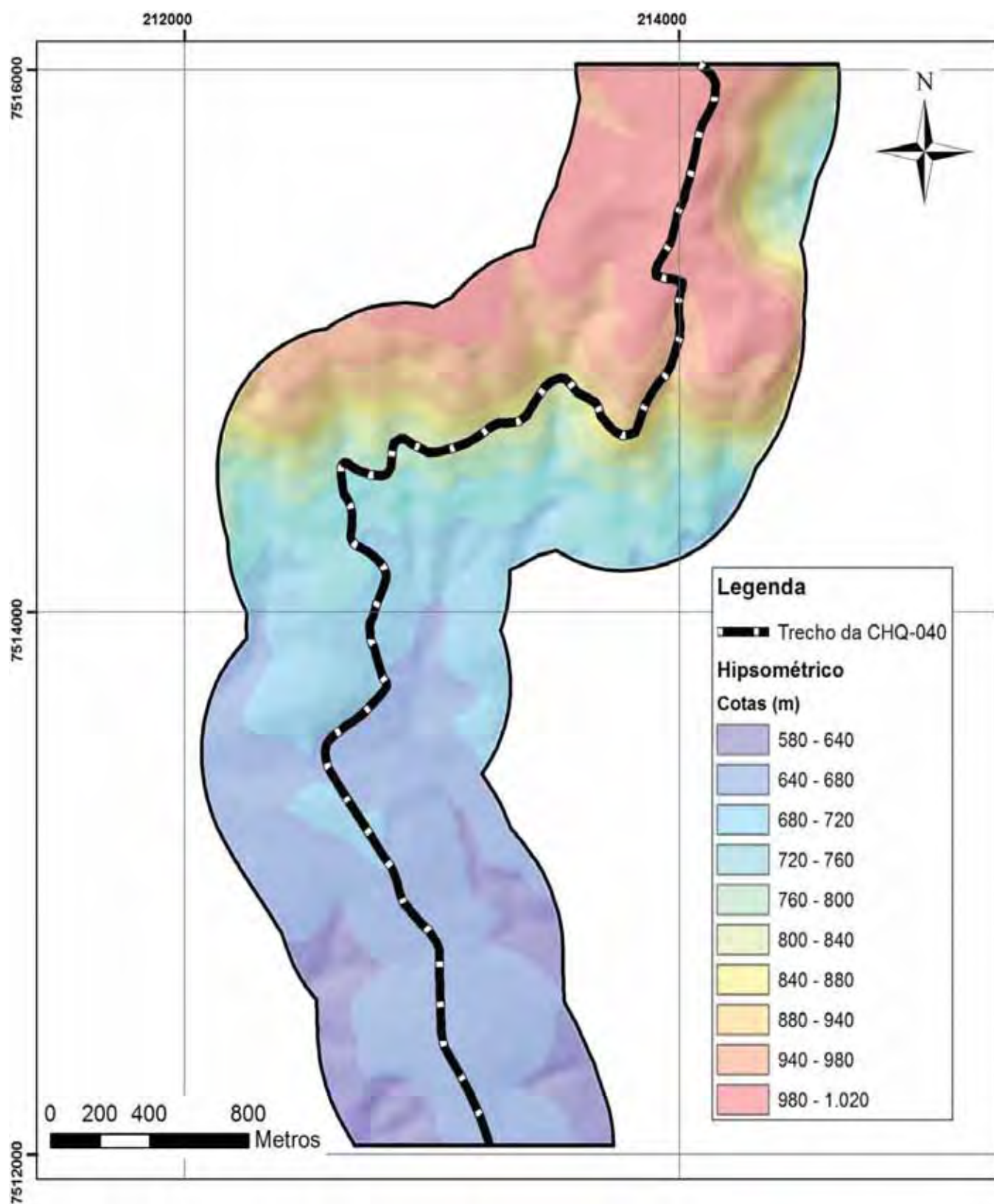


Figura 12. Mapa Hipsométrico

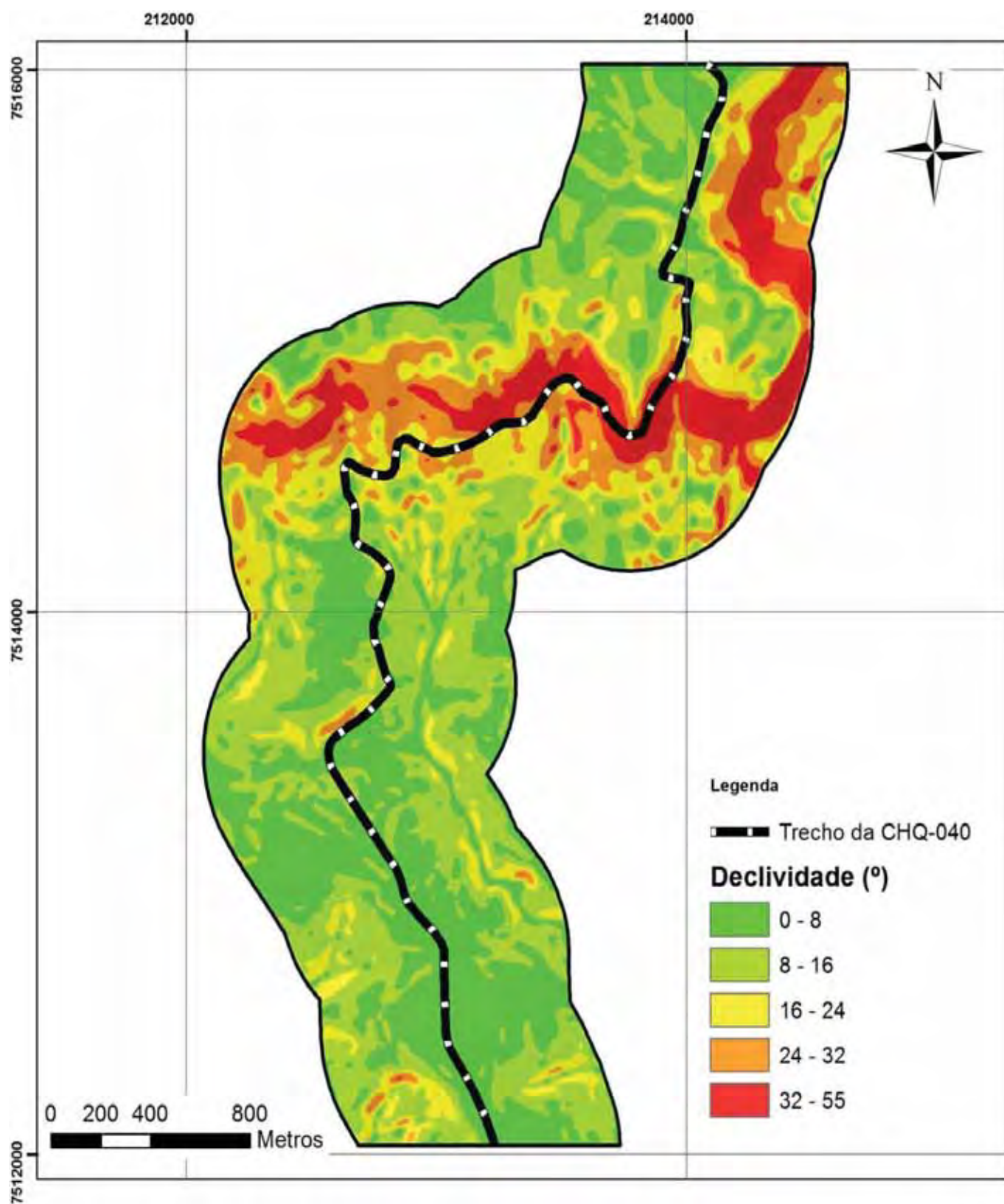


Figura 13. Mapa de declividades

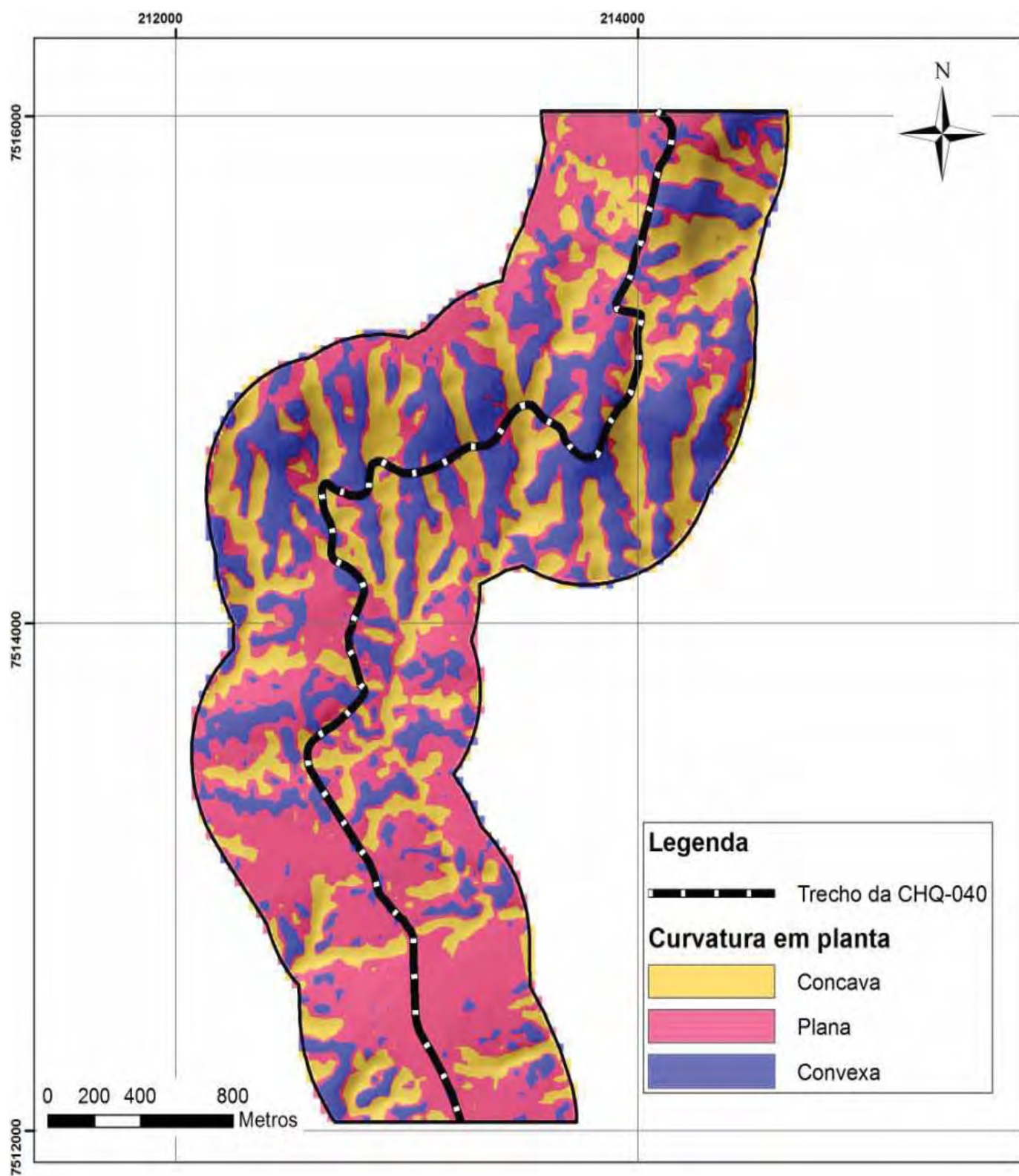


Figura 14. Mapa de Curvaturas em planta.

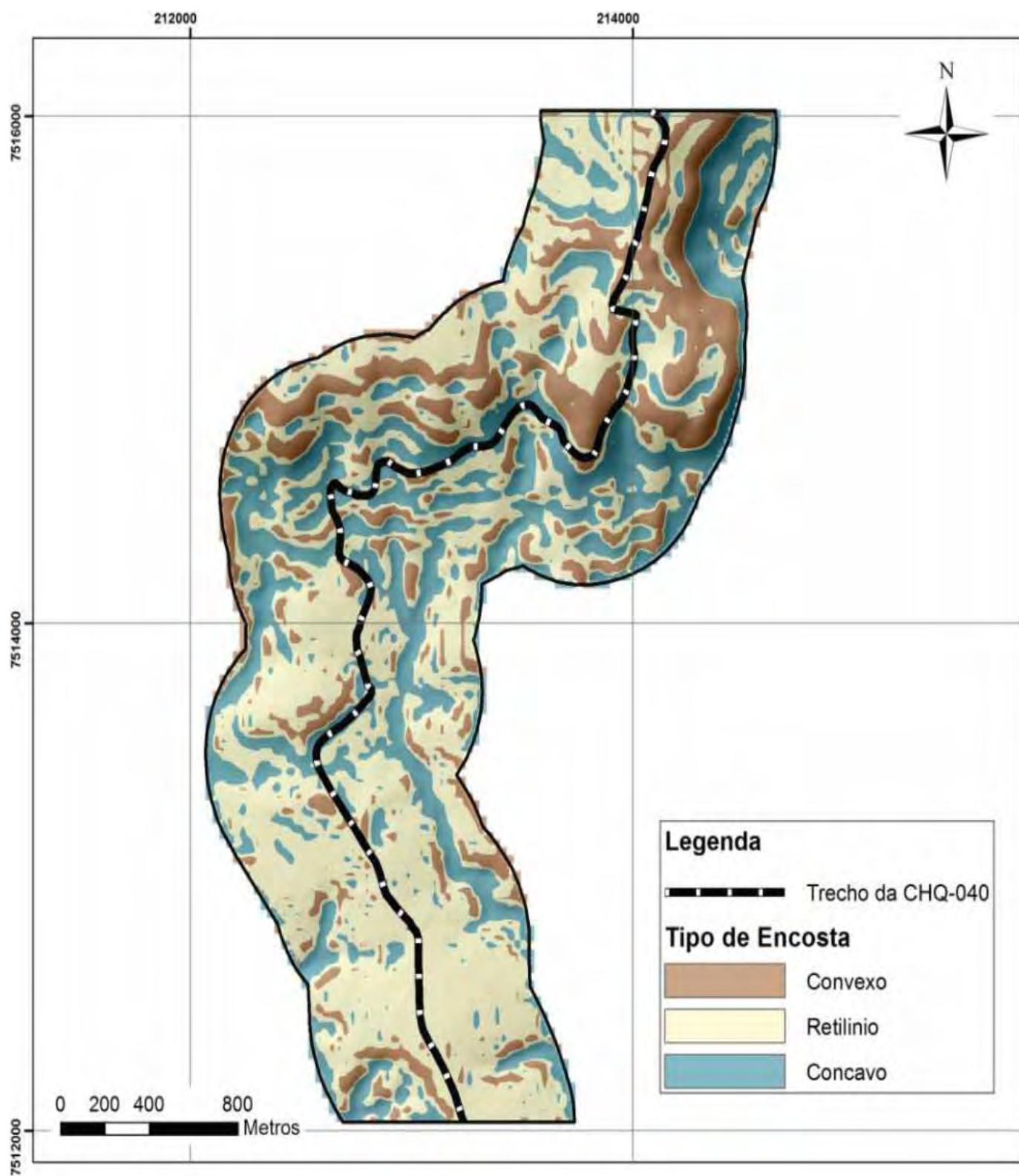


Figura 15. Mapa de curvaturas em perfil (curvatura da encosta).

5.3 Unidades geológico-geotécnicas

A delimitação e caracterização das unidades geotécnicas finais tiveram como base o mapa preliminar obtido da análise fotointerpretativa e levantamento de campo, complementados com dados oriundos dos mapas morfométricos (Hipsométrico, Declividade, Curvaturas), já apresentados.

A localização e descrição dos pontos, levantados em campo, estão destacados no mapa de pontos (Apêndice 2) e na tabela de descrição de pontos (Apêndice 3). Este mapeamento permitiu a identificação de diversos processos do meio físico, utilizados na determinação e delimitação das unidades. Os processos observados no trecho são erosões, movimentos de massa, queda e rolamento de blocos.

Para a caracterização fotointerpretativa das unidades foram utilizadas as seguintes propriedades, permeabilidade granular, relação de escoamento superficial/infiltração, profundidade do topo rochoso, espessura do material inconsolidado, potencial a erosão linear (induzida), potencial a movimentos gravitacionais de massa e possibilidade de queda de blocos.

Foram identificadas 6 unidades geológico-geotécnicas, a saber: 1 (arenitos em colinas no reverso da *cuesta*), 2 (basaltos em relevo de *front de cuesta*), 3 (arenitos em relevo de *front de cuestras*), 4 (depósito de tálus e colúvio, no sopé da *cuesta*), 5 (arenitos da Formação Pirambóia em meia encosta), 6 (solo coluvionar em relevo de topo de colina). Estas se mostraram bastantes concordantes com as 5 obtidas preliminarmente, sofrendo apenas alguns refinamentos nos contatos e a subdivisão da unidade preliminar V, em duas (unidades 5 e 6) devido à distinção de características no perfil de solo e nos processos do meio físico atuantes, observados no levantamento de campo.

O Quadro 4 aborda de forma esquemática os principais aspectos geotécnicos das unidades obtidos através da fotointerpretação, e na sequência é apresentada a descrição detalhada de cada uma das unidades. O mapa geológico-geotécnico e a tabela síntese das unidades encontram-se expostos no Apêndice 1.

Unidades	Perm. Intergranular	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimento gravitacional de massa	Possibilidade de queda de blocos
Unidade 1	Alta	Intermediário	Espesso/ Intermediário	Médio a alto	Baixo/Médio	Baixo
Unidade 2	Baixa	Raso	Intermediário/ delgado	Baixo	Alto	Alto
Unidade 3	Média	Raso	Intermediário/ delgado	Baixo a médio	Alto	Alto
Unidade 4	Baixa/Média	Intermediário/p rofundo	espesso	Médio a alto	Baixo/Médio	Baixo
Unidade 5	Alta	Intermediário	Espesso/Interm ediário	Médio a alto	Baixo	Baixo
Unidade 6	Alta	Intermediário	Intermediário	Médio a alto	Baixo	Baixo

Quadro 4. Caracterização geotécnica das unidades a partir de fotointerpretação.

5.3.1 Unidade 1: Arenitos em colinas no reverso da *cuesta*

Situada no extremo norte e nordeste do trecho, a unidade 1 está presente nas porções mais elevadas do terreno (cotas entre 980 e 1020m), compreendendo cerca de 13% do total da área de estudo (Apêndice 1). Esta unidade é caracterizada por colinas existentes no reverso da *cuesta* da Serra de Itaqueri (Foto 1) e se associa às rochas da formação homônima que se constituem fundamentalmente de camadas de arenito de granulometria variada com matriz argilosa, a qual pode apresentar silicificação e cimentação por hidróxidos/óxidos de ferro.

Além da pequena amplitude local (<50m), a unidade tem topos suaves e arredondados com baixa densidade de elementos de relevo e drenagem. As superfícies exibidas são predominantemente planas, com trechos côncavos e convexos. As declividades variam entre 0° e 16° e a geometria das encostas é dominada por superfícies retilíneas e convexas.

Nas encostas e taludes da estrada CHQ-040, a unidade demonstrou um perfil de alteração de solo (Figura 16 e Foto 2), composto por uma camada de solo orgânico argilo-arenoso com espessura variando entre 15 e 40cm, solo eluvial de textura areno-argilosa e coloração marrom avermelhada,

freqüentemente laterizado e rico em nódulo de ferro (Foto 4). O solo residual encontrado nos perfis é arenoso de coloração marrom claro avermelhado e apresenta espessuras entre 0,3 e 1m, já o solo saprolítico mais escuro e a espessura entre 1 e 2,5m.

Em campo não foi encontrada a rocha sã em afloramentos, sendo estas observadas apenas em blocos soltos (Foto 3), às margens da estrada.

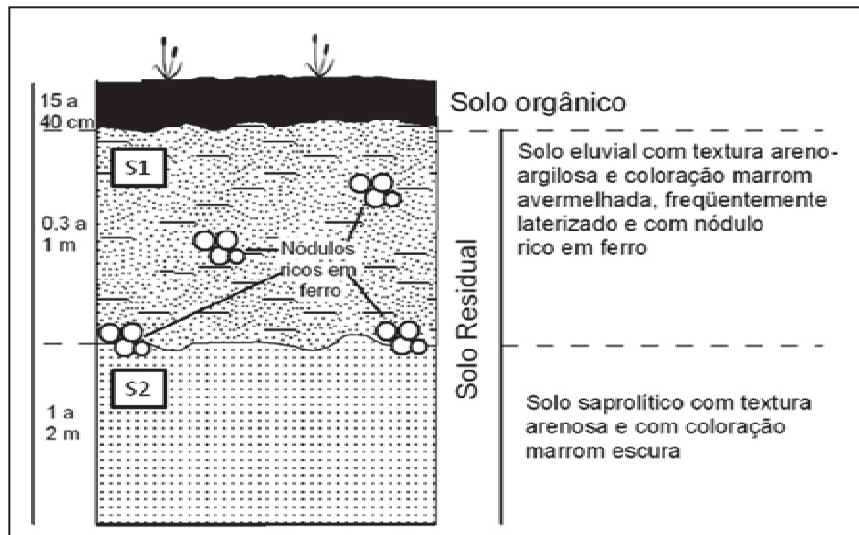


Figura 16. Perfil esquemático de alteração de solo da Unidade 1 (Arenitos em colinas nos reverso da *cuesta*).



Foto 1. Relevo de colinas no reverso da *cuesta* (Unidade1).



Foto 2. Talude de estrada íngreme, exibindo perfil de alteração dos arenitos da Formação Itaqueri (unidade 1) (Ponto 16).



Foto 3. Bloco de arenito conglomerático da Formação Itaqueri, bastante cimentado e silicificado, com clastos de até 2cm (Ponto 16).



Foto 4. Solo eluvial areno-argiloso de coloração marrom avermelhada, laterizado e com abundantes nódulos formados pela concentração de óxidos e hidróxidos de ferro. (Ponto 14)

Com a alta permeabilidade intergranular e espessa camada de material inconsolidado, esta unidade tem um alto potencial à erosão. Nas encostas e taludes da estrada vicinal, foram observadas diversas erosões superficiais do tipo sulco e uma ravina com 40 m de extensão e 1,5 m de espessura e profundidade, encontrada no ponto 16 (Foto 5).

Quando íngremes os taludes da estrada exibiam movimentações de massa associadas às erosões, como representado na Foto 6. Notou-se que a instabilização de massa nesta unidade é proveniente da erosão das camadas inferiores do talude menos resistentes (mais arenosas), fazendo com que ocorresse a descendência do material superior (mais argiloso).



Foto 5. Ravina com extensão de 40m com até 1,5m de espessura e profundidade, próxima ao ponto 16.



Foto 6. Talude de 2,5m exibindo Instabilização de massa (escorregamento) devido à alta inclinação. (Ponto 16)

5.3.2 Unidade 2: Basalto em relevo de *front de cuesta*

A unidade 2 compreende cerca de 12% do trecho de estudo, sendo delimitada por uma faixa que cruza a área de oeste para nordeste, acompanhando a escarpa da Serra de Itaqueri. Esta unidade está condicionada às altitudes que variam entre 900 e 1000m, associada ao relevo do tipo *front de cuestas* (Foto 7) e às rochas básicas da Formação Serra Geral.

A amplitude local da unidade é média (100m), assim como a densidade de elementos de relevo e drenagem. Com relação à curvatura das superfícies tem-se um sutil predomínio das côncavas em relação às convexas, sendo as planas irrelevantes neste trecho. As declividades são altas a muito altas, variando entre 24° e 55° e a geometria das encostas é predominantemente côncavas em relação às retilíneas e convexas.

Nas encostas e taludes da estrada CHQ-040, a unidade exhibe um perfil de alteração de solo bastante evoluído (Figura 17). A camada superior deste perfil é composta por solos transportados, dividido entre solo orgânico (superior) e coluvionar (inferior). O solo orgânico tem uma variação de espessura entre 15 e 30 cm, com textura argilo-arenosa e coloração marrom escura. O solo coluvionar é composto por blocos de rocha de tamanhos variados (até 30 cm) em matriz areno-argilosa laterizada. No solo residual (saprolítico), os minerais da rocha estão fortemente alterados e descoloridos, com difícil identificação de feições reliquias, sendo incipiente a alteração dos minerais para argilo-minerais.

A rocha quando exposta apresenta-se muito alterada e fraturada (Foto 8), com crostas de manganês e juntas de resfriamento gerando a fragmentação do maciço. Quando são ou pouco alterada a rocha ostenta cores entre cinza e preto, porém já alteradas as rochas têm tonalidade cinza claro a amarelo. No ponto 11 (Foto 9) foi identificada uma camada de arenito (*intertrap*) intercalada às rochas básicas. Neste ponto o arenito é bastante cimentado e o basalto muito alterado e amígdaloide o que atribui esta porção da rocha características de topo de derrame.

Aos principais processos do meio físico observados nesta unidade estão relacionados queda e rolamentos de blocos. Instabilizações de massa ocorrem restritas às porções onde a espessura do material inconsolidado (Colúvio) é maior, conseqüentemente o topo rochoso encontra-se mais profundo.

Em taludes de cortes da estrada o basalto quando exposto encontra-se bastante fraturado, com blocos muito susceptíveis a queda (Foto 6). Nestes pontos os blocos caídos encontram-se espalhados por toda a margem e leito da estrada, como demonstrado na Foto 10.

O arenito *intertrap* encontrado no ponto 11 apesar de bastante cimentado, quando aflorante exibe fraturas com grandes blocos suscetíveis a queda. No ponto 11 foram observados blocos métricos caídos as margem da estrada, como demonstrado na Foto 9.

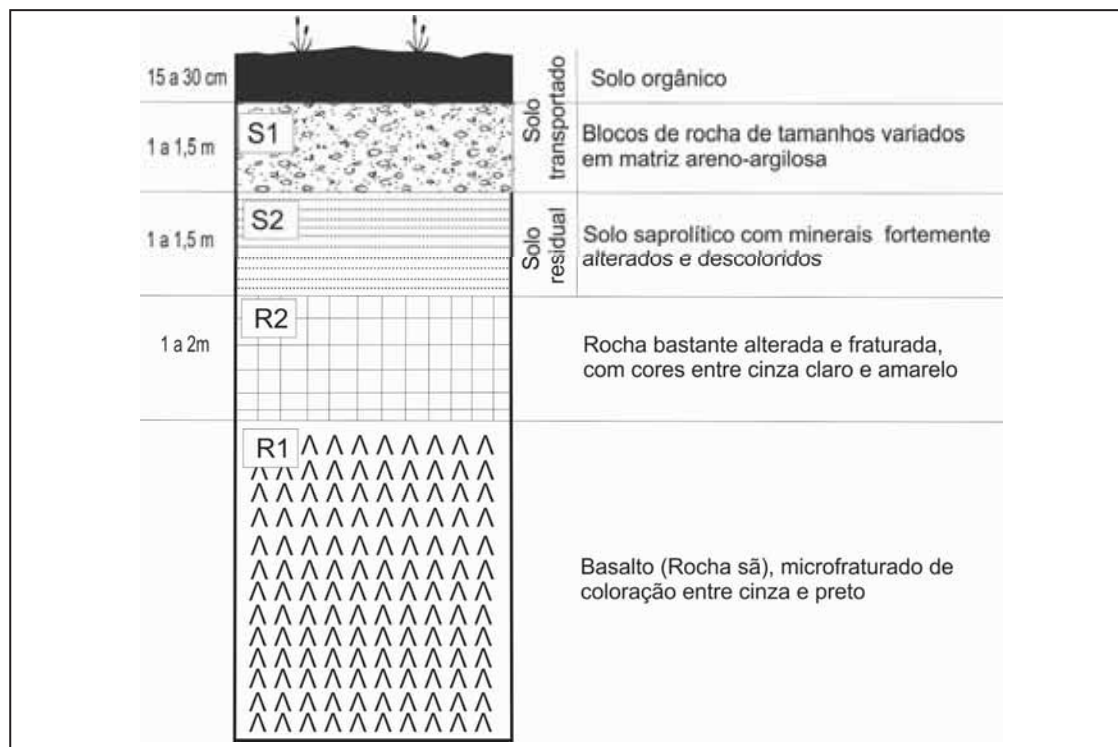


Figura 17 – Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 2 (Basalto em relevo de *front de cuesta*)

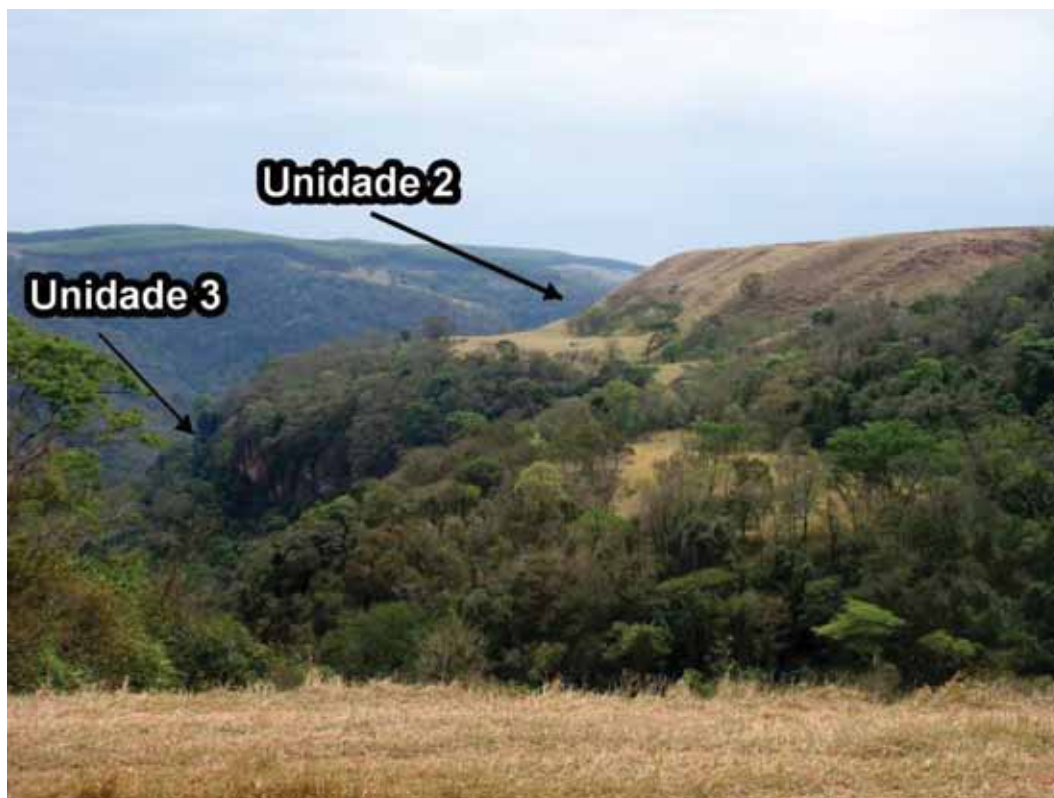


Foto 7. Relevo de *front de cuesta* demonstrando o contato entre as unidades 2 (Basalto em relevo de *front de cuesta*) e 3 (Arenito em relevo de *front de cuesta*).



Foto 8. Basalto muito alterado e fraturado em talude da estrada CHQ-040) (Ponto 10).



Foto 9. Basalto amigdaloidal em contato com arenitos *intertrap* em afloramento de talude da estrada (Ponto 11).



Foto 10. Talude de corte na estrada (CHQ-040), demonstrando basalto bastante fragmentado e micro-fraturado (disjunção colunar), com muitos blocos susceptíveis a queda e espalhados pela estrada. (ponto 18)

5.3.3 Unidade 3: Arenitos em relevo de *front de cuesta*

A unidade 3 abrange cerca de 12% do trecho de estudo, sendo constituída por uma faixa que cruza a área de oeste para nordeste, acompanhando a escarpa da Serra de Itaqueri (Apêndice 1). Esta unidade está condicionada a cotas que variam entre 800 e 925 m, associada ao relevo do *front de cuesta* (Fotos 7 e 11) e as rochas da Formação Botucatu que consistem em arenitos com estratificação cruzada planar ou acanalada.

A amplitude local da unidade é média, assim como a densidade de elementos de relevo e drenagem. Com relação à curvatura das superfícies tem-se um sutil predomínio das côncavas em relação às convexas, sendo as planas irrelevantes neste trecho. As declividades são de altas a muito altas, variando entre 24° e 55° e as geometrias das encostas são predominantemente côncavas em relação às retilíneas e convexas.

Nas encostas e taludes da estrada CHQ-040, a unidade demonstrou um perfil de alteração composto por uma camada superior de solo orgânico que quando existente exibiu espessura entre 15 e 30 cm, seguida por um solo coluvionar (30 a 60 cm) marrom escuro avermelhado inconsolidado, com blocos esparsos de tamanhos variados, com o máximo de 10cm (Figura 18). A rocha quando

exposta na maioria das vezes apresentava-se muito alterada com difícil visualização das estratificações (Foto 12).

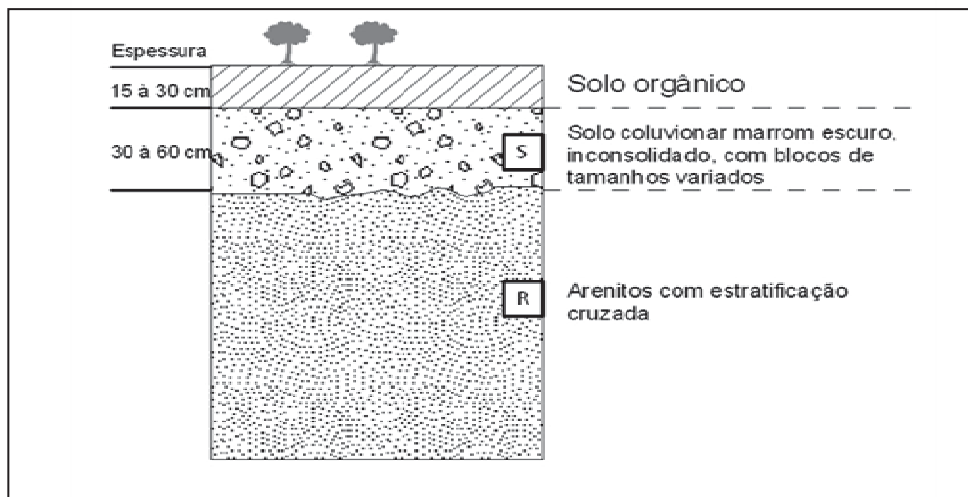


Figura 18. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 3 (Arenito em relevo de *front de cuesta*)



Foto 11. Arenitos da Formação Botucatu expostos no *front de cuesta* da Serra de Itaqueri(Unidade 3).



Foto 12. Arenito da Formação Botucatu bastante alterado sobreposto por solo coluvionar. (Ponto 7)



Foto 13. Talude de estrada exibindo arenitos da Formação Botucatu (Unidade 3), bastante cimentados e fraturados. Blocos sujeitos a queda. (Ponto 22).

A análise geotécnica desta unidade demonstrou que os principais processos do meio físico estão relacionados à queda e rolamentos de blocos. Nos cortes da estrada os arenitos da Formação Botucatu encontram-se bastante fraturados, com blocos pouco sustentados, susceptíveis a queda (Foto 13). Nas margens da estrada são diversos os blocos (métricos) caídos.

As instabilizações de massa são raras e ocorrem restritas a porções nas quais o topo rochoso encontra-se mais profundo, o que atribui uma maior espessura de material inconsolidado (Colúvio).

5.3.4 Unidade 4: Depósito de Tálus e colúvio no sopé de *cuesta*

A unidade 4 é representada por um depósito de tálus e colúvio que abrange cerca de 13% do total da área de estudo, estando presente nas porções menos elevadas (sopé) da Serra de Itaqueri. Este depósito heterogêneo é composto de inúmeros blocos e matacões de basalto e arenito de diversos tamanhos, angulosos ou arredondados, com esfoliação esferoidal, imersos em matriz areno-argilosa (Fotos 14 e 15), que sobrepõe os arenitos da Formação Pirambóia e Botucatu.

O intervalo altimétrico no qual esta unidade ocorre varia entre 710 e 840m atribuindo uma amplitude local média (<130m). As curvaturas exibidas são côncavas e convexas, com raras superfícies planas; as declividades predominantes são médias a altas, variando entre 16 e 32° e a geometria das encostas é dominada por superfícies côncavas e retilíneas. Este depósito apresenta uma alta densidade de drenagem e média densidade de elementos de relevo.

No perfil de alteração exibido pela unidade (Figura 19), encontram-se arenitos da Formação Pirambóia e Botucatu sobrepostos ao depósito de tálus.

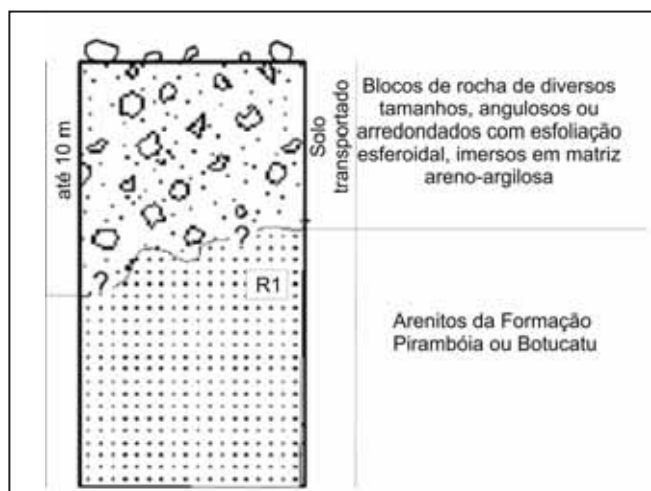


Figura 19. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 4 (Depósito de tálus e colúvio).



Foto 14. Talude da estrada expondo tálus contendo fragmentos centimétricos a decimétricos de rocha sobreposto a arenitos rosados da Formação Pirambóia (Ponto 5).



Foto 15. Tálus composto por blocos angulosos de tamanhos variados (até métricos). Os blocos são predominantemente de arenito bastante cimentado típicos da Formação Botucatu. (Ponto 4)

A análise geotécnica demonstrou que esta unidade apresenta susceptibilidade a ocorrência de diversos processos do meio físico como erosão, movimentação gravitacional de massa e rolamento de blocos. Nas Fotos 16 e 17 tem-se um talude de corte expondo o material inconsolidado e heterogêneo, nota-se a erosão na canaleta da estrada, assim como blocos de diversos tamanhos (até métricos) rolados (Ponto 6). Também é notável neste ponto um sistema de canalização de água danificado (Foto 19).

No trecho da estrada correspondente a esta unidade existem drenagens de alta energia, com acúmulo de blocos de diversos tamanhos, até métricos (Foto 18), estas drenagens não possuem

nenhuma canalização ou outro tipo de intervenção de engenharia, o que indica que a mesma intercepta a estrada.



Foto 16. Blocos de diferentes tamanhos (até métricos) rolados e erosão na canaleta de drenagem da estrada (CHQ-040). (Unidade 4, ponto 5)



Foto 17. Talude expondo depósito tálus, com blocos soltos e rolados na margem da estrada (CHQ-040). (Unidade 4, ponto 5)



Foto 18. Tálus em drenagem de alta energia com blocos métricos, chegando a estrada. (Ponto 6)



Foto 19. Sistema de canalização de água danificado. (Unidade 4, ponto 5)

5.3.5 Unidade 5: Arenitos da Formação Pirambóia em relevo de meia encosta

A unidade 5 abrange 23 % da área de estudo, distribuindo-se pela porção sul, condicionada as cotas mais baixas do terreno que variam entre 580 e 680m, o que a atribui uma média amplitude local (~100m). Esta porção está associada ao relevo de meia encosta (Foto 20) e aos arenitos da Formação Pirambóia. Nas encostas e taludes da estrada CHQ-040 o arenito exibiu coloração variante entre esbranquiçados até amarelados, os grãos são polidos e sub-arredondados, formando estratificações cruzadas (Foto 21).

Na unidade a densidade de elementos de drenagem é alta e a de relevo média. As superfícies são planas com isoladas porções convexas e côncavas associadas às drenagens. As declividades predominantes variam de muito baixas a baixas, oscilam de 0° a 16°, as encostas exibem em perfil principalmente geometria retilínea, variando para convexas e côncavas nos vales.

O perfil de alteração exibido por esta unidade (Figura 20) é composto por uma camada superior de solo orgânico areno-argiloso, marrom escuro, com espessura entre 10 e 25 cm, e solo coluvionar marrom avermelhado de textura arenosa (30 a 60cm) com cascalheira na base demarcando o contato com solo residual arenoso marrom avermelhado da Formação Pirambóia (Foto 22) que tem espessura variante entre 0,3 e 1,5m. A base do perfil é composta pelos arenitos da Formação Pirambóia, já descritos.

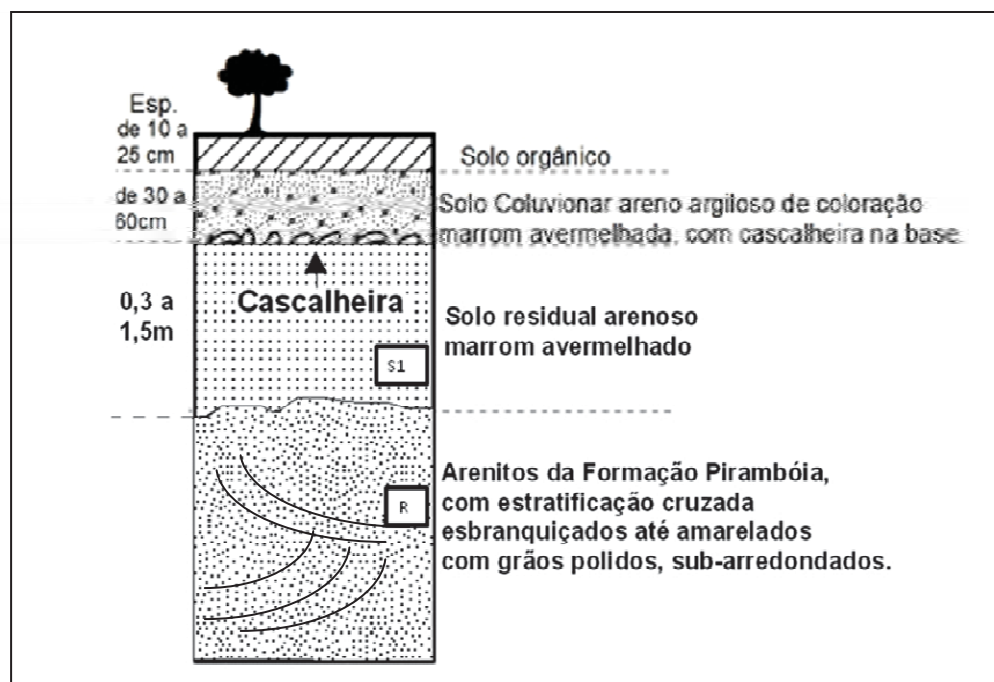


Figura 20. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 5 (Arenitos da Formação Pirambóia em relevo de meia encosta).



Foto 20. Vista para Norte do relevo das unidades 5 (Arenitos da Formação Pirambóia em relevo de meia encosta) e 6 (Solos coluvionares em relevo de topo de colina). Em primeiro plano a estrada CHQ-040 e ao fundo a Serra de Itaqueri.



Foto 21. Talude da estrada expondo arenito da Formação Pirambóia com estratificação cruzada. (Ponto 19)



Foto 22. Cascalheira marcando contato entre colúvio e Formação Pirambóia. (Ponto 3)

Esta unidade apresenta alta a permeabilidade intergranular e baixa relação escoamento, superficial/ infiltração. Nas encostas e taludes da estrada vicinal, foram observadas diversas erosões do tipo sulco, ravina e boçoroca. Os sulcos estão presentes em todos os cortes de estrada sendo mais freqüentes abaixo da cascalheira que marca o contato entre solo coluvial e solo residual (Foto 23).

São evidentes também nesta unidade erosões tipo *piping*, como ilustrado na Foto 24 e erosões nas canaletas da estrada (sulcos e ravinas). Entre as unidades 5 e 6 foi observada uma boçoroca de grande porte, cruzando a estrada de noroeste para sudeste, com extensão de aproximadamente 300 m de comprimento, 20 m de largura e 30m de profundidade, como exposto nas fotos 25, 26 e 27.



Foto 23. Erosões hídricas (Sulcos) em arenitos da Formação Pirambóia exposto em talude. (Ponto 3)

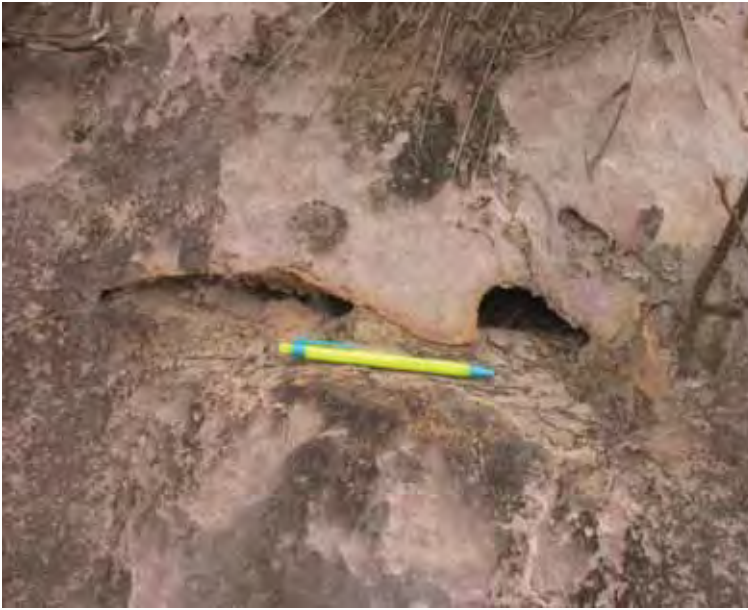


Foto 24. Erosão (*piping*) em arenitos da Formação Pirambóia. (ponto 5)



Foto 25. Boçoroca em encosta esquerda da estrada. (Ponto 21)



Foto 26. Voçoroca na margem direita da estrada. (Ponto 21)



Foto 27. Voçoroca na margem direita da estrada CHQ-040. (Ponto 21)



Foto 28. Movimentações de massa causada pelo pisoteamento de animais.

5.3.6 Unidade 6: Solos coluvionares em relevo de topo de colina

Esta unidade abrange cerca de 22% da área total de estudo, sendo composta por solo coluvionar disposto no topo de colinas sobrepondo aos arenitos da Formação Pirambóia. Este material transportado que compõe este depósito coluvionar é um latossolo homogêneo, inconsolidado apresentando coloração marrom avermelhada, com textura areno-argilosa com blocos (< 3 cm) esparsos (Fotos 29 e 30). Seu contato inferior com os arenitos da Formação Pirambóia é demarcado por uma faixa de cascalhos (Foto 30) e material laterítico bastante cimentado.

A unidade ocorre em altitudes que variam entre 660 e 720m o que a atribui uma baixa amplitude local (<60m). As superfícies são planas na maioria da área, com isoladas porções convexas e côncavas comumente associadas às drenagens. As declividades são predominantemente de muito baixas a baixas, variando entre 0° e 16°, com trechos isolados de declividade média (16 a 24°). A geometria das encostas em perfil é freqüentemente retilínea, com raras encostas côncavas e convexas.

Nas encostas e taludes da estrada CHQ-040, a unidade demonstrou um perfil de alteração composto por uma camada superior de solo orgânico marrom escuro com espessura entre 15 e

30cm, solo coluvionar heterogêneo (2 a 4 m) sobreposto ao solo residual da Formação Pirambóia.(Figura 21)

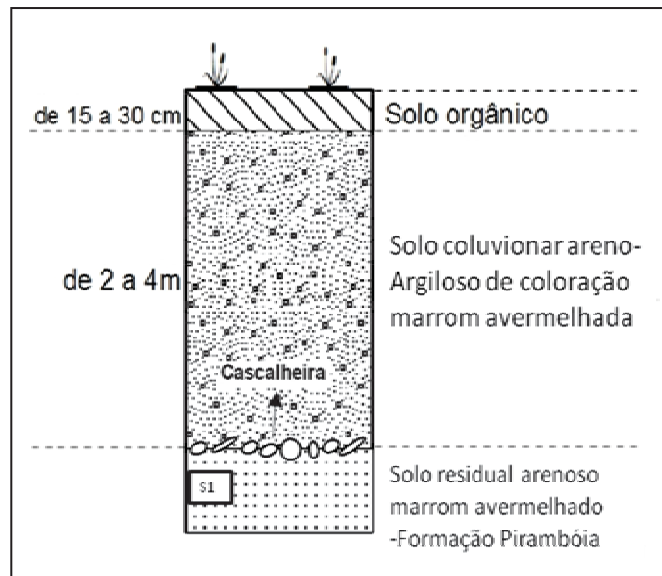


Figura 21. Perfil esquemático de alteração de solo da unidade 6 (Solos coluvionares em relevo de topo de colina).



Foto 29. Colúvio exposto em talude de aproximadamente 2,5m, na estrada (CHQ-040). (Ponto 2)



Foto 30. Detalhe do material heterogêneo que compõe o colúvio. (Ponto 3)

Com a alta permeabilidade intergranular e baixa relação de escoamento superficial/infiltração a unidade 6 sofre dos mesmos processos atuantes na unidade 5. Nos taludes e canaletas da estrada vicinal são freqüentes as erosões hídricas ou lineares do tipo sulco e ravina. Quando em corte as erosões ocorrem com maior freqüência abaixo da cascalheira que marca o contato entre solo coluvial e solo residual (Foto 30). Nesta unidade também foram observadas pequenas movimentações de massa em áreas de pastagem, oriundas do pisoteamento de animais (Foto 28).

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, o método de análise integrada de elementos do meio físico através do uso de fotografias aéreas para a compartimentação fisiográfica do terreno e trabalho de campo para avaliação das unidades a partir de registro de processos geológicos, se expôs bastante eficaz na delimitação das unidades e elaboração da carta Geológico-Geotécnica.

O método proposto por Zaine (2011) para análise fotointerpretativa com associação das propriedades geotécnicas se mostrou bastante eficaz e apropriado para o desenvolvimento do trabalho através de fotografias aéreas, além de contribuir para a pesquisa em termos de tempo e custos reduzidos e facilidade na aplicação.

O modelo digital do terreno (MDT) obtido através de técnicas de geoprocessamento, a partir de dados de cartas topográficas 1:10.000, se mostrou uma ferramenta ágil para análise morfométrica de detalhe, sendo de grande utilidade para a complementação dos dados obtidos na análise fotointerpretativa e levantamento de campo.

O mapa geológico-geotécnico apresentou como resultado 6 unidades, a saber: 1 (arenitos em colinas no reverso da *cuesta*), 2 (basaltos em relevo de *front* de *cuesta*), 3 (arenitos em relevo de *front* de *cuesta*), 4 (depósito de tálus e colúvio, no sopé da *cuesta*), 5 (arenitos da Formação Pirambóia em meia encosta), 6 (solo coluvionar em relevo de topo de colina)

A unidade 1 caracterizada pelas colinas no reverso do *front* da *cuesta* tem baixas amplitude local e declividades, associadas a alta permeabilidade intergranular o que atribui uma baixa relação escoamento superficial/infiltração. Esta unidade possui um alto potencial a erosão linear, sendo sulcos e ravinas os principais processos registrados nas encostas e taludes da estrada.

A unidade 2 representada pelos basaltos da formação Serra Geral situado no *front* da *cuesta* da Serra de Itaqueri exibe alta amplitude local, encostas íngremes (declividades entre 24° e 55), baixa permeabilidade intergranular e alta relação escoamento superficial/infiltração resultando numa alta suscetibilidade a queda e rolamentos de blocos. Por todo o trecho de estudo pertencente a esta unidade o basalto quando aflorante exibe-se bastante fraturado e fragmentado com blocos de diversos tamanhos espalhados pelo leito da estrada dificultando assim o tráfego de veículos. Sendo necessária a constante limpeza da estrada. Instabilizações de massa foram registradas em encostas e taludes associado às porções restritas nas quais a espessura do material inconsolidado (colúvio) é maior e conseqüentemente o topo rochoso mais profundo.

A unidade 3 composta pelos arenitos da formação Botucatu situadas no *front* da *cuesta* da Serra de Itaqueri, exibe uma alta amplitude local e encostas íngremes (declividades entre 24° e 55).

Quando aflorante o arenito apesar de bastante cimentado apresenta-se bastante fraturado, resultando numa alta suscetibilidade a queda de blocos na estrada. Instabilizações de massa e encostas sujeitas a rolamentos de blocos foram registradas em porções restritas nas quais a espessura do material inconsolidado (colúvio) é maior e conseqüentemente o topo rochoso mais profundo. Este colúvio exhibe blocos de arenito e basalto de grande porte (até 5 m), que se rolados podem causar acidentes graves e interrupção do tráfego na via.

A unidade 4 representada pelo depósito de tálus e colúvio situado no sopé da Serra exibiu média amplitude local e declividade, a permeabilidade intergranular é de média a alta e o material inconsolidado é espesso. Esta unidade apresenta alta potencialidade à erosão linear e a movimentos gravitacionais de massa. Foram registrados processos de erosão, escorregamento e rolamento de blocos atuantes nas encostas e taludes da estrada, atribuindo a este trecho um alto risco de acidentes. Nesta unidade existem drenagens de alta energia cortando o leito estrada, sem intervenções de engenharia, dificultando ou impossibilitando o tráfego, em dias de chuva.

As unidades 5 (arenitos da Formação Pirambóia em relevo de meia encosta) e 6 (solo coluvionar em relevo de topo de colina) encontram-se distribuídas na porção sul da área de estudo, condicionadas as cotas mais baixas do terreno e baixas amplitudes locais e declividades. As unidades apresentam alta permeabilidade intergranular e baixa relação escoamento superficial/infiltração, resultando num alto potencial à erosão linear. Foram registradas nas encostas e taludes de corte da estrada sulcos, ravinas e boçorocas, além de erosões internas tipo *piping*. A falta da estrutura adequada ou a deficiência das intervenções de engenharia fazem com que haja erosões evoluídas nas margens da estrada colocando assim em risco a integridade deste trecho da estrada.

Os dados provenientes do mapa geológico-geotécnico mostram que alguns processos do meio físico, característicos de cada unidade, podem constituir impedimento para funcionamento ideal da estrada. Portanto, o mapa é um excelente documento para orientação nas intervenções, tanto na manutenção, quanto para obras na via.

De modo geral, no trecho de estudo da estrada vicinal na Serra de Itaqueri, atuam os mais diversos processos do meio físico (erosões, escorregamentos, queda e rolamento de blocos), sendo responsáveis pela evolução natural das encostas.

A falta de planejamento e as más condições de conservação da estrada faz com que as unidades 1, 5 e 6 apresentem alta susceptibilidade a problemas geotécnicos, ainda mais agravados nas unidades 2, 3 e 4 devido a grande declividade oriunda das *cuestas* basálticas, fazendo com que estas confirmem ainda maior risco a integridade da estrada.

Desta forma, é aconselhável um estudo de maior amplitude, ou seja, um estudo abrangendo toda extensão da estrada em questão, com o intuito de identificar técnicas mais eficientes para estabilização de taludes considerando as particularidades de cada unidade. A boa gestão, planejamento e acompanhamento ambiental na área são aconselháveis para que problemas geotécnicos não ocorram, ou seja, amenizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB' SABER, A.N. *A Terra Paulista*. Boletim Paulista de Geografia, n. 23, p. 5-38, 1956
- ALMEIDA, F.F.M. *Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil*. São Paulo, 1980. 187p. (Relatório da PAULIPETRO n. 14091).
- ALMEIDA, F. F. M.; RIBEIRO, A. C. O. *A Terra em Transformação*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 1, p.7-14, 1998.
- ASSINE, M. L., PIRANHA, J. M., CARNEIRO, C. D. R. 2004. *Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu*. In: Mantesso NETO, BARTORELLI, A., CARNEIRO, C. D. R., BRITO NEVES, B. B. *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, capítulo V, p.77-92.
- AUGUSTO FILHO, O. *Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica*. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. v.2, p.721-733.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. *Estabilidade de taludes*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 15, p.244–269, 1998.
- BLOOM, A. L. 1988. *Superfícies da Terra*. Trad. De S. Petri e R. Ellert. São Paulo: Edgard Blucher/Edusp. 184p. (Série Textos Básicos de Geociências).
- BRIGHETTI, J.M.P. & CAETANO-CHANG, M.R. *Fácies de dunas e lençóis de areia em sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro (SP)*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4, 1995, São Pedro.
- CARVALHO, P. A. S. (Coord.) *Manual de Geotecnia – Taludes de Rodovias*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – Departamento de Estradas e Rodagem (DER) 1991. 388p.
- CERRI, L.E.S. - 1990. *Carta Geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., Salvador, 1990. Anais ... Salvador, ABGE, v.1, p. 309-317.
- CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. *Riscos Geológicos*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 18, p.301-310, 1998.
- CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINÉ, J.E. - 1996. *Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8., Rio de Janeiro, 1996. Anais... Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p. 537-548.
- CUNHA, M.A. (coord.). *Ocupação de Encostas*. São Paulo: IPT. 1991. 216p. (Publicação IPT 1831).
- EMBRAPA. 1999a. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. xxvi, 412p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo*, 1999.

GROHMANN, C.H., STEINER, S.S., 2008. *SRTM resample with Short Distance-Low Nugget Kriging*. International Journal of Geographical Information Science, 22 (8):895-906.

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

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

IPT. 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Série Monografias. n° 5. 2v.

JUNIOR, E.D.; OJIMA, L.M. *Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 13, p.211-226, 1998.

MORALES, N. (Coord.), *Mapa Geológico da Folha de São Carlos do Pinhal (SF-23-Y-A-I)* [mapa], na escala 1:10000. Rio Claro: CPRM, 2008

PASTORES, E.L; FORTES, R. M. *Caracterização e Classificação de Solos*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 12, p.197-210, 1998.

PENTEADO, M.M. 1976. *Geomorfologia do setor Centro-Occidental da Depressão Periférica Paulista*. Instituto de Geografia – USP. Série Teses e Monografias nº22.

RICCOMINI, C. 1995. *Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares Pós-Gondwânicos da porção Centro-Oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas*. Tese (livre docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

RODRIGUES, R.; LOPERS, J. A. U. *Rodovias*. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. (ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. cap. 25, p.419-430, 1998.

SANTOS, A.R. *Geologia de Engenharia Conceitos, Métodos e Prática*. 2002.

SCHNEIDER, R.L.; MÜLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. *Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: CONGR. BRÁS. GEOL., 28. Anais. Porto Alegre, SBG. v. I, p. 41-65.

TROPPEMAIR, H. *Geossistemas e Geossistemas Paulistas*. UNESP, IGCE, Rio Claro, 2000.

VAZ, L.F. *Classificação Genética dos Solos e dos Horizontes de Alteração de Rochas em Regiões Tropicais*. In: Rev. Solos e Rochas, v.19, n. 2, p. 117-136, ABMS/ABGE, São Paulo, SP, 1996

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

ZAINE, J. E. ; PERINOTTO, J. A. J. ; ETCHEBEHERE, M. L. ; ROVERI, C. ; MENEGAZZO, M. ; MORALES, N. . *Mapa Geológico da Folha São Carlos do Pinhal (SF-23-Y-A)*, na Escala 1:100.000. 2008.

ZUQUETTE, L.V. - 1987. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*. São Carlos, SP. (Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Mapeamento *Geotécnico: Uma Proposta Metodológica*. Artigo de Periódico. Revista Geociências, v.9, p.55-66, 1990.

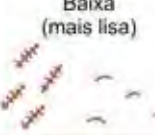
ZUQUETTE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. 1998. Cartas de Geologia de Engenharia. In: Oliveira, A. M. S.; Brito, S. N. A.; Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE pp. 283 – 300.

Sites

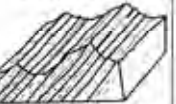
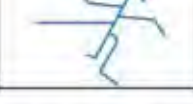
Censo 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Consultado em 14 de setembro de 2011

Prefeitura de Charqueada. Disponível em: <<http://www.charqueada.sp.gov.br>>. Consultado em 14 de setembro de 2011

Anexo I

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 Fioni (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	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
Registros de processos geológicos	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

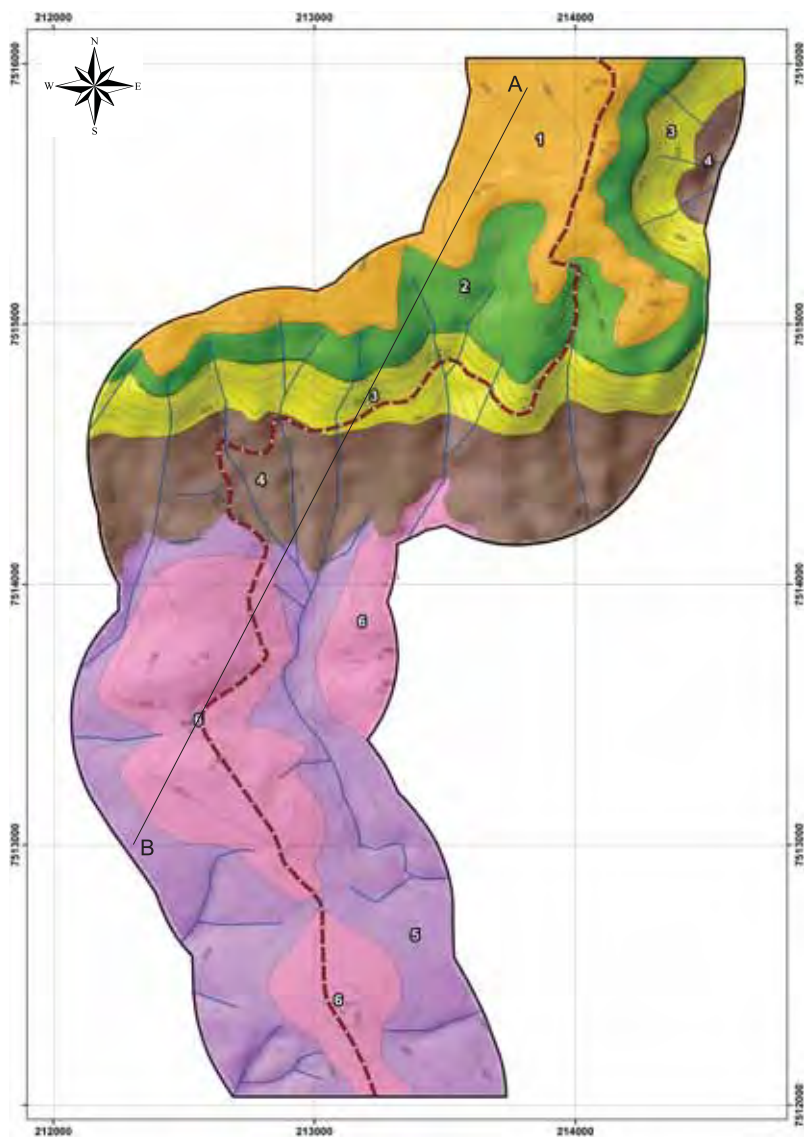
3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Topia	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizantal 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 Flori (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 reflorestamento)
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.

Apêndice I



- Convenções Topográficas**
- Estrada CHQ-040
 - Área de estudo
 - Drenagem
 - Cotas topográficas
 - Pontos cotados
- Convenções Geológicas-Geotécnicas**
- Escarpa da Serra
 - Acumulo de blocos
 - Arenito Intertrap
 - Movimentação de massa
 - Voçoroca

Tabela síntese das Unidades Geológicas-Geotécnicas

UNIDADES GEOLOGICO-GEOTECNICAS	Fotoanálise		Fotointerpretação - Interferência Geotécnica						Processos geológicos registrados em campo
	Amplitude local	Inclividade	Permeabilidade litológica	Relação de ocorrência superficial / infiltração	Espessura de materiais / incrustações	Profundidade do tipo inclinação	Potencial de erosão linear	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	
Unidade 1 - Arenitos em colinas no centro da região	Pequena	Muito baixas (0 a 10°)	Alta/Média	Baixa	Espessa Intermed. láteo	Intermediária	Alto/médio	Baixa/Média	erosão, taludes, ravinamentos
Unidade 2 - Basaltos em colinas de front de cunha	Alta/Média	Altas/Muito Altas (24 a 55°)	Baixa	Alta	Intermediária delgado a incrustação	Razo	Médio/Baixa	Média/Alta	Queda e rolamento de blocos, Rastros, escorregamentos
Unidade 3 - Arenitos em colinas de front de cunha	Alta	Altas/Muito Altas (24 a 55°)	Média	Média	Intermediária delgado a incrustação	Razo	Médio/Baixa	Média/Alta	Queda e rolamento de blocos, erosão e escorregamentos
Unidade 4 - Espessos de Tatuagem	Média	Muito Alta	Alta/Média	Média	Espessa Intermed. láteo	Intermediária	Alto/médio	Média/Alta	Rastros, escorregamentos, rolamentos de blocos
Unidade 5 - Arenitos da Formação Pirambóia em colinas de meio encosta	Média	Muito baixas (0 a 10°)	Alta/Média	Baixa	Intermediária delgado a incrustação	Intermediária	Alto	Baixa/Média	erosão, taludes, ravinamentos, voçorocas
Unidade 6 - Solo colúvio em colinas de meio de colina	Pequena	Muito baixas (0 a 10°)	Alta/Média	Baixa	Espessa Intermed. láteo	Intermediária	Alto/médio	Baixa/Média	erosão, taludes, ravinamentos, voçorocas

0 200 400 800 1.200 Metros

Projeção: UTM SAD69

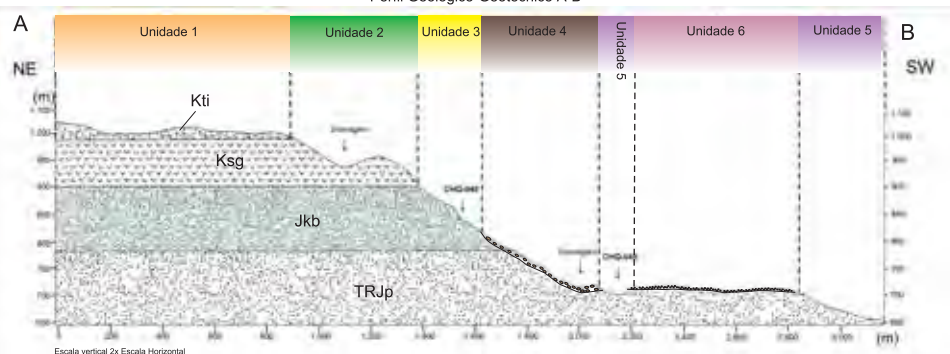
Localização da área



Articulação da Folha



Perfil Geológico-Geotécnico A-B



LEGENDA

- Kti Formação Itaquari
- Ksg Formação Serra Geral
- Jkb Formação Botucatu
- TRJp Formação Pirambóia
- Talus
- Colúvio

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIA E CIÊNCIAS EXATAS

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia - 2011

APÊNDICE I

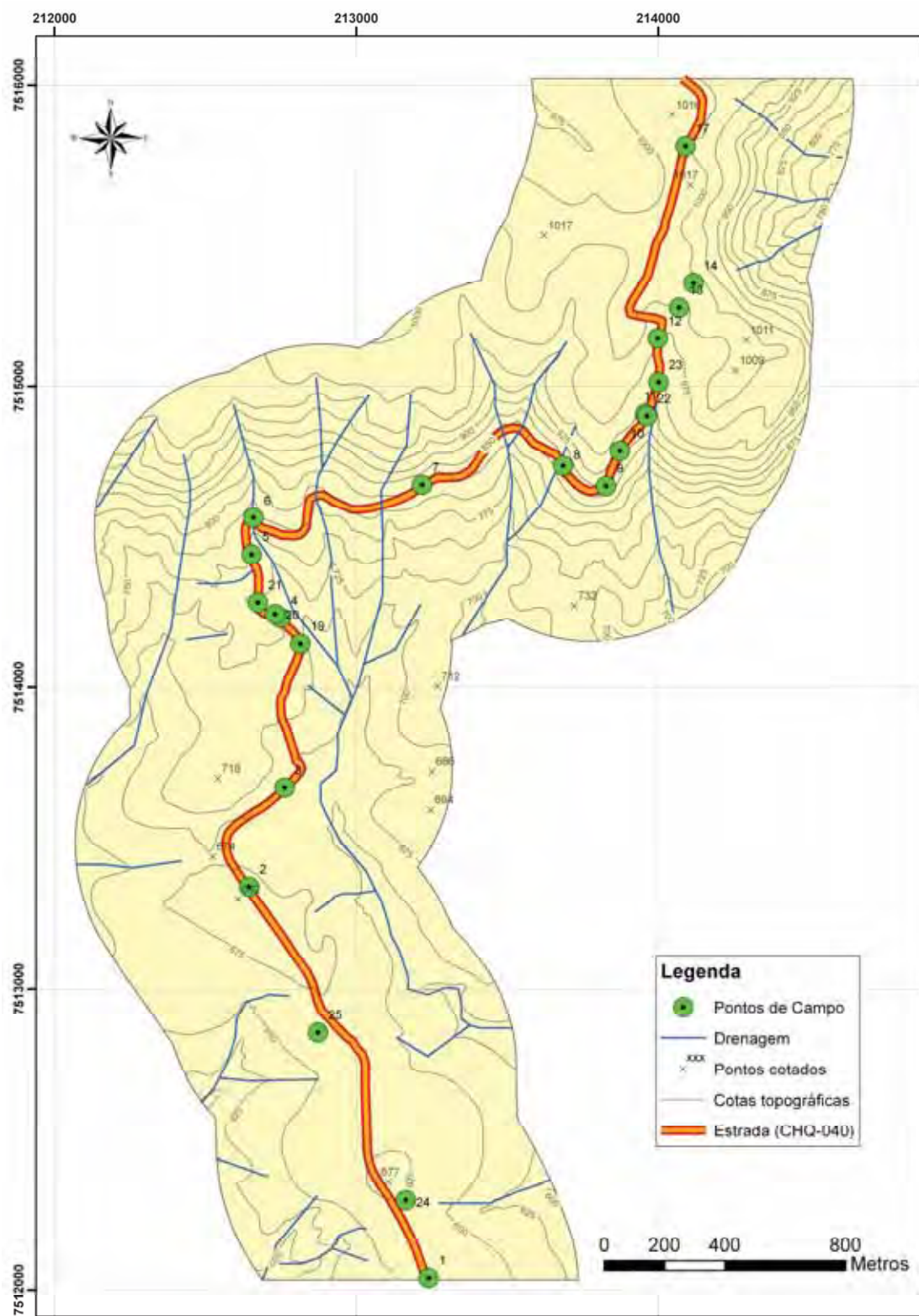
Título: Carta Geológica-Geotécnica (1:10.000)

Mapeamento geológico-geotécnico de trecho da estrada vicinal da Serra de Itaquari, Charqueada-SP

Discente: Matheus Henrique Roldan

Docente: José Eduardo Zaine

Apêndice II



Apêndice III

APÊNDICE III - Descrição dos pontos de campo

Ponto	Coordenadas x	Coordenadas y	Unidade	Descrição
1	213240	7512040	1	Solo de cor marrom avermelhado, bastante cimentado. Não foi observado nenhum problema geotécnico
2	212645	7513340	6	Solo coluvionar espesso (2m) em contato com solo residual da Formação Pirambóia, o contato é marcado por cascalheira e material laterítico, bastante cimentado. O solo apresenta-se marrom avermelhado e a Fm. Pirambóia vermelha com porções esbranquiçadas. Tem-se no local diversos escorregamentos predominantemente originados a partir de feições erosivas. Os sulcos são mais frequentes na passagem do colúvio para o pirambóia, intensificando nesta formação.
3	212763	7513668	5	Arenito da Formação Pirambóia sobreposto por solo coluvionar (entre 1 e 1,5m). As erosões (sulcos) e escorregamentos tornam-se mais frequentes no contato solo/ rocha alterada.
4	212750	7514230	4	Material bastante inconsolidado e heterogêneo, associado a alta declividade gerando alta susceptibilidade, os blocos de diabásio iniciam-se a 200m atrás na estrada, os blocos apresentam-se em tamanhos variados chegando a métricos. Presença de varios escorregamentos tipo <i>criping</i>
5	212654	7514443	4	Blocos de diferentes tamanhos (métricos) espalhados pelo talude. Grande erosão na beira da estrada chegando a 1,5m de profundidade, com arenitos da Fm. Pirambóia aflorando no fundo. Observa-se no local um sistema de canalização de água, com tubos estourados
6	212660	7514563	3	Drenagem de alta energia com blocos de basalto (Serra Geral) e arenito (Botucatu), métricos. Não observa-se tubulação (intervencoes de engenharia) concluindo que a água passa sobre a estrada. Os afloramentos de botucatu apresentam-se em blocos de até 4m com alta susceptibilidade a rolamentos, também nota-se a presença de diversas erosões hídricas na beira da estrada.
7	213218	7514674	3	Depósito de tálus sobre a Formação Botucatu, com espessura variavel. O arenito esta bem alterado.

8	213685	7514738	3	Arenito da Formação Botucatu em taludes de alta declividade, diversas cicatrizes de escorregamentos. Muitos blocos de basalto rolados.
9	213828	7514670	3	Encosta repleta de blocos de diferentes tamanhos, não possível identificação de estrutura de rocha, nem se a mesma esta "in situ".
10	213874	7514787	2	Afloramento de basalto bastante fraturado e alterado, com alta susceptibilidade a quedas de blocos. As fraturas encontram-se molhadas.
11	213957	7514909	2	Camada de arenitos intercalado ao basalto (<i>intertrap</i>). O basalto esta bastante alterado, com estrutura amigdaloidal caracterizando o topo do derrame.
12	213999	7515160	2	Afloramento de basalto coberto por sedimentos oriundos da Formação Itaqueri. O basalto esta muito fraturado, muitas quedas de blocos no local.
13	214070	7515262	2	Colúvio pouco espesso com base repleta de clastos, sobreposto a basalto muito alterado
14	214117	7515343	1	Arenitos avermelhados da Formação Itaqueri com nódulos, ferrocréte.
15	213589	7510534	5	Arenito de granulação variavel (finos a grossos). Neste ponto não se tem feições erosivas evidentes
16	213939	7516243	1	Talude ingreme (70°) exibindo solo de alteração da formação Itaqueri, bastante argiloso. Instabilização de massa devido a alta inclinação. Poucas erosões e muitos escorregamentos. No mesmo ponto nota-se a presença de muitos blocos de arenitos da Formação Itaqueri. Ravina com extensão de 40m com até 1,5m de espessura, esta localizada a 100m em direção a CHQ-040
17	214091	7515797	1	Solo marrom avermelhado da Formação Itaqueri, bastante laterizado. Não observa-se feições erosivas
18	211410	7515290	2	Grande escorregamento em solo residual em antigo acesso que foi totalmente destruído. O basalto esta bastante alterado, nota-se a presença de crostas de manganês e juntas de resfriamento, gerando fragmentação do maciço.

19	212815	7514144	5	Arenitos da Formação Pirambóia com estratificações cruzadas evidentes. São visíveis diversas erosões externas e internas (<i>piping</i>). Neste ponto existe uma canaleta de água na beira da estrada completamente entupida de sedimento, dificultando o escape de água. Ocorrem também erosões a beira da estrada.
20	212731	7514243	6	Terraço de pisoteamento de animais associado a erosões e escorregamentos. Presença de muitos blocos (até metricos). Árvores caídas e cercas inclinadas.
21	212674	7514281	6	Arenitos da Formação Pirambóia com colúvio de até 1,5m. Sulcos e ravinas com até 5m de profundidade. Voçoroca com água, parede reta o que caracteriza a erosão de lençol freático
22	213963	7514902	3	Arenitos da Formação Botucatu bastante cimentados, com blocos sujeitos a queda.
23	214002	7515014	3	Blocos de arenitos da Formação Botucatu
24	212645	7513338	6	Solo coluvionar (1 à 1,5m) em contato com solo residual da Formação Pirambóia, o contato é marcado por cascalheira. O solo apresenta-se marrom avermelhado.
25	212873	7512856	6	Arenitos da Formação Pirambóia sobrepostos a colúvio marrom avermelhado.